

В. Г. ВОЛЬКЕНШТЕЙН

УМУМИЙ
ФИЗИКА КУРСИДАН
МАСАЛАЛАР
ТЎПЛАМИ

РУСЧА ОЛТИНЧИ НАШРИДАН ТАРЖИМА

*СССР Олий ва махсус ўрта таълим
министрлиги олий техника ўқув юртлари учун
қўлланма сифатида рухсат этган*

На ўзбекском языке

ВОЛЬКЕНШТЕЙН ВАЛЕНТИНА СЕРГЕЕВНА

**СБОРНИК ЗАДАЧ
ПО ОБЩЕМУ КУРСУ ФИЗИКИ**

Перевод с 6-го издания
из-во «Наука», М., 1967 г.

*Издательство „Ўқитувчи“
Ташкент — 1969*

Таржимонлар: *М. Исмоилов, С. Дўстматов*
ва Ш. Туробов

Редакторлар: *М. Турдиев, Р. Пирмухамедова*

Бадий редактор *Н. Митирев*

Муқовани расом *Л. М. Мироедова* ишлаган

Техн. редактор *Н. Сорокина*

Корректорлар *Ҳ. Зоирова, Д. Галиева*

Тарихга берилди 26/VI-1968 й. Босишга рухсат этилди 9/II-1969 й. Қозони
84 × 108^{1/2}. Физик л. 14,25. Шартли босма л. 23,94. Нашр. л. 26,81. Тиражи 25 000

«Ўқитувчи» нашриёти. Навоий кўчаси, 30. Шартнома 101-67. Баҳоси 75 т.
Муқоваси 10 т.

ЎзССР Министрлар Совети Матбуот Давлат комитетининг 3-босмахонасида
терилди, 1-босмахонасида босилди. Тошкент, Ҳамза, кўчаси, 21, 1969 й. Збқ. №

Набрало в типографии № 3 Государственного комитета Совета Министров УЗССР
по печати, отпечатано в типографии № 1, Ташкент, ул. Хамза, 21.

6—4—6

142. Ҳқит. 69

МУНДАРИЖА

Русча бешинчи нашрига автор муқаддимаси	5
Русча учинчи нашрига автор муқаддимаси	6
Қириш	7
1-§. Халқаро бирликлар системаси	7
2-§. Масалаларни ечиш учун методик кўрсатмалар	10
Масалалар	12
I б о б. Механиканинг физик асослари	12
Механик бирликлар	12
1-§. Кинематика	19
2-§. Динамика	30
3-§. Қаттиқ jismlарнинг айланма ҳаракати	53
4-§. Газлар ва суюқликлар механикаси	62
II б о б. Молекулляр физика ва термодинамика	67
Иссиқлик бирликлари	67
5-§. Молекулляр-кичетик назария ва термодинамиканинг физик асослари	70
6-§. Реал газлар	103
7-§. Тўйинган буғлар ва суюқликлар	107
8-§. Қаттиқ jismlар	120
III б о б. Электр ва магнетизм	127
Электр ва магнит бирликлари	127
9-§. Электростатика	135
10-§. Электр токи	157
11-§. Электромагнетизм	180
IV б о б. Тебраниш ва тўлқинлар	206
Акустик бирликлар	206
12-§. Гармоник тебраниш ҳаракат ва тўлқинлар	209
13-§. Акустика	220
14-§. Электромагнит тебранишлар ва тўлқинлар	225
V б о б. Оптика	232
Ёруғлик бирликлари	232
15-§. Геометрик оптика ва фотометрия	235
16-§. Тўлқин оптикаси	246
17-§. Иссиқлик назариясининг элементлари	256
18-§. Иссиқлик нурланиш	260
VI б о б. Атом ва атом ядроси физикаси	265
Радноактивлик ва доплатирувчи нурланишнинг бирликлари	265
19-§. Ёруғлиқнинг квант табиати ва заррачаларнинг тўлқин хусусияти	268
20-§. Бор атоми. Рентген нурлари	274

21-§. Радиоактивлик	281
22-§. Ядро реакциялари	286
23-§. Элементар заррачалар. Заррача теълатгичлар	292
Жавоб на ечимлар	297
Иловалар	427
Баъзи бир темир учун индукция B нинг магнит майдон кучланганлиги H га боғланиш графиги	427
Соддалаштирилган ва соддалаштирилмаган шаклдаги электрмагнит майдон тенгламалари орасидаги ўзаро боғланиш	427
I. Асосий физик катталиклар	431
II. Баъзи бир астрономик катталиклар	431
III. Қуёш системасидаги планеталар ҳақида баъзи маълумотлар	432
IV. Атом ва молекулаларнинг диаметрлари	433
V. T_K ва ρ_K нинг критик қийматлари	433
VI. Ҳар хил температураларда фазони тўйинтирадиган сув буғларининг эластиклиги	433
VII. Ҳар хил температураларда сувнинг солиштирма буғланиш иссиқлиги	434
VIII. Баъзи бир суюқликларнинг хусусиятлари	434
IX. Баъзи бир қаттиқ жисмларнинг хусусиятлари	434
X. Баъзи бир қаттиқ жисмларнинг эластиклик хусусиятлари	435
XI. Баъзи бир қаттиқ жисмларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги	435
XII. Диэлектрикларнинг диэлектрик киритувчанлиги	435
XIII. Ўтказгичларнинг солиштирма қаршилиги	435
XIV. Электродитларда ионларнинг ҳаракатчанлиги	436
XV. Электронларнинг металллардан чиқиш иши	436
XVI. Спидириш кўрсаткичлари	436
XVII. Турли антикатод материаллар учун рентген нурларининг K -серия чегараси	436
XVIII. Симоб ёйининг спектрал чизиқлари	436
XIX. Баъзи бир изотопларнинг массалари	437
XX. Баъзи бир радиоактив элементларнинг ярим емирилиш давлари	437
XXI. Ҳилик логарифмлар	438
XXII. Синуслар (косинуслар)	449
XXIII. Тангенслар (котангенслар)	449

РУСЧА БЕШИНЧИ НАШРИГА АВТОР МУҚАДДИМАСИ

„Умумий физика курсидан масалалар тўплами“нинг бешинчи нaшри қайтадан таҳрир қилинди. Айрим масалалар янги масалалар билан алмаштирилди. Ўқувчиларнинг справочникдан фойдаланиш малакасини ошириш учун масала шартидаги сонли маълумотлар тўпламнинг охиридаги жадвалларга киритилди.

IV бобнинг масалалари мос равишда янги ГОСТ 8848-63 га ўтказилди. Китобнинг олдинги нашрларидаги камчилик ва нуқсонларни кўрсатган барча ўртоқларга ўз миннатдорчилигимни билдираман.

РУСЧА УЧИНЧИ НАШРИГА АВТОР МУҚАДДИМАСИ

„Умумий физика курсидан масалалар тўплами“ нинг бу наشري бутунлай қайтадан ишлаб чиқилди ва тўлдирилди. Бунинг асосий сабаби, биринчидан, олий техника ўқув юртларидаги физика курси программасининг кенгайиши ва иккинчидан ГОСТ 9867-61 га асосан „Бирликларнинг халқаро системаси“ нинг тасдиқланишидир.

ГОСТ 9867-61 бирликларнинг халқаро системаси фаннинг барча соҳасида, техникада ва халқ хўжалигида, худди шунингдек ўқитишда энг қулай система деб тасдиқланди. ГОСТ га асосан СГС системасини ҳам қўллаш мумкин. Аммо китобнинг бу нашрида масалаларнинг ечилиши қоида сифатида бирликларнинг халқаро системасида олиб борилади. Бир системадан бирликларнинг бошқа системаларига, худди шунингдек, келтирилган бирликлар системасидан бирликларнинг халқаро системасига ўтиш учун мос келувчи жадваллар берилган.

Тўпламнинг биринчи нашридек, ҳар бир параграфга, шу параграфнинг тегишли масалаларини ечиш учун зарур бўлган асосий қонун ва формулаларни ифодаловчи қисқача назария илова қилинган. Китобдаги ҳамма масалаларнинг жавоби берилган бўлиб, қийинларининг эса ечилиши кўрсатилган. Тўпламнинг охирида миқдорлар жадвали берилган.

КИРИШ

1- §. Бирликларнинг халқаро системаси

Турли хилдаги физик катталиклар, бу катталиклар орасидаги боғланишларни инфодаловчи тенгламалар орқали ўзаро боғланган. Масалан, m массали жисмнинг олган a тезланиши таъсир этувчи F куч билан қуйидаги тенглама орқали боғланган:

$$F = kma, \quad (1)$$

бу ерда k — сопли коэффициент бўлиб, унинг қиймати F , m ва a ларнинг қандай бирликда ўлчанишига боғлиқдир. Агар масса ва тезланишнинг бирлиги маълум бўлса, кучнинг бирлигини (1) тенгламадаги k коэффициент бирга тенг бўладиган қилиб, яъни (1) тенглама

$$F = ma$$

кўринишга келадиган қилиб ташлаб олишимиз мумкин.

Бунинг учун куч бирлиги қилиб, масса бирлигига бир бирлик тезланиш бера оладиган кучни олишимиз керак.

Худди шу йўл билан янгидан киритилган ҳар қандай катталиқнинг ўлчов бирлигини топишда, бу катталиқни аниқлашга имкон берадиган формуладан фойдаланамиз ва, шундай қилиб, бирликлар системасини тузамиз.

Ҳар хил бирликлар системалари бир-биридан қайси бирлик системаси асос қилиб олинганига қараб фарқ қилади.

„Масалалар тўплами“нинг бу нашрида ГОСТ 9867-61 томонидан фаннинг барча соҳаларида, техникада ва халқ хўжалигида, худди шунингдек ўқитишда энг қулай система деб тасдиқланган бирликларнинг халқаро системасидан фойдаланамиз. Бу система System International сўзининг бош ҳарфларидан олинган SI ёки русча СИ ҳарфлар билан белгиланади.

Халқаро система ўлчашнинг ҳар хил соҳалари учун мўлжалланган бир қанча мустақил бирликлар системаларига бўлинади (1-жадвал).

1- жадвал

Бирликларнинг Халқаро системаси ГОСТ 9867-61					
Механик бирликлар системаси ГОСТ 7664-61	Иссиқлик бирликлар системаси ГОСТ 8550-61	Электр ва магнит бирликлар системаси ГОСТ 8033-56	Акустик бирликлар системаси ГОСТ 8849-58	Ёруғлик бирликлар системаси ГОСТ 7932-56	Радиоактивлик ва ионлаштирувчи нурланиш бирликлар системаси ГОСТ 8848-63

СИ системада асосий механик бирликлар қилиб метр (*м*), килограмм-масса (*кг*) ва секунд (*сек*) лар олинган бўлиб, унга қўшимча ўлчашнинг ҳар хил соҳалари учун қуйидаги: иссиқлик учун — Кельвин градуси, электр учун — ампер ва ёруғлик учун — шамдан иборат бирликлар киритилган.

2- жадвалда Халқаро системанинг асосий бирликлари келтирилган.

2- жадвал

Катталикларнинг номи	Ўлчов бирлиги	Қисқача белгиси
Узунлик	метр	<i>м</i>
Масса	килограмм	<i>кг</i>
Вақт	секунд	<i>сек</i>
Электр токининг кучи	ампер	<i>а</i>
Термодинамик температура	Кельвин градуси	<i>°К</i>
Ёруғлик кучи	шам	<i>шам</i>

Бирликларнинг Халқаро системасига текис ясси ва фазовий бурчак учун қўшимча иккита бирликлар киритилади (2-а жадвал).

2- а жадвал

Катталикларнинг номи	Ўлчов бирлиги	Қисқача белгиси
Ясси бурчак	радиан	<i>рад</i>
Фазовий бурчак	стерадиан	<i>стер</i>

3-жадвалда СИ системасидаги бирликларнинг бутун ва улущларини ифодаловчи олд қўшимчалар берилган (ГОСТ 7663-55 га қаранг).

3-жадвал

Олд қўшимча	Сон қий- мати	Қисқача белгиси	Олд қўшимча	Сон қий- мати	Қисқача белгиси
Атто	10^{-18}	<i>a</i>	Деци	10^{-1}	<i>d</i>
Фомто	10^{-15}	<i>f</i>	Дека	10^1	<i>da</i>
Пико	10^{-12}	<i>p</i>	Гекто	10^2	<i>e</i>
Нано	10^{-9}	<i>n</i>	Кило	10^3	<i>k</i>
Микро	10^{-6}	<i>mk</i>	Мега	10^6	<i>M</i>
Милли	10^{-3}	<i>m</i>	Гига	10^9	<i>G</i>
Сантн	10^{-2}	<i>c</i>	Тера	10^{12}	<i>T</i>

3-жадвалдаги олд қўшимчаларни оддий номлар (метр, грамм ва ҳ. к.) га қўшиш мумкин. Масалан, ихтиёрий олд қўшимчани кило олд қўшимчаси бўлган „килограмм“ номга қўшиб бўлмайди. Бу мулоҳазаларга асосан, масалан, айрим ҳолларда „меготонна“ деб нотўғри ном берилган, $m = 10^9 \text{kg} = 10^{12} \text{g}$ масса бирлигига „тераграмм“ $[Tg]$ деб ном бериш керак. Узунликнинг $l = 10^{-6} \text{m}$ бирлигини „микрон“ деб юритилади. Узунликнинг бу бирлигини „микромметр“ ($mk\mu$) деб аташ тўғридир.

Юқорида айтилгандек, СИ системанинг асосий бирликларидан унинг ҳосилавий бирликларини олиш мумкин. Берилган ҳосилавий бирликларни асосий бирликлар билан боғланишини ифодалаш учун ўлчамлик формулалари қўлланилади.

Агар асосий катталикларнинг ўлчамликларини шартли равишда қуйидагича: узунликни — L , массани — M , вақтни — T , тоқ кучини — I , температурани — θ ва ёруғлик кучини — J билан белгиласак, бирор x катталиқнинг СИ система-сидаги ўлчамлик формуласини тубандагича ёзиш мумкин:

$$[x] = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\delta} \theta^{\epsilon} J^{\zeta}.$$

Физик катталиқ x нинг ўлчамлигини топиш учун, α , β , γ , δ , ϵ ва ζ даража кўрсаткичларнинг сон қийматларини аниқлаш керак. Бу даража кўрсаткичлар мусбат ёки манфий, бутун ёки каср сонлар бўлиши мумкин.

1- мисол. Ишнинг ўлчамлиги топилсин. $A = F \cdot l$ муносабатга асосан $[A] = L^2 M T^{-2}$ бўлади.

2- мисол. Солиштира иссиқлик сифимининг ўлчамлиги топилсин. $c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$ бўлиб, $[Q] = [A]$ бўлганлиги учун $[c] = L^2 T^{-2} \theta^{-1}$ бўлади.

Қандайдир физик катталиқнинг СИ системасидаги ўлчамлигини билган ҳолда, унинг ўлчов бирлигини бу системада топish қийин эмас. Масалан, ишнинг ўлчов бирлиги $m^2 \cdot kg \cdot sek^{-2}$ га, солиштира иссиқлик сифимининг ўлчов бирлиги эса $m^2 sek^{-2} grad^{-1}$ га тенг бўлиши керак ва ҳ. к.

СИ системасининг ҳосилавий бирликлар жадваллари мос равишда „Масалалар тўплами“ нинг бўлимларида, масалан, механик катталиқларнинг бирликлари I бобда, иссиқлик катталиқларнинг бирликлари II бобда, электр ва магнит катталиқларнинг бирликлари эса III бобда берилган ва ҳ. к. Уша жойда СИ системанинг бирликлари билан бошқа ва келтирилган бирликлар системасининг ўзаро муносабатини ифодаловчи жадваллар берилган.

2- §. Масалаларни ечиш учун методик кўрсатмалар

Масалаларни ечишдан олдин масала асосида қандай физик қонуниятлар ётганлигини аниқлаш керак. Кейин бу қонуниятларни ифодаловчи формуладан ҳарfli белгилар орқали ечилишини топish керак. Бундан кейин, албатта берилган сон қийматларни бирор бирликда чиқарилган формулага қўйиш мумкин. Амалда ва адабиётларда бирликларнинг Халқаро системаси билан бирга бошқа бирликлар системаси, худди шунингдек, келтирилган бирликлар системаси кўп тарқалгандир. Шунинг учун кўпчилик масалалар шартда берилган сон қийматлар СИ системасининг бирлигида ифодаланмаган. СИ, келтирилган ва бошқа системалардаги бирликларнинг ўзаро боғланиши ҳар бир бобнинг бошида жойлаштирилган жадвалларда берилган. Масалаларни СИ системасида ечиш учун масала шартда берилган ва жадвалдан олинган катталиқларни СИ системасининг бирликларига келтириш керак. Бунда масаланинг жавоби ҳам, табиий ҳолда, шу системадаги бирликда келиб чиқади.

Айрим ҳолларда ҳамма берилган қийматларни битта системанинг ўзида ифодалашнинг ҳожати бўлмай қолади.

Масалан, формуладаги берилган катталиклар сурат ва махражда кўпайтмадан иборат бўлса, бу катталикларнинг қайси бирликда ифодаланишидан қатъи назар, бирликлар бир хил бўлиши кифоядир (17- бетдаги 2- масалага қаралсин).

Масаланинг сонли жавобини чиқаришда охириги натижанинг аниқлик даражасига аҳамият бериш керак. Жавобнинг аниқлиги масалалар шартда берилган катталикларнинг аниқлигидан ошмаслиги керак. Кўпчилик масалаларни логарифм линейкаси берадиган аниқлигида ечиш кифоядир. Айрим ҳолларда тўрт хонали логарифмлар жадвалидан фойдаланишга тўғри келади.

Ҳарfli белгилар ўрнига уларнинг сон қийматларини қўйиш йўли билан олинган жавобнинг охирига дарҳол унинг номи ёзилиши керак.

Графиги чизилиши керак бўлган масалаларда масштаб ва координат босини танлаб олиш зарур. Графикда албатта, масштаб кўрсатилиши шарт. Қитобда айрим масалаларнинг жавобларидаги графиклар масштабсиз берилгандир, яъни топилиши керак бўлган боғланиш, фақат сифат жиҳатдан характерлаб берилгандир.

МАСАЛАЛАР

I БОБ

МЕХАНИКАНИНГ ФИЗИК АСОСЛАРИ

МЕХАНИК БИРЛИКЛАР

Бирликларнинг Халқаро системасининг таркибий қисми, механик катталикларни ўлчашлик учун мўлжалланган (ГОСТ 7664-61) МКС системасидир. МКС системасининг асосий бирликлари метр (*м*), килограмм (*кг*) ва секунд (*сек*) дан иборатдир.

Юқорида айтилгандек, физик катталикларнинг боғланишига асосланган ҳолда, бу системанинг асосий бирликларидан унинг ҳосиллий бирликлари чиқарилади. Масалан, тезликнинг бирлиги қуйидаги муносабатдан аниқланилади

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$$

Узунлик бирлиги — метр, вақт бирлиги — секунд бўлганлиги учун, МКС системасида тезликнинг бирлиги 1 м/сек бўлади. Худди шуларга, тезланишнинг бирлиги 1 м/сек^2 бўлади.

Кучнинг бирлигини аниқлайлик. Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан

$$F = ma.$$

Массанинг бирлиги учун 1 кг , тезланиш бирлиги учун 1 м/сек^2 қабул қилинган, МКС системасида кучнинг бирлиги қилиб, 1 кг массага 1 м/сек^2 тезланиш бера оладиган кучни олишимиз керак. Кучнинг бундай бирлигига ньютон (*н*) дейилади:

$$1 \text{ н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/сек}^2.$$

Жисмнинг оғирлиги ва массасининг ўзаро боғланишига тўхталиб ўтамиз. Жисмнинг *P* оғирлиги деб, унинг Ерга тортилиш кучига, яъни жисмга $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ тезланиш бера оладиган кучга айтилади; шундай қилиб,

$$P = mg.$$

МКС системасида жисмнинг оғирлиги ҳар қандай куч сивгари ньютонларда ўлчанади. Айрим ҳолда жисмнинг оғирлиги килограммларда ҳам ўлчанади. Кучнинг бу бирлиги (килограмм) МКС системадаги бирлиги эмаслигини донм эсда сақлаш керак. Мутлақо ҳар хил бўлган, физик катталиклар— масса ва оғирликнинг бу икки бирликларини чалкаштирмаслик учун уларни қисқача белгилаймиз: 1 килограмм-масса бирлигини $кг$ билан, оғирлик (куч)нинг 1 килограмм бирлигини эса $кГ$ билан белгилаймиз. Килограмм-оғирлик ва ньютон орасидаги муносабатни топамиз. 1 $кГ$ оғирлик деб, массаси 1 $кг$ га тенг бўлган жисмнинг оғирлигига айтилади, яъни

$$1 \text{ кГ} = 1 \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м/сек}^2.$$

Иккинчи томондан

$$1 \text{ н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/сек}^2$$

бўлганлиги учун

$$1 \text{ кГ} = 9,81 \text{ н}.$$

Оғирликнинг килограмм таърифидан, жисм оғирлигининг килограмм ($кГ$) ларда ифодаланган сон қиймати шу жисм массасининг килограмм ($кг$) ларда ифодаланган сон қийматига тенглиги келиб чиқади. Масалан, агар жисмнинг массаси 2 $кг$ бўлса, унинг оғирлиги 2 $кГ$ га тенгдир. Бундан кейин жисмнинг килограммларда олинган оғирлигини ньютонларда ифодалаш керак.

Масала. Жисмнинг массаси 4 $кг$. Жисмнинг оғирлиги $кГ$ ва ньютонларда топилсин. **Жавоб:** $P = 4 \text{ кГ}$ (МКС системасида эмас) ва $P = 4 \cdot 9,81 \text{ н}$ (МКС системасида).

Ишнинг бирлиги қуйидаги муносабатдан аниқланади:

$$A = F \cdot l.$$

Ишнинг бирлиги қилиб, 1 $н$ кучнинг 1 $м$ йўлда бажарадиган иши қабул қилинган. Ишнинг бу бирлигига жоуль ($ж$) дейилади:

$$1 \text{ ж} = 1 \text{ н} \cdot 1 \text{ м}.$$

Қувват қуйидаги формуладан аниқланади:

$$N = \frac{A}{t}.$$

Демак, МКС системасида қувватнинг бирлиги қилиб, 1 секундда 1 жоуль иш бажарадиган механизмнинг қуввати қабул қилинган. Қувватнинг бу бирлигига ватт ($вт$) дейилади.

Шундай усул билан МКС системасида ихтиёрий физик катталикларнинг ҳосиллашган бирликларини аниқлаш мумкин.

Катталик ва унинг белгиси	Бирликларини аниқлашга имкон берувчи тенгламалар	Улчов бирликлари	Бирликларнинг қисқача белгиси	Катталикларнинг ўлчамлиги
Асосий бирликлар				
Узунлик l	—	метр	m	L
Масса m	—	килограмм	kg	M
Вақт t	—	секунд	$сек$	T
Ҳосиллавиий бирликлар				
Юз S	$S = l^2$	метр квадрат	m^2	L^2
Ҳажм V	$V = l^3$	метр куб	m^3	L^3
Частота ν	$\nu = \frac{1}{T}$	герц	$гц$	T^{-1}
Бурчак тезлик ω	$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$	радиан бўлинган секунд	$рад/сек$	T^{-1}
Бурчак тезланиш ε	$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$	радиан бўлинган секунд квадрат	$рад/сек^2$	T^{-2}
Чизиқли тезлик v	$v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$	метр бўлинган секунд	$m/сек$	LT^{-1}
Чизиқли тезланиш a	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	метр бўлинган секунд квадрат	$m/сек^2$	LT^{-2}
Зичлик ρ	$\rho = \frac{m}{V}$	килограмм бўлинган метр куб	kg/m^3	$L^{-3}M$ LMT^{-3}
Куч F ; оғирлик P	$F = m \cdot a$	ньютон	n	
Солиштирма оғирлик γ	$\gamma = \frac{P}{V}$	ньютон бўлинган метр куб	n/m^3	$L^{-3}MT^{-2}$
Босим p	$p = \frac{F}{S}$	ньютон бўлинган метр квадрат	n/m^2	$L^{-1}MT^{-2}$
Ҳаракат миқдори L	$L = m \cdot \Delta v = F \cdot \Delta t$	килограмм-метр бўлинган секунд	$kg \cdot m/сек$	LMT^{-1}
Инерция моменти J	$J = m \cdot l^2$	килограмм метр квадрат	$kg \cdot m^2$	L^2M
Иш ва энергия A	$A = F \cdot l$	жоуль	$ж$	L^2MT^{-2}
Қувват N	$N = \frac{\Delta A}{\Delta t}$	ватт	$вт$	L^2MT^{-3}
Динамик ёпишқоқлик η	$\eta = \frac{F \cdot \Delta l}{S \cdot \Delta v}$	ньютон-секунд бўлинган метр квадрат	$n \cdot сек/m^2$	$L^{-1}MT^{-1}$
Кинетик ёпишқоқлик ν	$\nu = \frac{\eta}{\rho}$	метр квадрат бўлинган секунд	$m^2/сек$	L^2T^{-1}

5-жадвал

Катталик	Ўлчов бирликлар ва унинг СИ система бирликлари билан боғланиши
Узунлик	1 сантиметр (см) = 10^{-2} м 1 микрометр (микрон); 1 мкм = 10^{-6} м 1 ангстрем (Å) = 10^{-10} м
Масса	1 грамм (г) = 10^{-3} кг 1 тонна (т) = 10^3 кг 1 центнер (ц) = 10^2 кг 1 масса атом бирлиги (1 м.а.б.) = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
Ясси бур- лак	1 градус (°) = $\frac{\pi}{180}$ рад 1 минут (′) = $\frac{\pi}{180} \cdot 10^{-2}$ рад 1 секунд (″) = $\frac{\pi}{648} \cdot 10^{-3}$ рад 1 айланни (айл) = 2π рад 1 ар = 100 м ² 1 гектар (га) = 10^4 м ²
Ҳажм	1 литр (л) = $1,000028 \cdot 10^{-3}$ м ³
Куч	1 дина (дина) = 10^{-5} Н 1 килограмм-куч (кг) = $9,81$ Н 1 тонна-куч (Т) = $9,81 \cdot 10^3$ Н
Босим	1 дина/см ² = $0,1$ Н/м ² 1 кг/м ² = $9,81$ Н/м ² 1 миллиметр симоб устуни (1мм сим. уст.) = $133,0$ Н/м ² 1 миллиметр сув устуни (1 мм сув уст.) = $9,81$ Н/м ² 1 техник атмосфера (ат) = 1 кг/см ² = $0,981 \cdot 10^5$ Н/м ² 1 физик атмосфера (атм) = $1,013 \cdot 10^5$ Н/м ² (келтирилган бирлик «физик атмосфера» ГОСТ 7664-61 да йўқ)

Давом

Катталик	Ўлчов бирликлар ва унинг СИ система бирликлари билан боғлиқлиги
Иш, энергия, иссиқлик миқдори	$1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ ж}$ $1 \text{ кГм} = 9,81 \text{ ж}$ $1 \text{ ватт-соат (вт-соат)} = 3,6 \cdot 10^7 \text{ ж}$ $1 \text{ электрон-вольт (1 эв)} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ ж}$ $1 \text{ калория (кал)} = 4,19 \text{ ж}$ $1 \text{ килокалория (1 ккал)} = 4,19 \cdot 10^3 \text{ ж}$ $1 \text{ физик литр-атмосфера (л-атм)} = 1,01 \cdot 10^3 \text{ ж}$ $1 \text{ техник литр-атмосфера (л-атм)} = 9,81 \text{ ж}$
Кувват	$1 \text{ эрг/сек} = 10^{-7} \text{ вт}$ $1 \text{ секундада килограмм-куч метр} \left(\frac{\text{кГм}}{\text{сек}} \right) = 9,81 \text{ вт}$ $1 \text{ от кучи (о. к.)} = 75 \frac{\text{кГм}}{\text{сек}} = 736 \text{ вт}$
Динамик ёпишқоқлик	$1 \text{ пуаз(пз)} = 0,1 \text{ н.сек/м}^2 = 0,1 \text{ кг/м} \cdot \text{сек}$
Кишетик ёпишқоқлик	$1 \text{ стокс (ст)} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{сек}$

4-жадвалда механик катталикларни ўлчашлик учун ГОСТ 7664-61 га асосан МКС системасидаги асосий birlikлар ва муҳим аҳамиятга эга бўлган ҳосилавий birlikлар берилган.

5-жадвалда Халқаро системадаги айрим механик birlikлар билан ГОСТ 7664-61 га асосан қўллаш мумкин бўлган бошқа система birlikлари ҳамда келтирилган система birlikларининг ўзаро муносабати берилган.

Масалаларни ечишга дэир мисоллар

1-масала. Оғирлиги 1,05 кГ бўлган тош муз устида 2,44 м/сек тезликда сирғана бошлаб, ишқаланиш кучининг таъсири остида 10 секунддан кейин тўхтайти. Ишқаланиш кучини ўзгармас ҳисоблаб, унинг қиймати топилсин.

Ечилиши. Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан

$$F \cdot \Delta t = m v_2 - m v_1.$$

Бунда F — массаси m бўлган жисм тезлигини Δt вақт ичида v_1 дан v_2 гача ўзгартирадиган ишқаланиш кучидир. Масала шартига кўра $v_2 = 0$ бўлгани учун

$$F = - \frac{mv_1}{\Delta t}.$$

«Минус» ишора ишқаланиш кучи F нинг йўналиши v_1 тезликнинг йўналишига қарама-қарши бўлишини кўрсатади.

МКС системасида $m = 1,05$ кг, $v_1 = 2,44$ м/сек ва $\Delta t = 10$ сек бўлгани учун

$$F = - \frac{1,05 \cdot 2,44}{10} \text{ н} = - 0,256 \text{ н}$$

бўлади. Дастлабки берилган миқдорлар уч рақамли қиймат аниқлигида олингани сабабли масала жавобини ҳам шундай аниқликкача ҳисоблаш керак, яъни ҳисоблаш учун оддий логарифм линейкадан фойдаланиш мумкин.

5-жадвалдан фойдаланиб, олинган жавобни бошқа birlikларда ҳам ифодалаш мумкин:

$$|F| = 0,256 \text{ н} = 2,56 \cdot 10^4 \text{ дина} = 0,0261 \text{ кг}.$$

2-масала. Одам ва арава бир-бирига қарама-қарши ҳаракатланмоқда. Одамнинг оғирлиги 64 кг, тезлиги 5,4 км/соат ва араванинг оғирлиги 32 кг, тезлиги эса 1,8 км/соат га тенг. Одам аравага сакраб чиқиб олади ва тинч туради. Устида одами бўлган араванинг тезлиги топилсин.

Ечилиши. Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунига асосан

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v, \quad (1)$$

бунда m_1 — одамнинг массаси, v_1 — эса унинг аравага сакрашдан олдинги тезлиги, m_2 — араванинг массаси, v_2 — эса араванинг то одам сакрагунгача тезлиги, v — одам аравага сакрагандан кейинги арава ва одамнинг умумий тезлиги. (1) формуладан қуйидагини оламиз:

$$v = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2}. \quad (2)$$

(2) формула бир жинсли бўлганлигидан, m_1 ва m_2 массаларини қайси система бирлигида қўйилиши фарқсиз эканлигини қайд қиламиз: аммо бу birlikлар бир хил бўлиши шартдир. Бундан ташқари, (2) формуладан кўринадики

массаларнинг ўлчов birlikлари қисқариб кетиб, v тезлигининг ўлчов birlikи v_1 ва v_2 тезликларникидек бўлади. Шунинг учун берилган миқдорларни МКС системанинг birlikларига ўтказишнинг зарурияти йўқдир.

Арава ва одамнинг бошланғич тезликлари қарама-қарши йўналганлиги учун, у тезликларнинг ишораси ҳар хилдир. Одам тезлигини мусбат ҳисобласак, $v_1 = 5,4$ км/соат бўлиб, $v_2 = -1,8$ км/соат бўлади. Ундан ташқари $m_1 = 64$ кг ва $m_2 = 32$ кг га тенгдир. Бу берилганларни (2) формулага қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$v = \frac{64 \cdot 5,4 - 32 \cdot 1,8}{64 + 32} \text{ км/соат} = 3,0 \text{ км/соат.}$$

Тезлик $v > 0$ бўлганлиги учун одам аравага сакраб чиққандан кейин, араванинг тезлиги одам чолиб кетаётган томонга йўналгандир.

3- масала. Чуқурлиги 20 м ли қудуқдан моторнинг қуввати 5 от кучига тенг бўлган насос ёрдамида сув чиқаришмоқда. Агар насос 7 соат ишлаганда, қудуқдан $3,8 \cdot 10^5$ л сув чиқара олса, моторнинг фойдали иш коэффициенти топилсин.

Ечилиши. Моторнинг N қуввати t вақт ичида бажарган A иши билан қуйидаги муносабатда бўлади.

$$N = \frac{A}{t \cdot \eta}, \quad (1)$$

бунда η — қурилманинг ф. и. к. m массали сувни h баландликка чиқаришда бажарилган иш:

$$A = mgh. \quad (2)$$

Бу ҳолда сувнинг m массаси эгаллаган ҳажм

$$V = \frac{m}{\rho}, \quad (3)$$

бунда ρ — сувнинг зичлиги. (2) ва (3) формулаларни (1) га қўйсак:

$$N = \frac{V\rho gh}{\eta}.$$

бундан

$$\eta = \frac{V\rho gh}{N \cdot t}. \quad (4)$$

5-жадвалдан фойдаланиб, масаланинг шартда берилган миқдорларни МКС системасида ифодалаймиз. Буида МКС системасига ўтказилган миқдорларнинг ҳар бири учун якка-якка арифметик ҳисоблашларни бажармасдан охириги формулада амалга ошириш қулайдир. Масала шартига асосан $V = 3,8 \cdot 10^5 \text{ л} = 3,8 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, $\rho = 1 \text{ г/см}^3 = \frac{10^{-3}}{10^{-6}} \text{ кг/м}^3$, $N = 5 \text{ о. к.} = 5 \cdot 736 \text{ вт}$, $t = 7 \cdot 3600 \text{ сек}$, $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ ва $h = 20 \text{ м}$. Бу берилганларни (4) га қўйиб, қуйидаги жавобни оламиз

$$\eta = \frac{3,8 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot 20}{10^{-6} \cdot 6 \cdot 736 \cdot 7 \cdot 3600} = 0,8 = 80\%.$$

1-§. Кинематика

Умумий ҳолда тўғри чизиқли ҳаракатнинг тезлиги

$$v = \frac{ds}{dt},$$

тезланиши

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}.$$

Тўғри чизиқли текис ҳаракат бўлганда

$$v = \frac{s}{t} = \text{const}$$

ва

$$a = 0.$$

Тўғри чизиқли текис ўзгарувчан ҳаракат бўлганда, қуйидаги ифодалар келиб чиқади:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2},$$

$$v = v_0 + at,$$

$$a = \text{const}.$$

Бу тенгламаларда a тезланиш ҳаракат текис тезланувчан бўлса мусбат ва текис секинланувчан бўлса манфий бўлади.

Эгри чизиқли ҳаракатда тўла тезланиш қуйидагига тенгдир:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}.$$

Бунда a_t — тангенциал тезланиш, a_n — нормал (марказга интилтирма) тезланиш бўлиб

$$a_t = \frac{dv}{dt} \quad \text{ва} \quad a_n = \frac{v^2}{R},$$

бунда v — ҳаракатнинг тезлиги ва R — траекториянинг берилган нуқтадаги эгрилик радиуси.

Умумий ҳолда айланма ҳаракатда бурчак тезлик

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt},$$

бурчак тезланиш эса

$$\epsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

Текис айланма ҳаракатда бурчак тезлик қуйидагига тенгдир

$$\omega = \frac{\varphi}{T} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu,$$

бунда T — айланиш даври, ν — айланиш частотаси, яъни вақт бирлигидаги айланишлар сони.

Бурчак тезлик ω чизиқли тезлик v билан қуйидаги муносабат орқали боғланган

$$v = \omega R.$$

Айланма ҳаракатда тангенциал ва нормал тезланишлари қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$a_t = \epsilon R,$$

$$a_n = \omega^2 R.$$

Илгариланма ва айланма ҳаракатнинг тенгнамалари 6-жадвалда таққосланган.

1. 1. Автомобиль ўз ҳаракати вақтининг биринчи ярмида 80 км/соат тезлик билан, қолган вақтида эса 40 км/соат тезлик билан ҳаракатланган. Автомобиль ҳаракатининг ўртача тезлиги топилсин.

1. 2. Автомобиль йўлнинг биринчи ярмини 80 км/соат тезлик билан, қолган йўлни эса 40 км/соат тезлик билан босиб ўтган. Автомобиль ҳаракатининг ўртача тезлиги топилсин.

1. 3. Пароход дарёда A пунктдан B пунктга $v_1 = 10$ км/соат тезлик билан, қайтишда эса $v_2 = 16$ км/соат тезлик билан ҳаракатланади. 1) Пароходнинг ўртача тезлиги, 2) дарёнинг оқим тезлиги топилсин.

1. 4. $v_1 = 1$ м/сек тезлик билан оқаётган дарёда сувга нисбатан $v_2 = 2$ м/сек тезлик билан ҳаракатланаётган қайиқнинг қуйидаги ҳолларда қирғоққа нисбатан тезлиги топилсин: 1) қайиқ оқим бўйича сузганда, 2) қайиқ оқимга қарши сузганда, 3) қайиқ оқимга $\alpha = 90^\circ$ бурчак ҳосил қилиб сузганда.

6-жадвал

Илгариланма ҳаракат	Айланма ҳаракат
Текис ҳаракат	
$s = v \cdot t$ $v = \text{const}$ $a = 0$	$\varphi = \omega t$ $\omega = \text{const}$ $\varepsilon = 0$
Текис ўзгарувчан ҳаракат	
$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ $v = v_0 + at$ $a = \text{const}$	$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$ $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$ $\varepsilon = \text{const}$
Нотекис ҳаракат	
$s = f(t)$ $v = \frac{ds}{dt}$ $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$	$\varphi = f(t)$ $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$

1. 5. Самолёт ҳавога нисбатан $v_1 = 800$ км/соат тезлик билан учмоқда. Ғарбдан шарққа томон $v_2 = 15$ м/сек тезлик билан шамол эсиб турибди. Самолёт ерга нисбатан қандай тезлик билан учиши ва 1) жанубга, 2) шимолга, 3) ғарбга, 4) шарққа силжиши учун меридианга нисбатан қандай бурчак ташкил қилиб учиши топилсин.

1. 6. Самолёт A пунктдан шарқ томондаги 300 км узоқликда жойлашган B пунктга учмоқда. Қуйидаги

ҳолларда самолётнинг бу масофани учиб ўтиш вақти топилсин: 1) шамол бўлмаганда, 2) шамол жанубдан шимолга эсганда ва 3) шамол ғарбдан шарққа эсганда. Шамолнинг тезлиги $v_1 = 20$ м/сек, самолётнинг тезлиги $v_2 = 600$ км/соат.

1. 7. Қайиқ сувга нисбатан $7,2$ км/соат тезлик билан қирғоққа тик йўналишда ҳаракат қилмоқда. Оқим қайиқни 150 м пастга судради. Дарёнинг кенглиги $0,5$ км. 1) Дарё оқимининг тезлиги ва 2) қайиқнинг дарёдан ўтиши учун сарф қилинган вақт топилсин.

1. 8. Вертикал юқорига отилган жисм 3 сек дан кейин ерга қайтиб тушди. 1) Жисмнинг бошланғич тезлиги қандай бўлган? 2) Жисм қандай баландликка кўтарилган? Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 9. Тош 10 м баландликка отилган. 1) Тош қанча вақтдан кейин ерга қайтиб тушади? 2) Агар тошнинг бошланғич тезлиги икки марта оширилса, у қанча баландликка кўтарилади? Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 10. 300 м баландликдаги аэростатдан тош ташланган. 1) Аэростат 5 м/сек тезлик билан юқорига кўтарилаётганда, 2) 5 м/сек тезлик билан пастга тушаётганда ва 3) аэростат бир жойда тургандаги ҳолларда тошнинг ерга тушгунча ўтадиган вақтни ҳисобланг. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 11. $9,8$ м/сек бошланғич тезлик билан вертикал юқорига отилган жисм h баландлиги ва v тезлигининг t вақтга боғланиш графиги чизилсин. График 0 дан 2 сек гача, яъни $0 \leq t \leq 2$ сек гача бўлган интервалда $0,2$ сек дан оралаб тузилсин. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 12. Жисм $h = 19,6$ м баландликдан бошланғич тезликсиз тушмоқда. 1) Жисм ўз ҳаракатининг биринчи $0,1$ секундида қанча йўл ўтади? 2) Охири $0,1$ секунда-чи? Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 13. Жисм $h = 19,6$ м баландликдан бошланғич тезликсиз тушмоқда. 1) Жисм ўз йўлининг биринчи 1 метрини қанча вақтда босиб ўтади? 2) Йўлнинг охири 1 метрида-чи? Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 14. Эркин тушаётган жисм ўз ҳаракатининг охири секундида бутун йўлнинг ярмини ўтади. 1) Жисмнинг қан-

дай h баландликдан тушаётгани ва 2) ерга тушгунча кетган вақти топилсин.

1. 15. A жисм v_1 бошланғич тезлик билан юқорига отилган вақтда, h баландликдан $v_2 = 0$ бошланғич тезлик билан B жисм пастга тушиб келади. Агар жисмлар бир вақтда ҳаракатланган бўлса, A ва B жисмлар орасидаги x масофанинг t вақтга боғланиши топилсин.

1. 16. Метрополитен икки станциясининг оралиғи 1,5 км. Поезд бу масофанинг биринчи ярмида текис тезланувчан, қолган иккинчи ярмида текис секинланувчан ҳаракат қилади. Поезднинг максимал тезлиги 50 км/соат га тенг. 1) тезланувчан ва секинланувчан ҳаракатнинг тезланишларини миқдор жиҳатдан тенг деб ҳисоблаб, унинг катталиги, 2) поезднинг икки станция орасидаги ҳаракат вақти топилсин.

1. 17. Поезд 36 км/соат тезликда ҳаракат қилмоқда. Агар буғ бериш тўхтатилса, поезд текис секинланувчан ҳаракат қилиб 20 сек дан кейин тўхтайд. 1) Поезднинг манфий тезланиши топилсин. 2) Тўхташ жойидан неча метр нарида буғ беришни тўхтатиш керак?

1. 18. Тормозланган поезд текис секинланувчан ҳаракат қилиб 1 мин да ўз тезлигини 40 км/соат дан 28 км/соат гача камайтирган. 1) Поезднинг манфий тезланиши ва 2) тормозланиш вақтида ўтган йўли топилсин.

1. 19. Вагон — 0,5 м/сек² манфий тезланиш билан текис секинланувчан ҳаракат қилмоқда. Вагоннинг бошланғич тезлиги 54 км/соат. Вагон қанча вақтдан кейин ва бошланғич нуқтадан қанча узоқликда тўхтайд?

1. 20. A жисм v_0 бошланғич тезлик ва ўзгармас a_1 тезланиш билан ҳаракат қилади. A жисм билан бир вақтнинг ўзида B жисм v_0' бошланғич тезлик ва ўзгармас манфий a_2 тезланиш билан ҳаракат қилади. Ҳаракат бошлангандан кейин қанча вақт ўтгач иккала жисмнинг тезлиги бир хил бўлади?

1. 21. A жисм $v_0' = 2$ м/сек бошланғич тезлик ва ўзгармас a тезланиш билан ҳаракат қилади. A жисм $\Delta t = 10$ сек ҳаракатлангандан кейин ўша нуқтадан B жисм $v_0'' = 12$ м/сек бошланғич тезлик билан ҳаракатлана бошлайди ва A жисмникидек a тезланиш билан ҳаракат қилади. A жисмни қувиб ета оладиган B жисм a тезланишнинг энг катта қиймати қандай?

1. 22. Жисмнинг босиб ўтган йўли s нинг t вақтга боғлиқлиги $s = At - Bt^2 + Ct^3$ тенглама орқали берилган, бунда $A = 2$ м/сек, $B = 3$ м/сек² ва $C = 4$ м/сек³. 1) Тезлик v нинг ва тезланиш a нинг вақт t га боғлиқлиги, 2) ҳаракат бошланишидан 2 сек ўтгандан кейин жисмнинг босиб ўтган йўли, тезлиги ва тезланиши топилсин. $0 \leq t \leq 3$ сек интервалда 0,5 сек дан оралатиб йўл, тезлик ва тезланишнинг графиги чизилсин.

1. 23. Жисмнинг босиб ўтган йўли s нинг t вақтга боғлиқлиги $s = A - Bt + Ct^2$ тенглама орқали берилган, бунда $A = 6$ м, $B = 3$ м/сек ва $C = 2$ м/сек². Жисмнинг 1 сек дан 4 сек гача бўлган вақт чегарасидаги ўртача тезлиги ва ўртача тезланиши топилсин. $0 \leq t \leq 5$ сек интервалда 1 сек дан оралатиб йўл, тезлик ва тезланишнинг графиги тузилсин.

1. 24. Жисмнинг босиб ўтган йўли s нинг t вақтга боғлиқлиги $s = A + Bt + Ct^2$ тенглама орқали берилган, бунда $A = 3$ м, $B = 2$ м/сек ва $C = 1$ м/сек². Жисм ҳаракатининг биринчи, иккинчи ва учинчи секунд оралигидаги ўртача тезлиги ва ўртача тезланиши топилсин.

1. 25. Жисмнинг босиб ўтган йўли s нинг t вақтга боғлиқлиги $s = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ тенглама орқали берилган, бунда $C = 0,14$ м/сек² ва $D = 0,01$ м/сек³. 1) Ҳаракат бошлангандан қанча вақт ўтгандан кейин жисмнинг тезланиши 1 м/сек² га тенг бўлади? 2) Шу вақт оралигида жисмнинг ўртача тезланиши нимага тенг бўлади?

1. 26. Баландлиги $H = 25$ м бўлган минорадан тош $v_0 = 15$ м/сек тезлик билан горизонтал отилган. 1) Тошнинг қанча вақт ҳаракатланиши, 2) минора асосидан қанча s_x масофада ерга тушиши, 3) ерга қандай v тезлик билан тушиши ва 4) ерга тушиш нуқтасида унинг траекторияси билан горизонт орасидаги φ бурчак топилсин. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 27. Горизонтал отилган жисм 0,5 сек дан кейин ташланиш жойидан горизонтал бўйлаб 5 м узоққа бориб тушган. 1) Жисм қандай h баландликдан ташланган? 2) У қандай бошланғич v_0 тезлик билан ташланган? 3) У ерга қандай v тезлик билан тушган? 4) Унинг ерга тушиш нуқтасидаги траекторияси горизонт билан қандай φ бурчакни ташкил қилади? Ҳавонинг қаршилиги эътиборга олинмасин.

1. 28. Горизонтал отилган копток 5 м узокликдаги деворга урилган. Коптокнинг урилиш баландлиги копток отилган баландликдан 1 м пастда. 1) Копток қандай v_0 тезлик билан отилган? 2) Копток деворга қандай бурчак φ остида урилади? Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 29. Тош горизонтал йўналишда отилгандан 0,5 сек ўтгач, унинг тезлиги бешланғич тезлигидан 1,5 марта катта бўлган. Тошнинг бешланғич тезлиги топилсин. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 30. Тош горизонтал йўналишда $v_x = 15$ м/сек тезлик билан отилгандан 1 сек ўтгач, унинг нормал ва тангенциал тезланиши топилсин. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 31. Тош горизонтал йўналишда 10 м/сек тезлик билан отилгандан 3 сек ўтгач, тош траекториясининг эгрилик радиуси топилсин. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 32. Копток горизонтга $\alpha = 40^\circ$ бурчак остида $v_0 = 10$ м/сек бешланғич тезлик билан отилган. 1) Копток қандай s_y баландликка кўтарилади? 2) Копток отилган жойдан қандай s_x масофага бориб ерга тушади? 3) Копток қанча вақт ҳаракатланади? Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 33. Ленинграддаги спорт мусобақасида спортчи ядрони 16 м 20 см масофага улоқтирди. Ушандай ядро Тошкентда ўша шароитда (бешланғич тезлик ва горизонтга қиялик ўзгармаганда) қанча масофага учиб борар эди? Ленинградда оғирлик кучининг тезланиши $981,9$ см/сек² га, Тошкентда эса $980,1$ см/сек² га тенг.

1. 34. Горизонтга v_0 тезлик билан қиялатиб отилган жисмнинг ҳаракат вақти $t = 2,2$ сек га тенг. Унинг кўтарилган энг катта баландлиги топилсин. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 35. Горизонтга $v_0 = 12$ м/сек тезлик билан $\alpha = 45^\circ$ бурчак остида отилган жисм, отилган жойдан s масофага бориб ерга тушган. Тош тушган жойга тушишилиги учун, қандай h баландликдан тошни шундай v_0 тезлик билан горизонтал йўналишда отиш керак?

1. 36. Жисмни горизонтга $\alpha = 45^\circ$ бурчак остида $v_0 = 14,7$ м/сек тезлик билан отилгандан $t = 1,25$ сек ўтгач,

унинг нормал ва тангенциал тезланиши топилсин. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 37. Жисмни горизонтга $\alpha = 45^\circ$ бурчак остида $v_0 = 10$ м/сек тезлик билан отилгандан $t = 1$ сек ўтгач, жисм траекториясининг эгрилик радиуси топилсин. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 38. Жисм горизонтга α бурчак остида v_0 тезлик билан отилган. Агар жисмнинг энг юқори кўтарилиш баландлиги $h = 3$ м ва жисм траекториясининг энг юқориги нуқтасида траекториянинг эгрилик радиуси $R = 3$ м га тенглиги маълум бўлса, v_0 ва α ларнинг катталиги топилсин.

1. 39. Баландлиги $H = 25$ м бўлган минорадан горизонтга $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида $v_0 = 15$ м/сек тезлик билан тош отилган. 1) Тош қанча вақт ҳаракатда бўлади? 2) У минора асосидан қанча узоқликда ерга тушади? 3) У қандай тезлик билан ерга тушади? 4) Тошнинг ерга тушиш нуқтасида унинг траекторияси горизонт билан қандай бурчак ҳосил қилади? Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 40. Бола горизонтга $\alpha = 45^\circ$ бурчак остида $v_0 = 10$ м/сек тезлик билан отган копток $s = 3$ м узоқликдаги деворга урилган. 1) Коптоқнинг деворга урилиши (унинг юқорига кўтарилишида ёки пастга тушишида) қачон содир бўлганлигини аниқлаш. 2) Копток (отилган баландликдан ҳисоблаганда) деворга қандай h баландликда урилган? 3) Урилиш вақтида коптоқнинг тезлиги қандай бўлган? Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

1. 41. 1) Ернинг суткалик айланиши, 2) соатдаги соат стрелкасининг, 3) соатдаги минут стрелкасининг, 4) айлана орбита бўйлаб $T = 88$ мин айланиш даври билан ҳаракатланаётган Ер сунъий йўлдошининг бурчак тезликлари ва 5) агар сунъий йўлдошнинг орбитаси Ер сиртидан 200 км баландликда бўлса, унинг чизиқли тезлиги топилсин.

1. 42. Ленинград кенглигидаги (60°) ер сирти нуқталари айланишининг чизиқли тезлиги топилсин.

1. 43. Самолётдаги йўловчига Қуёш осмонда кўзгалмай тургандек кўриниши учун, самолёт экватор бўйлаб шарқдан ғарбга томон қандай тезлик билан ҳаракатланиши керак?

1. 44. Бир-биридан $l = 0,5$ м ораликда икки диск

маҳкамланган ўқ $v = 1600$ *айл/мин* частотага мос бурчак тезлик билан айланма ҳаракат қилмоқда. Диск маҳкамланган ўқ бўйлаб учиб борувчи ўқ икки дискни тешиб ўтади ва иккинчи дискдаги тешик биринчисидагига нисбатан $\phi = 12^\circ$ бурчакка силжийди. Ўқнинг тезлиги аниқлансин.

1. 45. Айланма ҳаракат қилаётган филдирак гардишидаги нуқтанинг v_1 чизиқли тезлиги гардишдан ўққа 5 см яқин бўлган нуқтасининг v_2 чизиқли тезлигидан 2,5 марта катта бўлса, филдиракнинг радиуси топилсин.

1. 46. Текис тезланиш билан айланаётган филдирак ҳаракат бошидан $N = 10$ марта айлангандан кейин $\omega = 20$ *рад/сек* бурчак тезликка эришса, унинг бурчак тезланиши топилсин.

1. 47. Маховой филдирак ҳаракат бошланишидан $t = 1$ *мин* ўтгач $v = 720$ *айл/мин* га мос тезликка эришади. Филдиракнинг бурчак тезланиши ва бир минутдаги айланиш сонини топилсин. Ҳаракат текис тезланувчан деб ҳисоблансин.

1. 48. Текис секинланиб айланаётган филдирак тормозланиш натижасида 1 *мин* давомида ўзининг тезлигини 300 *айл/мин* дан 180 *айл/мин* гача камайтиради. Филдиракнинг бурчак тезланиши ва бу минут ичидаги айланишлар сонини топилсин.

1. 49. Вентилятор 900 *айл/мин* частотага мос тезлик билан айланади. Вентилятор ўчирилгандан кейин у текис секинлашувчан ҳаракат қилиб, то тўхтагунча 75 марта айланган. Вентилятор ўчирилгандан то тўхтагунча қанча вақт ўтган?

1. 50. Вал 180 *айл/мин* частотага мос ўзгармас тезлик билан айланади. Вал тормозланган вақтдан бошлаб сон жиҳатдан 3 *рад/сек²* га тенг бурчак тезланиш билан текис секинлашувчан айланма ҳаракат қилади. 1) Вал қанча вақт ўтгач тўхтайди? 2) То тўхтагунча у неча марта айланади?

1. 51. Нуқта $R = 20$ см радиусли айлана бўйлаб ўзгармас тангенциал тезланиш $a_t = 5$ *м/сек²* билан ҳаракатланади. Ҳаракат бошланишидан қанча вақт ўтгач нуқтанинг a_n нормал тезланиши: 1) тангенциал тезланишига тенг, 2) тангенциал тезланишидан икки марта катта бўлади?

1. 52. Нуқта $R = 10$ см радиусли айлана бўйлаб ўзгармас тангенциал тезланиш a_t билан ҳаракатланади. Агар ҳаракат бошлангандан кейинги бешинчи марта айланиш охирида нуқтанинг тезлиги $v = 79,2$ см/сек га тенг бўлса, нуқтанинг a_t тангенциал тезланиши топилсин.

1. 53. Нуқта $R = 10$ см радиусли айлана бўйлаб ўзгармас тангенциал тезланиш a_t билан ҳаракатланади. Агар ҳаракат бошлангандан кейинги бешинчи марта айланиш охирида нуқтанинг чизиқли тезлиги $v = 10$ см/сек га тенг бўлса, ҳаракат бошлангандан $t = 20$ сек ўтгандан кейин нуқтанинг a_n нормал тезланиши топилсин.

1. 54. Биринчи яқинлашишда водород атомида электрон айлана орбита бўйлаб ўзгармас v тезлик билан ҳаракатланади дейиш мумкин. Электроннинг ядро атрофида айланишининг бурчак тезлиги ва нормал тезланиши топилсин. Орбитанинг радиуси $r = 0,5 \cdot 10^{-10}$ м ва электроннинг бу орбитадаги тезлиги $v = 2,2 \cdot 10^8$ м/сек.

1. 55. Радиуси $R = 10$ см филдирак $\epsilon = 3,14$ рад/сек² ўзгармас бурчак тезланиш билан айланади. Ҳаракат бошланишидан кейинги биринчи секунднинг охирида филдирак гардишидаги нуқталарнинг: 1) бурчак тезлиги, 2) чизиқли тезлиги, 3) тангенциал тезланиши, 4) нормал тезланиши, 5) тўла тезланиши ва 6) тўла тезланиш билан филдирак радиуси орасидаги бурчак топилсин.

1. 56. Нуқта $R = 2$ см радиусли айлана бўйлаб ҳаракатланади. Йўлнинг вақтга боғланиши $x = Ct^3$ тенглама орқали берилган, бунда $C = 0,1$ см/сек³. Тезлиги $v = 0,3$ м/сек га тенг бўлганда нуқтанинг нормал ва тангенциал тезланиши топилсин.

1. 57. Нуқта айлана бўйлаб шундай ҳаракатланадики, йўлнинг вақтга боғланиши $s = A + Bt + Ct^2$ тенглама орқали берилган, бунда $B = -2$ м/сек ва $C = 1$ м/сек². Агар ҳаракат бошланишидан $t' = 2$ сек ўтгач нуқтанинг нормал тезланиши $a'_n = 0,5$ м/сек² га тенг бўлса, ҳаракат бошланишидан $t = 3$ сек ўтгандан кейин нуқтанинг чизиқли тезлиги, унинг тангенциал, нормал ва тўла тезланиши топилсин.

1. 58. Ҳаракат бошланишидан 2 сек ўтгач текис тезланувчан ҳаракат қилаётган филдирак гардишидаги нуқтанинг тўла тезланиш вектори шу нуқта чизиқли тезлиги-

нинг йўналиши билан 60° бурчак ташкил қилса, филдиракнинг бурчак тезланиши топилсин.

1. 59. Филдирак ўзгармас $\varepsilon = 2 \text{ рад/сек}^2$ бурчак тезланиш билан айланади. Ҳаракат бошланишидан $0,5 \text{ сек}$ ўтгач филдиракнинг тўла тезланиши $a = 13,6 \text{ см/сек}^2$ га тенг бўлса, унинг радиуси топилсин.

1. 60. Радиуси $R = 0,1 \text{ м}$ бўлган филдирак шундай айланадики, филдирак радиусининг бурилиш бурчаги билан вақт орасидаги боғланиш $\varphi = A + Bt + Ct^3$ тенглама орқали берилган, бунда $B = 2 \text{ рад/сек}$ ва $C = 1 \text{ рад/сек}^3$. Ҳаракат бошлангандан 2 сек ўтгач, филдирак гардишидаги нуқталар учун қуйидаги катталиклар: 1) бурчак тезлик, 2) чизиқли тезлик, 3) бурчак тезланиш, 4) тангенциал тезланиш, 5) нормал тезланиш топилсин.

1. 61. Радиуси $R = 5 \text{ см}$ бўлган филдирак шундай айланадики, филдирак радиусининг бурилиш бурчаги билан вақт орасидаги боғланиш $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ тенглама орқали берилсади, бунда $D = 1 \text{ рад/сек}^3$. Ҳаракатнинг ҳар секундида филдирак гардишида ётган нуқталар учун тангенциал тезланиш Δa , нинг ўзгариши топилсин.

1. 62. Радиуси $R = 10 \text{ см}$ бўлган филдирак шундай айланадики, филдирак гардишидаги нуқталар чизиқли тезлигининг вақтга боғланиши $v = At + Bt^2$ тенглама орқали берилсади, бунда $A = 3 \text{ см/сек}^2$ ва $B = 1 \text{ см/сек}^3$. Ҳаракат бошлангандан $t = 0, 1, 2, 3, 4$ ва 5 сек ўтгандан кейин тўла тезланиш вектори билан филдирак радиуси орасидаги бурчак топилсин.

1. 63. Филдирак шундай айланадики, филдирак радиусининг бурилиш бурчаги билан вақт орасидаги боғланиш $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ тенглама орқали берилсади, бунда $B = 1 \text{ рад/сек}$, $C = 1 \text{ рад/сек}^2$ ва $D = 1 \text{ рад/сек}^3$. Ҳаракатнинг иккинчи секундининг охирида филдирак гардишидаги нуқталарнинг нормал тезланиши $a_n = 3,46 \cdot 10^3 \text{ м/сек}^2$ га тенг бўлса, филдиракнинг радиуси топилсин.

1. 64. Айланаётган филдирак гардишидаги нуқталар тўла тезланишининг вектори шу нуқталар чизиқли тезлигининг вектори билан 30° бурчак ташкил қилган пайтдаги нуқта нормал тезланишининг тангенциал тезланишидан неча марта катталиги топилсин.

2- §. Динамика.

Динамиканинг асосий қонуни (Ньютоннинг иккинчи қонуни)

$$F \cdot dt = d(mv)$$

теглама билан ифодаланади.

Агар масса ўзгармас бўлса, у ҳолда

$$F = m \frac{dv}{dt} = m \cdot a,$$

бунда a — массаси m бўлган жисмнинг F куч таъсирида олган тезланиши.

s масофани ўтишда F кучнинг бажарган иши қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$A = \int_s F_s \cdot ds,$$

бунда F_s — кучнинг силжиш йўналишига проекцияси, ds — йўл қисмининг катталиги. Интеграл бутун йўл s бўйича олинади.

Агар кучнинг миқдори ҳамда унинг силжиш йўналиши билан ҳосил қилган бурчаги ўзгармас бўлса, юқоридаги формула

$$A = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

кўринишида бўлади, бунда α — куч F ва силжиш s ора-сидаги бурчак.

Қувват

$$N = \frac{dA}{dt}$$

формула билан ифодаланади. Қувват ўзгармас бўлса

$$N = \frac{A}{t}$$

бўлади, бунда A — вақт t ичида бажарилган иш.

Худди шунингдек қувват қуйидаги формуладан аниқланиши мумкин:

$$N = F \cdot v \cdot \cos \alpha,$$

яъни қувват ҳаракат тезлигини кучнинг ҳаракат йўналишига бўлган проекциясининг катталигига кўлайтмаси билан аниқланилади.

v тезлик билан ҳаракатланаётган m массали жисмнинг кинетик энергияси қуйидагига тенг:

$$W_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Потенциал энергиянинг формулалари таъсир этувчи кучларнинг характерига қараб турлича ифодаланади.

Изоляцияланган системадаги барча жисмлар ҳаракат миқдорининг вектор йиғиндисини ўзгармай қолади, яъни:

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m_n\vec{v}_n = \text{const.}$$

Массалари m_1 ва m_2 бўлган икки жисмнинг бир тўғри чизиқ бўйлаб эластикмас марказий урилишдан кейинги уларнинг умумий тезлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$u = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2},$$

бунда v_1 — биринчи жисмнинг, v_2 — иккинчи жисмнинг урилишдан илгариги тезлиги.

Эластик марказий урилишдан кейин жисмлар турлича тезликлар билан ҳаракатланади. Биринчи жисмнинг урилишдан кейинги тезлиги:

$$u_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}$$

ва иккинчи жисмнинг урилишдан кейинги тезлиги

$$u_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}.$$

Эгри чизиқли ҳаракатда моддий нуқтага таъсир этувчи кучни иккига: тангенциал ва нормал ташкил этувчиларга ажратиш мумкин.

Нормал ташкил этувчиси

$$F_n = \frac{mv^2}{R}$$

марказга интилма кучдан иборатдир. Бу ерда v — массаси m бўлган жисмнинг чизиқли тезлиги ва R траекториянинг берилган нуқтадаги эгрилик радиусидир.

Эластик деформацияловчи куч деформациясининг x катталигига пропорционалдир, яъни:

$$F = kx,$$

бунда k — деформация коэффициентини бўлиб, бир бирликда деформацияловчи кучга миқдор жиҳатдан тенгдир.

Эластик кучларнинг потенциал энергияси:

$$W_n = \frac{kx^2}{2}.$$

Икки моддий нуқта (яъни ўлчамлари уларнинг ўзаро оралиқларига нисбатан жуда кичик бўлган жисмлар) бири-бирига қуйидаги куч билан тортилади:

$$F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2},$$

бунда γ — тортишиш доимийлиги ёки гравитацион доимийлиги бўлиб, $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{сек}^2$ га тенгдир; m_1 ва m_2 ўзаро таъсир қилувчи моддий нуқталарнинг массалари; R — улар орасидаги масофа.

Тортишиш кучининг потенциал энергияси

$$W_n = -\gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{R}.$$

«Минус» ишора ўзаро таъсир қилувчи икки жисмнинг потенциал энергияси $R = \infty$ бўлганда нолга тенг бўлишини кўрсатади; бу жисмлар яқинлаша борганда потенциал энергияси ортади.

Кеплернинг учинчи қонуни қуйидаги кўринишга эгадир

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3},$$

бунда T_1 ва T_2 — планеталарнинг айланиш даври, R_1 ва R_2 — планеталар орбиталарининг катта ўқлари. Орбита доирадан иборат бўлган ҳолда, катта ўқлар родини орбитанинг радиуси ўйнайди.

2. 1. Текис ҳаракатланиб тушаётган аэростат худди шундай тезликда юқорига кўтарила бошлаши учун, аэростатдан қанча оғирликдаги балластни (юкни) ташлаб юбориш керак? Аэростатнинг балласт билан бирга оғирлиги 1600 кг, юқорига кўтарувчи кучи 1200 кг. Юқорига кўтарилишда ва тушишида ҳавонинг қаршилик кучи бирдай деб ҳисоблансин.

2. 2. Илга оғирлиги $P = 1$ кг бўлган юк осилган. Агар юк осилган ип 1) $a = 5 \text{ м/сек}^2$ тезланиш билан юқорига кўтарилаётган, 2) худди шундай $a = 5 \text{ м/сек}^2$ тезланиш

билан пастга тушаётган бўлса, бу икки ҳолда ипнинг таранглик кучлари аниқлансин.

2. 3. Бирор диаметрли пўлат сим 4 400 *н* гача юкка чидаш бера олади. Бу симга 3900 *н* юк осиб, у узилиб кетмаслиги учун юкни қандай максимал тезланиш билан юқорига кўтариш керак?

2. 4. Йўловчилар билан бирга лифтнинг оғирлиги 800 *кГ*. Лифт осилган троснинг таранглиги: 1) 1200 *кГ* ва 2) 600 *кГ* бўлса, лифт қандай тезланиш билан ва қандай йўналишда ҳаракатланади?

2. 5. Ипга тош осилган. Бу тошни $a_1 = 2 \text{ м/сек}^2$ тезланиш билан юқорига кўтарилганда, ипнинг узилиб кетиши мумкин бўлган таранглик кучидан икки марта кичик *T* таранглик кучи ҳосил бўлган. Ип узилиб кетиши учун бу тош қандай a_2 тезланиш билан юқорига кўтариш керак?

2. 6. Оғирлиги 10^4 н бўлган автомобиль 5 *сек* тормозлангандан кейин текис секинланувчан ҳаракат қилиб, 25 *м* масофани ўтиб тўхтайди. 1) Автомобилнинг бошланғич тезлиги, 2) тормозланиш кучи топилсин.

2. 7. 500 *т* массали поезд тормозланганда текис секинланувчан ҳаракат қилиб 1 *мин* давомида тезлигини 40 *км/соат* дан 28 *км/соат* гача камайтирган. Тормозлаш кучи топилсин.

2. 8. Оғирлиги $1,96 \cdot 10^5 \text{ н}$ бўлган вагон 54 *км/соат* бошланғич тезлик билан ҳаракат қилади. Агар вагон 1) 1 *мин* 40 *сек*, 2) 10 *сек* ва 3) 1 *сек* тўхтаса, вагонга таъсир қилувчи ўртача куч топилсин.

2. 9. Рельсда турган вагон текис тезланувчан ҳаракат қилиб, $s = 11 \text{ м}$ йўлни $t = 30 \text{ сек}$ да ўтиши учун унга қандай куч таъсир қилиши керак? Вагоннинг оғирлиги $P = 16 \text{ Т}$. Ҳаракат вақтида унга, ўз оғирлигининг 0,05 қисмига тенг бўлган ишқаланиш кучи таъсир қилади.

2. 10. Оғирлиги $4,9 \cdot 10^6 \text{ н}$ бўлган поезд тепловознинг тортиши тўхталгач, $9,8 \cdot 10^4 \text{ н}$ ишқаланиш кучи таъсир остида 1 *мин* дан кейин тўхтайди. Поезд қандай тезлик билан ҳаракат қилган?

2. 11. 20 *т* массали вагон $0,3 \text{ м/сек}^2$ ўзгармас манфий тезланиш билан ҳаракат қилади. Вагоннинг бошланғич тезлиги 54 *км/соат*. 1) Вагонга қандай тормозлаш кучи таъсир қилган? 2) Вагон қанча вақтдан кейин тўхтайди? 3) Вагон тўхтагунча қанча масофани босиб ўтади?

2. 12. 0,5 кг массали жисм шундай тўғри чизиqli ҳаракатланадики, у ўтган s йўлнинг t вақтга боғланиши $s = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$ тенглама билан берилган, бунда $C = 5 \text{ м/сек}^2$ ва $D = 1 \text{ м/сек}^3$. Ҳаракатнинг биринчи секундининг охирида жисмга таъсир қилган кучнинг катталиги топилсин.

2. 13. $F = 1 \text{ кГ}$ ўзгармас куч таъсирида жисм шундай тўғри чизиqli ҳаракатланадики, у ўтган s йўлнинг t вақтга боғланиши $s = A - Bt + Ct^3$ тенглама билан берилган. Доимийлик $C = 1 \text{ м/сек}^2$ бўлса, жисмнинг массаси топилсин.

2. 14. $m = 0,5 \text{ кг}$ массали жисм шундай ҳаракатланадики, у ўтган s йўлнинг t вақтга боғланиши $s = A \sin \omega t$ тенглама билан берилган, бунда $A = 5 \text{ см}$ ва $\omega = \pi \text{ рад/сек}$. Ҳаракат бошланишидан $t = 1/6 \text{ сек}$ ўтгач, жисмга таъсир қилувчи F куч топилсин.

2. 15. $v = 600 \text{ м/сек}$ тезлик билан учаётган $m = 4,65 \times 10^{-26} \text{ кг}$ массали молекула идиш деворига тик урилади ва тезлигини ўзгартмасдан девордан эластик қайтади. Урилиш вақтида идиш деворига берилган куч импульси топилсин.

2. 16. $v = 600 \text{ м/сек}$ тезлик билан учаётган $m = 4,65 \times 10^{-26} \text{ кг}$ массали молекула нормалга нисбатан идиш деворига 60° бурчакда урилади ва шундай бурчакда тезлигини ўзгартмай эластик қайтади. Урилиш вақтида идиш деворига берилган куч импульси топилсин.

2. 17. Бирор баландликдан вертикал тушаётган $0,1 \text{ кГ}$ оғирликдаги шарча қия текисликка урилади ва тезлигини ўзгартмасдан текисликдан эластик қайтади. Текисликнинг горизонтга нисбатан қиялиги 30° га тенг. Урилиш вақтида текисликнинг олган куч импульси $1,73 \text{ н} \cdot \text{сек}$ га тенг. Шар текисликка урилгандан қанча вақт ўтгач траекториясининг энг юқори нуқтасида бўлади?

2. 18. Кесим юзи $S = 6 \text{ см}^2$ бўлган сув оқими деворга нормалга нисбатан $\alpha = 60^\circ$ бурчакда урилади ва тезлигини ўзгартмасдан девордан эластик қайтади. Агар сув оқимининг тезлиги $v = 12 \text{ м/сек}$ бўлса, деворга таъсир қилувчи куч топилсин.

2. 19. Трамвай жойидан қўзғалгандан кейин $a = 0,5 \text{ м/сек}^2$ ўзгармас тезланиш билан ҳаракатланади. Ҳаракат бошлангандан $t = 12 \text{ сек}$ ўтгач трамвайнинг мотори ўчирилади ва трамвай тўхташ жойигача текис секинланувчан ҳа-

ракатланади. Бутун йўл бўйича ишқаланиш коэффициенти $k = 0,01$ га тенг. 1) Трамвайнинг энг катта тезлиги, 2) трамвай тўхтагунча ўтган вақт, 3) текис секинланувчан ҳаракатда трамвайнинг манфий тезланиши, 4) трамвай тўхтагунча босиб ўтилган йўли топилсин.

2. 20. Автомобилнинг оғирлиги $9,8 \cdot 10^3$ н. Автомобиль ҳаракатланаётганда унга ўз оғирлигининг $0,1$ қисмига тенг бўлган ишқаланиш кучи таъсир қилади. 1) Автомобиль текис ҳаракатланганда моторининг торттиш кучи қанча бўлиши керак? 2) Автомобиль 2 м/сек² тезланиш билан ҳаракат қилганда-чи?

2. 21. $a = 2,44$ м/сек² ўзгармас тезланиш билан ҳаракатланаётган автомобиль бакидаги бензинининг сирти горизонт билан қандай α бурчак ташкил қилади?

2. 22. Трамвай вагонининг шипига маҳкамланган илга шар осилган. Вагон тормозланганда, унинг тезлиги, $\Delta t = 3$ сек вақт оралигида $v_1 = 18$ км/соат дан $v_2 = 6$ км/соат гача бир текисда ўзгаради. Бунда шар осилган ил қандай α бурчакка оғади?

2. 23. Темир йўл вагони тормозланганда, унинг тезлиги $\Delta t = 3,3$ сек вақт оралигида $v_1 = 47,5$ км/соат дан $v_2 = 30$ км/соат гача бир текисда ўзгаради. Вагон тормозланганда, полкадаги чамадон силжий бошлаши учун, чамадон билан полка орасидаги ишқаланиш коэффициенти-нинг чегаравий қиймати қандай бўлиши керак?

2. 24. Столда ётган арқоннинг осилиб турган қисмининг узунлиги унинг бутун узунлигининг 25% ини ташкил қилганда, у сирғаниб туша бошлайди. Арқоннинг столга ишқаланиш коэффициенти нимага тенг?

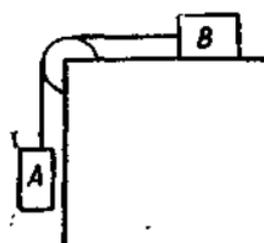
2. 25. Автомобилнинг оғирлиги 1 Т. Автомобиль ҳаракатланаётганда унга ўз оғирлигининг $0,1$ қисмига тенг бўлган ишқаланиш кучи таъсир қилади. Агар автомобиль ўзгармас тезлик билан: 1) қиялиги ҳар 25 м йўлда 1 м баландликка кўтариладиган тоққа чиқаётса, 2) худди шу қийликдаги тоғдан тушаётган бўлса, автомобиль моторининг торттиш кучи топилсин.

2. 26. Қиялиги ҳар 25 м йўлда 1 м баландликка кўтариладиган тоққа 1 м/сек² тезланиш билан чиқаётган автомобиль моторининг торттиш кучи топилсин. Автомобилнинг оғирлиги $9,8 \cdot 10^3$ н ва ишқаланиш коэффициенти $0,1$ га тенг.

2. 27. Жисм қиялиги горизонт билан 4° бўлган текисликда ётибди. 1) Жисмнинг қия текисликда сирғана бошлаши учун ишқаланиш коэффициентини қандай чегаравий қийматга эга бўлиши керак? 2) Агар ишқаланиш коэффициенти $0,03$ бўлса, жисм қандай тезланиш билан сирғанади? 3) Шундай шароитда жисм 100 м йўлни қанча вақтда ўтади? 4) Шу 100 м йўлнинг охирида жисм қандай тезликка эришади?

2. 28. Жисм горизонт билан $\alpha = 45^\circ$ бурчак ташкил қилган қия текисликдан сирғаниб тушмоқда. Жисм $s = 36,4$ см масофани ўтганда $v = 2$ м/сек тезликка эришади. Жисмнинг текисликка ишқаланиш коэффициенти топилсин.

2. 29. Жисм горизонт билан 45° бурчак ташкил қилган қия текисликда сирғаниб тушмоқда. Жисм ўтган s йўлнинг t вақтга боғланиши $s = Ct^2$ тенглама билан берилган, бунда $C = 1,73$ м/сек². Жисмнинг текисликка ишқаланиш коэффициенти топилсин.



1- расм.

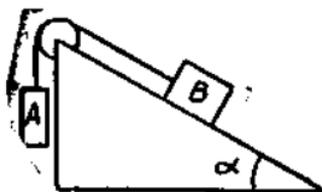
2. 30. Оғирликлари $P_1 = 2$ кГ ва $P_2 = 1$ кГ бўлган тошлар бир-бирига ип билан бирлаштирилиб, вазнсиз блокка осилган. 1) Тошларнинг ҳаракат тезланиши, 2) ипнинг таранглик кучи топилсин. Блокка бўлган ишқаланиш ҳисобга олинмасин.

2. 31. Вазнсиз блок столнинг қиррасига маҳкамланган (1- расм). Оғирликлари $P_1 = P_2 = 1$ кГ бўлган A ва B тошлар бир-бирига ип билан бирлаштирилиб, блокка осилган. B тошнинг столга ишқаланиш коэффициенти $k = 0,1$ га тенг. 1) Тошларнинг ҳаракат тезланиши, 2) ипнинг таранглик кучи топилсин. Блокдаги ишқаланиш ҳисобга олинмасин.

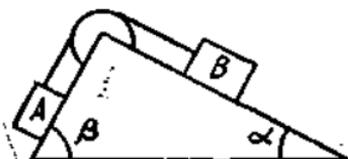
2. 32. Горизонт билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ташкил қилган қия текислиكنинг энг юқори чўққисига вазнсиз блок маҳкамланган (2- расм). Оғирликлари $P_1 = P_2 = 1$ кГ бўлган A ва B тошлар бир-бирига ип билан бирлаштирилиб, блокка осилган. 1) Тошларнинг ҳаракат тезланиши, 2) ипнинг таранглик кучи топилсин. Блокдаги ишқаланиш, худди шунингдек B тошнинг қия текисликка ишқаланиши ҳисобга олинмасин.

2. 33. Олдинги масalani B тошнинг қия текисликка ишқаланиш коэффициенти $k = 0,1$ га тенг бўлган шарт учун ечилсин. Блокдаги ишқаланиш ҳисобга олинмасин.

2. 34. Горизонт билан $\alpha = 30^\circ$ ва $\beta = 45^\circ$ бурчак ташкил қилган иккита қия текисликнинг энг юқори чуққисига вазнесиз блок маҳкамланган (3- расм). Оғирликлари $P_1 =$



2- расм.



3- расм.

$= P_2 = 1$ кГ бўлган A ва B тошлар бир-бирига ип билан бирлаштирилиб, блокка осилган. 1) Тошларнинг ҳаракат тезланиши, 2) ипнинг таранглик кучи топилсин. A ва B тошларнинг қия текисликларга ишқаланиши, худди шунчунгдек блокдаги ишқаланиш ҳисобга олинмасин.

2. 35. Олдинги масalani A ва B тошларнинг қия текисликларга ишқаланиш коэффициентлари $k_1 = k_2 = 0,1$ га тенг бўлган шарт учун ечилсин. Блокдаги ишқаланиш ҳисобга олинмасин. Бу масаланинг ечимини берувчи формуладан хусусий ҳолларда 2.30 — 2.34 масалаларнинг ечимини олиш мумкинлиги кўрсатилсин.

2. 36. Оғирлиги $P = 2$ кГ юкни $h = 1$ м баландликка F ўзгармас куч билан вертикал кўтаришда $A = 8$ кГм иш бажарилган. Юк қандай тезланиш билан кўтарилган?

2. 37. Юқорига кўтарилаётган самолёт $h = 5$ км баландликда $v = 360$ км/соат тезликка эришадн. Самолётнинг тезлигини оширишга сарф бўлган ишдан кўтарилишда оғирлик кучига қарши бажарилган иш неча марта катта?

2. 38. Ҳаракатдаги 2 кг массали жисмнинг: 1) тезлигини 2 м/сек дан 5 м/сек гача ошириш учун, 2) бошланғич тезлиги 8 м/сек бўлганда уни тўхтатиш учун қандай иш бажариш керак?

2. 39. $v_1 = 15$ м/сек тезлик билан учиб келаётган копток ракетка билан урилиб қарама-қарши томонга $v_2 = 20$ м/сек тезлик билан улоқтирилган. Бунда копток кинетик

энергиясининг ўзгариши $\Delta W = 8,75$ ж га тенг бўлса, коп-ток ҳаракат миқдорининг ўзгариши топилсин.

2. 40. Муз устида $v = 2$ м/сек тезлик билан сиргантириб юборилган тош $s = 20,5$ м масофада тўхтайди. Тошнинг музга ишқаланиш коэффициентини ўзгармас деб ҳисоблаб, унинг қиймати топилсин.

2. 41. Оғирлиги $20 T$ бўлган вагон 6000 н ишқаланиш кучи таъсирида текис секинлашувчан ҳаракат қилади ва маълум вақт ўтгач тўхтайди. Вагоннинг бошланғич тезлиги 54 км/соат га тенг. 1) Ишқаланиш кучининг иши, 2) вагон тўхтагунча ўтган масофа топилсин.

2. 42. Шофёр йўлдаги тўсиқдан 25 м нарида автомобильга тормоз бера бошлайди. Автомобилнинг тормоз колодкаларидаги ишқаланиш кучи ўзгармас ва 3840 н га тенг. Автомобилнинг оғирлиги $1 T$. Автомобиль тўсиқ олдида тўхташга улгуриши учун, у қандай максимал тезликда юриши мумкин? Филдиракларнинг йўлга ишқаланиши ҳисобга олинмасин.

2. 43. Трамвай $a = 49,0$ см/сек² тезланиш билан ҳаракатланади. Агар мотор қувватининг 50% и ишқаланиш кучини енгишга ва 50% и ҳаракатнинг тезлигини оширишга сарф бўлгани маълум бўлса, ишқаланиш коэффициенти топилсин.

2. 44. Жисм 10 м масофада ўз тезлигини 2 м/сек дан 6 м/сек гача ошириш учун зарур бўлган иш топилсин. Йўлнинг ҳамма қисмида $0,2$ кГ га тенг ўзгармас ишқаланиш кучи таъсир қилади. Жисмнинг массаси 1 кг га тенг.

2. 45. Автомобилнинг оғирлиги $9,8 \cdot 10^3$ н. Автомобиль ҳаракатланаётганда унга ўз оғирлигининг $0,1$ қисмига тенг бўлган ўзгармас ишқаланиш кучи таъсир қилади. Автомобиль $0,5$ км масофада ўз тезлигини $v_1 = 10$ км/соат дан $v_2 = 40$ км/соат гача ошириш учун, унинг двигатели қанча миқдорда бензин сарф қилади? Двигателнинг фойдали иш коэффициенти 20% , бензиннинг иссиқлик бериш қобилияти $4,6 \cdot 10^7$ ж/кг га тенг.

2.46. Двигателнинг ўртача қуввати 15 о. к. га тенг бўлган автомобиль 100 км йўлни 30 км/соат ўртача тезлик билан босиб ўтганда қанча миқдорда бензин сарфлаган? Двигателнинг ф. и. к. 22% . Қолган зарур маълумотлар олдинги масаланинг шартидан олинсин.

2. 47. Автомобиль 40 км/соат тезлик билан ҳаракатланганда, ҳар 100 км йўлга 13,5 л бензин сарф қилса ва шу шароитда қуввати 16,3 о. к. га тенг бўлса, автомобиль двигателининг ф. и. к. топилсин. Бензиннинг зичлиги 0,8 г/см³. Қолган зарур маълумотлар 2.45- масаланинг шартидан олинсин.

2. 48. 1 кг массали, 9,8 м/сек бошланғич тезлик билан юқорига отилган тошнинг кинетик, потенциал ва тўла энергиясининг вақтга боғланиш графиги $0 \leq t \leq 2$ сек интервалда 0,2 сек дан оралатиб чизилсин. 1.11- масаланинг ечилиш натижаларидан фойдаланилсин.

2. 49. Олдинги масала шартидан тошнинг кинетик, потенциал ва тўла энергиясининг йўлга боғланиш графиги чизилсин.

2. 50. Оғирлиги 2 кГ бўлган тош маълум баландликдан ерга 1,43 сек да тушади. Тошнинг йўлнинг ўрта нуқтасидаги кинетик ва потенциал энергияси топилсин. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

2. 51. Тош баландлиги $H = 25$ м бўлган минорадан $v_0 = 15$ м/сек тезлик билан горизонтал отилган. Тошнинг ҳаракат бошланишидан бир секунд ўтгач кинетик ва потенциал энергияси топилсин. Тош массаси $m = 0,2$ кг га тенг. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

2. 52. Тош горизонтга $\alpha = 60^\circ$ бурчакда $v_0 = 15$ м/сек тезлик билан отилган. Тошнинг 1) ҳаракат бошланишидан бир секунд ўтгач, 2) ҳаракат траекториясининг энг юқори нуқтасидаги кинетик ва потенциал энергияси топилсин. Тош массаси $m = 0,2$ кг га тенг. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

2. 53. Спорт ядроси горизонтга $\alpha = 30^\circ$ бурчакда улоқтўрилганда $A = 216$ ж иш сарф бўлган. Ядро қанча вақтдан кейин ва отилган жойдан қанча масофада ерга тушади. Ядронинг оғирлиги $P = 2$ кГ. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

2. 54. 10 г массали моддий нуқта 6,4 см радиусли айлана бўйлаб ўзгармас тангенциал тезланиш билан ҳаракатланади. Агар ҳаракат бошлангандан кейинги иккинчи марта айланишнинг охирида моддий нуқтанинг кинетик энергияси $8 \cdot 10^{-4}$ ж га тенглиги маълум бўлса, ҳаракатнинг тангенциал тезланиши топилсин.

2. 55. Баландлиги 1 м, оғма томони узунлиги 10 м бўлган қия текисликдан 1 кг массали жисм сирғаниб туш-

моқда. Жисмнинг 1) қия текисликнинг асосидаги кинетик энергияси, 2) шу асосдаги тезлиги, 3) тўхтагунча йўлнинг горизонтал қисмида босиб ўтган масофаси топилсин. Йўлнинг ҳамма қисмида ишқаланиш коэффициентини ўзгармас ва 0,05 га тенг деб олинсин.

2. 56. Дастлаб жисм горизонт билан $\alpha = 8^\circ$ бурчак ташкил қилган қия текисликда, кейин горизонтал сиртда сирганиди. Жисмнинг қия ва горизонтал текисликда ўтган масофалари тенг бўлса ишқаланиш коэффициентини топилсин.

2. 57. Баландлиги 0,5 м оғма томони узунлиги 1 м бўлган қия текисликда 3 кг массали жисм сирганиб тушмоқда. Жисм қия текисликнинг асосига 2,45 м/сек тезлик билан етиб келади. 1) Жисмнинг текисликка ишқаланиш коэффициентини, 2) ишқаланишда ажралган иссиқликнинг миқдори топилсин. Жисмнинг бошланғич тезлиги нолга тенг.

2. 58. 2т массали автомобиль ҳар 100 м йўлда 4 м баландликка кўтариладиган тоққа чиқмоқда. Ишқаланиш коэффициентини 8% га тенг. Автомобиль двигателининг: 1) 3 км йўл юрганда бажарган иши, 2) шу йўлни 4 мин босиб ўтса, қуввати топилсин.

2. 59. 36 км/соат ўзгармас тезлик билан кетаётган 1 т массали автомобиль двигателининг: 1) горизонтал йўлда кетаётганда, 2) ҳар 100 м йўлда 5 м баландликка кўтариладиган тоққа чиқаётганда, 3) шу қияликдаги тоғдан тушаётганда қандай қувватга эга бўлиши топилсин. Ишқаланиш коэффициентини 0,07 га тенг.

2. 60. Оғирлиги T бўлган автомобиль тоғдан мотори ўчирилган ҳолда 53 км/соат ўзгармас тезлик билан тушмоқда. Тоғ ҳар 100 м йўлда 4 м баландликка кўтариладиган қияликка эга. Шу тоғнинг ўзинга ўшандай тезлик билан кўтарилиш учун автомобилнинг двигатели қандай қувватга эга бўлиши керак?

2. 61. Рельсда турган $P_1 = 10 T$ оғирликдаги платформага $P_2 = 5 T$ оғирликдаги тўп ўрнатилган бўлиб, ундан рельс бўйлаб ўқ отилади. Снаряднинг оғирлиги $P_3 = 100 \text{ кг}$, унинг тўпга нисбатан бошланғич тезлиги $v_0 = 500 \text{ м/сек}$. Агар платформа 1) қўзғалмай турган, 2) ўқ отилган томонга $v_1 = 18 \text{ км/соат}$ тезлик билан ҳаракат қилаётган, 3) ўқ отилишига қарама-қарши томонга $v_1 = 18 \text{ км/соат}$

тезлик билан ҳаракат қилаётган бўлса снаряд отилган пайтдаги платформанинг v_x тезлиги топилсин.

2. 62. 5 кг массали миллиқдан $5 \cdot 10^{-3}$ кг массали ўқ 600 м/сек тезлик билан отилиб чиқади. Миллиқнинг орқага тегиш тезлиги топилсин.

2. 63. 8 км/соат тезлик билан чопиб келаётган 60 кг оғирликдаги одам 2,9 км/соат тезлик билан кетаётган 80 кг оғирликдаги аравачага қувиб етади ва унга сакраб чиқади. 1) Шу пайтда аравача қандай тезлик билан ҳаракат қилади? 2) Агар одам аравачага қарши томондан келиб чиқса, у қандай тезлик билан ҳаракат қилади?

2. 64. 500 м/сек тезлик билан темир йўл бўйлаб горизонтал учиб келаётган 980 м оғирликдаги снаряд 10 Т оғирликдаги қум солинган вагонга тетади ва унга тикилиб қолади. Вагоннинг 1) ҳаракатсиз турган, 2) снаряд йўналишида 36 км/соат тезлик билан ҳаракат қилаётган, 3) снарядга қарама-қарши йўналишда 36 км/соат тезлик билан ҳаракат қилаётган пайтларда олган тезлиги топилсин.

2. 65. 10 м/сек тезлик билан учиб кетаётган граната портлаб иккига парчаланган. Граната оғирлигининг 60% ни ташкил қилган каттароқ парча дастлабки йўналишда, ammo 25 м/сек га тенг тезлик билан ўз ҳаракатини давом эттиради. Кичик парчанинг тезлиги топилсин.

2. 66. Оғирлиги 1 кг жисм 1 м/сек тезлик билан горизонтал ҳаракатланиб, 0,5 кг оғирликдаги жисмни қувиб етади ва у билан эластикмас тўқнашади. 1) Иккинчи жисм ҳаракатсиз тургандаги, 2) иккинчи жисм биринчи жисмнинг йўналишида 0,5 м/сек тезлик билан ҳаракат қилгандаги, 3) иккинчи жисм биринчи жисмга қарама-қарши йўналишда 0,5 м/сек тезлик билан ҳаракат қилгандаги ҳоллар учун жисмларнинг урилишдан кейинги тезликлари топилсин.

2. 67. Муз устида турган 70 кг оғирликдаги конькичи горизонтал йўналишда 3 кг оғирликдаги тошни 8 м/сек тезлик билан улоқтирган. Агар конькиларнинг музга ишқаланиш коэффициентини 0,02 га тенг бўлса, конькичининг қанча масофага сирганиб бориши топилсин.

2. 68. Ҳаракатсиз аравачада турган одам 2 кг массали тошни горизонтал йўналишда олдинга томон улоқтирганда аравача 0,1 м/сек тезлик билан орқага гилдирайди. Аравача билан одамнинг оғирлиги 100 кг га тенг. Отилган тош

нинг ҳаракат бошланишидан $0,5$ сек ўтгандан кейинги кинетик энергияси топилсин. Тошнинг ҳаракатида ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

2. 69. Оғирлиги $F_1 = 2$ кГ жисм $P_2 = 1,5$ кГ оғирликдаги иккинчи жисмга қарама-қарши ҳаракатланиб, у билан эластикмас тўқнашади. Жисмларнинг тўқнашишдан олдинги тезликлари мос равишда $v_1 = 1$ м/сек ва $v_2 = 2$ м/сек га тенг. Агар ишқаланиш коэффициентини $k = 0,05$ га тенг бўлса, тўқнашишдан кейин бу жисмлар қанча вақт ҳаракатланади?

2. 70. Автомат минутига 600 та ўқ чиқаради. Ҳар бир ўқнинг массаси 4 г, унинг бошланғич тезлиги 500 м/сек. Отиш вақтидаги орқага тепишнинг ўртача кучи топилсин.

2. 71. Рельсада оғирлиги $P_1 = 10$ Т бўлган платформа турибди. Платформа устига $P_2 = 5$ Т оғирликдаги тўп ўрнатилган, ундан рельс бўйлаб снаряд отилади. Снаряднинг оғирлиги $P_3 = 100$ кГ, унинг тўпга нисбатан бошланғич тезлиги $v_0 = 500$ м/сек. Қуйидаги ҳолларда: 1) платформа кўзгалмасдан турганда, 2) платформа $v_1 = 18$ км/соат тезлик билан ҳаракат қилиб, отиш платформа ҳаракати йўналишида бўлганда, 3) платформа $v_1 = 18$ км/соат тезлик билан ҳаракат қилиб, отиш платформа ҳаракатига тескари йўналишда бўлганда унинг қандай масофага силжиши топилсин. Платформанинг рельсларга ишқаланиш коэффициентини 0,002га тенг.

2. 72. $5 \cdot 10^8$ кг массали тўпдан отилиб чиққан 100 кГ оғирликдаги снаряднинг кинетик энергияси $7,5 \cdot 10^6$ ж га тенг. Орқага тепиш туфайли тўп қандай кинетик энергияга эга бўлади?

2. 73. 3 м/сек тезлик билан ҳаракатланаётган 2 кГ оғирликдаги жисм 1 м/сек тезлик билан ҳаракатланаётган 3 кГ оғирликдаги жисмни қувиб етиб, унга марказий урилади. Урилиш: 1) эластик, 2) эластикмас бўлганда жисмларнинг тўқнашишдан кейинги тезликлари топилсин. Жисмлар бир тўғри чизиқ бўйлаб ҳаракатланади.

2. 74. Олдинги масаладаги эластик тўқнашишдан сўнгра биринчи жисм тўхтаб қолиши учун, жисмларнинг массалари орасидаги муносабат қандай бўлиши керак?

2. 75. Оғирлиги 3 кГ бўлган жисм 4 м/сек тезлик билан ҳаракатланиб худди шундай оғирликдаги кўзгалмас жисм билан тўқнашади. Тўқнашишни марказий ва элас-

тикмас ҳисоблаб, ўрилишда ажралиб чиққан иссиқлик миқдори топилсин.

2. 76. 2,5 кг массали қўзғалмай турган жисмга 5 кг массали жисм урилгандан кейин у 5 ж кинетик энергия билан ҳаракатланади. Урилишни марказий ва эластик ҳисоблаб, биринчи жисмнинг урилишдан олдинги ва кейинги кинетик энергияси топилсин.

2. 77. Оғирлиги 49 н бўлган жисм 2,5 кг оғирликдаги қўзғалмас жисм билан тўқнашгандан кейин, бу икки жисмлар системасининг кинетик энергияси 5 ж га тенг бўлиб қолган. Урилишни марказий ва эластикмас ҳисоблаб, биринчи жисмнинг урилишдан олдинги кинетик энергияси топилсин.

2. 78. Икки жисм бир-бирига қарама-қарши ҳаракатланиб, эластикмас тўқнашади. Урилишгача биринчи жисмнинг тезлиги $v_1 = 2$ м/сек га, иккинчисиники эса $v_2 = 4$ м/сек га тенг. Урилишдан кейин иккала жисм тезликларининг йўналиши v_1 тезлик йўналишида бўлиб, $v = 1$ м/сек га тенг бўлган. Биринчи жисмнинг кинетик энергияси иккинчи жисмнинг кинетик энергиясидан неча марта катта бўлган?

2. 79. Иккита шар бир-бирига тегиб турадиган қилиб, бир хил ўзуликдаги параллел ипларга осилган. Биринчи шарнинг массаси 200 г, иккинчисиники эса 100 г. Биринчи шарнинг оғирлик маркази 4,5 см баландликка кўтарилгунча оғдирилган ва қўйиб юборилган. Агар тўқнашиш 1) эластик, 2) эластикмас бўлса, шарлар урилишгандан кейин қандай баландликка кўтарилади?

2. 80. Горизонтал учиб келаётган ўқ жуда енгил қаттиқ стерженьга осилган шарга тегади ва унда тиқилиб қолади. Ўқ массаси шар массасидан 1000 марта кичик. Стержень осилган нуқтадан шарнинг марказигача бўлган оралиқ 1 м га тенг. Агар ўқ теккандан кейин шар осилган стержень 10° бурчакка оғса, ўқнинг тезлиги топилсин.

2. 81. Горизонтал учиб келаётган ўқ енгил қаттиқ стерженьга осилган шарга тегади ва унда тиқилиб қолади. Ўқнинг массаси $m_1 = 5$ г ва шарнинг массаси $m_2 = 0,5$ кг. Ўқнинг тезлиги $v_1 = 500$ м/сек. Ўқ теккандан кейин шар айлананинг энг юқори нуқтасига кўтарилиши учун стерженьнинг чегаравий ўзулиги (осилиш нуқтасидан шар марказигача бўлган оралик) қандай бўлиши керак?

2. 82. Өғирлиги $0,5 \text{ кг}$ бўлган ёғоч болға қўзғалмас деворга 1 м/сек тезлик билан урилади. Урилишда тикланиш коэффициентини $0,5$ га тенг деб ҳисоблаб, ажралиб чиққан иссиқлик миқдори топилсин. Жисмнинг урилишдан кейинги тезлигининг урилишдан олдинги тезлигига бўлган нисбати тикланиш коэффициенти деб айтилади.

2. 83. Олдинги масала шартига кўра урилиш вақтида деворга таъсир этувчи кучнинг импульси топилсин.

2. 84. Ёғоч шарча 2 м баландликдан вертикал равишда пастга бошланғич тезликсиз тушади. Шарчанинг полга урилишдаги тикланиш коэффициенти $0,5$ га тенг деб ҳисоблансин. 1) Полга урилгандан кейин шарча қандай баландликка кўтарилганлиги, 2) бу урилишда ажралиб чиққан иссиқлик миқдори топилсин. Шарчанинг массаси 100 г .

2. 85. Пластмассадан қилинган шарча 1 м баландликдан тушиб, полдан бир неча марта сакрайди. Агар шарчанинг полга тушган пайтидан иккинчи урилишигача $1,3 \text{ сек}$ вақт ўтган бўлса, шарчанинг полга урилишидаги тикланиш коэффициенти топилсин.

2. 86. Пўлат шарча $1,5 \text{ м}$ баландликдан пўлат тахтачанинг устига тушиб, ундан $v_2 = 0,75v_1$ тезлик билан сакрайди, бунда v_1 — шарчанинг тахтага урилишдан олдинги тезлиги. 1) Шарча қандай баландликка кўтарилади? 2) Шарча ҳаракатининг бошланишидан тахтага иккинчи марта урилгунча қанча вақт ўтади?

2. 87. Металл шарча $h_1 = 1 \text{ м}$ баландликдан пўлат тахтачанинг устига тушиб, ундан $h_2 = 81 \text{ см}$ баландликкача сакрайди. Шарча материалнинг тикланиш коэффициенти топилсин.

2. 88. $m = 20 \text{ г}$ массали пўлат шарча $h_1 = 1 \text{ м}$ баландликдан пўлат тахтачанинг устига тушиб, ундан $h_2 = 81 \text{ см}$ баландликкача сакрайди. 1) Урилиш вақтида тахтачанинг олган куч импульси, 2) урилишда ажралган иссиқлик миқдори топилсин.

2. 89. Ҳаракатдаги m_1 массали жисм қўзғалмас m_2 массали жисмга урилади. Урилиш эластикмас ва марказий бўлса, урилишда бошланғич кинетик энергиянинг қанча қисми иссиқликка айланади? Масала аввал умумий кўринишда ечилсин, кейин эса 1) $m_1 = m_2$ ва 2) $m_1 = 9m_2$ ҳолатлар кўриб чиқилсин.

2. 90. Ҳаракатдаги m_1 массали жисм қўзғалмас m_2 мас-сали жисмга урилади. Урилиш эластик ва марказий бўлса, урилишда биринчи жисм ўзининг бошланғич кинетик энергиясининг қанча қисмини иккинчи жисмга беради? Масала аввал умумий кўринишда ечилсин, кейин эса. 1) $m_1 = m_2$, 2) $m_1 = 9m_2$ ҳоллар кўриб чиқилсин.

2. 91. Ҳаракатдаги m_1 массали жисм қўзғалмас m_2 мас-сали жисмга урилади. 1) Биринчи жисмнинг марказий эластик урилишда тезлиги 1,5 марта камайган бўлса, масса-ларнинг $\frac{m_1}{m_2}$ нисбати нимага тенг? 2) Агар биринчи жисм-нинг бошланғич W_1 кинетик энергияси 1 кж га тенг бўлса, иккинчи жисм қандай W_2 кинетик энергия билан ҳаракатланади?

2. 92. Нейтрон (массаси m_0) қўзғалмас углерод атоми-нинг ядросига (массаси $m = 12m_0$) урилади. Урилиш эластик ва марказий бўлса, урилишда нейтроннинг кинетик энергияси неча марта камайиши топилсин.

2. 93. Нейтрон (массаси m_0) қўзғалмас: 1) углерод ато-ми (массаси $m = 12m_0$), 2) уран атоми (массаси $m = 235m_0$) нинг ядросига урилади. Урилиш эластик ва марказий бўл-са, урилишда нейтрон ўз тезлигининг қанча қисмини йўқо-тали?

2. 94. Ер ўз ўқи атрофида айланиш натижасида эква-тордаги жисмнинг оғирлиги қанча қисмга камаяди?

2. 95. Экватордаги жисмларнинг оғирлиги бўлмаслиги учун Ерга сутканинг узунлиги қанча бўлиши керак?

2. 96. 5 т массали трамвай 128 м радиусли бурилиш-да 9 км/соат тезлик билан ҳаракатланиб кетаётган бўлса, ғилдиракнинг рельсининг ён томониغا берган босим кучи топилсин.

2. 97. 60 см узунликдаги чилвирга боғланган сув тўл-дирилган челақча вертикал текисликда текис айлантирил-моқда. 1) Энг юқориги нуқтада челақчадаги сув тўкилиб кетмаслиги учун, челақча айланма ҳаракатининг энг кичик тезлиги, 2) шундай тезликда айлананинг энг юқориги ва пастки нуқталаридаги чилвирнинг тараңлиги топилсин. Сувли челақчанинг массаси 2 кг.

2. 98. $l = 50$ см узунликдаги ипга боғланган тош вер-тикал текисликда текис айлантирилмоқда. Агар ипнинг тошдан ўн баробар кўп юк осилганда узилиб кетиши маъ-

лум бўлса, ип узилиши учун тошнинг секундига айланиш сони қанча бўлиши топилсин.

2. 99. Ипга боғланган тош вертикал текисликда теки айлантирилмоқда. Агар ипнинг максимал ва минимал тарап-лик кучининг фарқи 1 кГ га тенглиги маълум бўлса, тошнинг массаси топилсин.

2. 100. 30 см узунликдаги ипга боғланган тош горизонтал текисликда 15 см радиусли айлана чизади. Тошнинг айланма ҳаракати тезлиги минутига қанча айланиш сонига мос келади?

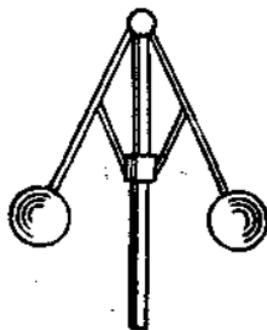
2. 101. 25 см узунликдаги ипга боғланган 50 г масса-ли тош горизонтал текисликда айлана чизади. Тошнинг айланма тезлиги 2 айл/сек га мос келади. Ипнинг тарап-лик кучи топилсин.

2. 102. Диск вертикал ўқ атрофида 30 айл/мин га мос келган тезлик билан айланади. Дискнинг устида айланиш ўқидан 20 см масофада жисм ётибди. Жисм дискдан юм-лаб тушмаслиги учун жисм ва диск орасидаги ишқаланиш коэффициенти қандай бўлиши керак?

2. 103. 900 км/соат тезлик билан учаётган самолёт «ўлим сиртмоғи» ни ҳосил қилади. Учувчининг ўтирган стулига сиқувчи максимал босим кучи 1) учувчининг оғир-лигидан беш марта ортиқ, 2) унинг оғирлигидан ўн марта ортиқ бўлганда «ўлим сиртмоғи»нинг радиуслари қандай бўлади?

2. 104. Горизонтал йўлда 72 км/соат тезликда бораёт-ган мотоциклчи 100 м эгрилик радиус билан бурилади. У бурилишда йиқилиб кетмаслик учун қанча оғиши керак?

2. 105. Трамвай шипига ипга маҳкамлаб шар осилган. Агар вагон $36,4 \text{ м}$ радиусли бурилишда 9 км/соат тезлик билан ҳаракатланса, шарли ип қандай бурчакка оғади?



4-расм.

2. 106. Марказдан қочирма регу-лятор (4-расм) стерженларининг узун-лиги $12,5 \text{ см}$ га тенг. Агар айланма ҳаракатда учига шарлар маҳкамла-ган стерженлар вертикалдан 1) 60° , 2) 30° бурчакка оғса, марказдан қо-чирма регулятор секундига неча мар-та айланади?

2. 107. Йўлнинг 100 м радиусли

бурилиш жойи 10° қияликка эга. Бу бурилиш қандай тезликка мўлжалланган?

2. 108. Илга осилган 1 кг оғирликдаги юк 30° бурчакка оғдирилади. Юк мувозанат вазиятдан ўтаётган пайтдаги ипнинг таранглик кучи топилсин.

2. 109. Бола «гигант қадамлар» ўйнида 16 айл/мин га мос тезлик билан айланади. Арқоннинг узунлиги 5 м . 1) «Гигант қадамлар» арқони вертикал билан қандай бурчак ташкил қилади? 2) Боланинг оғирлиги 45 кг бўлса, арқоннинг таранглик кучи қанча бўлади? 3) Бола қандай чиқиқли тезлик билан айланади?

2. 110. $l = 0,5 \text{ м}$ узунликдаги вазисиз стерженга осилган $m = 1 \text{ кг}$ массали жисм вертикал текисликда тебранади. 1) Стержень вертикалдан қандай α бурчакка оғдирилганда, жисмнинг энг пастки вазиятидаги кинетик энергияси $W_k = 2,45 \text{ ж}$ га тенг бўлади? 2) Оғиш бурчаги шундай бўлганда стерженнинг ўрта вазиятдаги таранглик кучи энг чекка вазиятдаги таранглик кучидан неча марта катта бўлади?

2. 111. Вазисиз стерженга P юк осилган. Юк 90° бурчакка оғдирилади ва қўйиб юборилади. Юк мувозанат вазиятдан ўтаётгандаги стерженнинг таранглик кучи топилсин.

2. 112. Бирор радиусли пўлат сим 300 кг гача юкка чидаш бера олади. Шундай симга 150 кг массали юк осилган. Юк мувозанат вазиятидан ўтаётганда сим узлиб кетмаслиги учун уни энг кўпи билан қандай бурчакка оғдириш керак?

2. 113. $l = 50 \text{ см}$ узунликдаги арқонга боғланган $0,5 \text{ кг}$ оғирликдаги тош вертикал текисликда бир текисда айланмоқда. Айлананинг энг пастки нуқтасида арқоннинг таранглик кучи $T = 44 \text{ н}$ га тенг. Агар тошнинг тезлиги вертикал юқорига йўналган пайтда арқон узлиб кетса, тош қандай баландликка кўтарилади?

2. 114. Горизонтал текисликка ўрнатилган ва $R = 20,0 \text{ м}$ радиус билан эгилган қувурдан сув оқаётир. Марказдан қочирма куч таъсиридаги сувнинг ён босими топилсин. Қувурнинг диаметри $d = 20 \text{ см}$. Қувурнинг кўндаланг қисмидан бир соатда $M = 300 \text{ т}$ сув ўтади.

2. 115. Горизонтал текисликда бурилиш радиуси 10 м бўлган $0,5 \text{ м}$ кенгликдаги каналдан сув оқмоқда. Сувнинг

оқим тезлиги 5 м/сек га тенг. Марказдан қочирма куч таъсиридаги сувнинг ёш босими топилсин.

2. 116. Агар пружинага таъсир қилувчи кучнинг деформацияга пропорционаллиги ва уни 1 см сиқиш учун 29,4 н куч кераклиги маълум бўлса, бу пружинани 20 см сиқишда қанча иш бажарилади?

2. 117. Агар рессоранинг ўртасига бирор юк қўйилганда унинг статик эгилиши $x_0 = 2$ см бўлса, ўша юк таъсирида рессоранинг энг катта эгилиши топилсин. $h = 1$ м баландликдан рессоранинг ўртасига шу юк бошланғич тезликсиз тушса, энг катта бошланғич эгилиш қандай бўлади?

2.118. Акробат тўрга $H_2 = 1$ м баландликдан сакраганда тўрнинг $h_2 = 0,5$ м эгилганлиги маълум. Акробат тўрга $H_1 = 8$ м баландликдан сакраганда полга урилмаслиги учун, тўрни полдан энг камида қандай h_1 баландликда тортиб қўйиш керак?

2. 119. Тарози палласига юк қўйилган. Тарозининг стрелкаси тинчлангандан кейин 5 бўлимни кўрсатган бўлса, дастлабки оғишда стрелка неча бўлимни кўрсатган?

2. 120. Тарози палласига 1 кг юк 10 см баландликдан тушган. Тебраниш тўхтагандан кейин палла 0,5 см пастга тушган. Юк паллага урилган пайтда тарози қанчани кўрсатади?

2. 121. 20 т массали вагон иккала буфери билан деворга урилганда буферларнинг ҳар бири 10 см дан сиқилган бўлса, вагон қандай тезлик билан ҳаракат қилган? Вагон буферларининг ҳар бири 1 Т куч таъсирида 1 см га сиқилади.

2. 122. Рогаткадан отаётган бола резинка шнурни чўзганда, унинг узунлиги 10 см га ортган. Агар резинка шнурни 1 см га чўзиш учун 1 кг куч талаб қилинса, 20 г массали тош қандай тезлик билан отилган? Тошнинг ҳаракатида ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

2. 123. Вертикал осиб қўйилган пружинанинг пастки учига тош боғланган бошқа пружина уланган. Пружиналарнинг деформация коэффициентлари мос равишда k_1 ва k_2 ларга тенг. Пружиналар оғирлигини юкнинг оғирлигига нисбатан ҳисобга олмасдан, бу пружиналар потенциал энергияларининг нисбати топилсин.

2. 124. Параллел иккита бир хил пружинага оғирлиги назарга олинмаса бўладиган стержень осилган. Пружина-

лининг деформация коэффициентлари мос равишда $k_1 = 2 \text{ кг/см}$ ва $k_2 = 3 \text{ кг/см}$ га тенг. Стерженьнинг узунлиги пружиналарнинг оралиги ($L = 10 \text{ см}$) га тенг. Стержень горизонтал вазиятда қолиши учун, юкни унинг қаерига олиш керак?

2. 125. $m = 0,1 \text{ кг}$ массали резинка копток горизонтал йўналишда бирор тезлик билан учиб бориб, қўзғалмас вертикал деворга урилади. Урилишда копток $\Delta t = 0,01 \text{ сек}$ вақт ичида $\Delta x = 1,37 \text{ см}$ га сиқилади. Худди шу Δt вақт ичида копток олдинги шаклига келиб тикланса, урилиш вақтида деворга таъсир қилган ўртача куч топилин.

2. 126. l_0 узунликдаги резинка шнурга боғлаб қўйилган $P = 4,9 \text{ Н}$ оғирликдаги тош горизонтал текисликда айлана чиқади. Тошнинг айланиш тезлиги $v = 2 \text{ ай/сек}$ частотага мос келади. Резинка шнурнинг вертикалдан четланиш бурчани $\alpha = 30^\circ$ га тенг. Резинка шнурнинг дастлабки чўзилмаган l_0 узунлиги топилин. Резинка шнурни $x_1 = 1 \text{ см}$ га чўзиш учун $F_1 = 6,0 \text{ Н}$ куч талаб қилади.

2. 127. $l_0 = 9,5 \text{ см}$ узунликдаги резинка шнурга боғлаб қўйилган $P = 0,5 \text{ кг}$ оғирликдаги юк вертикалдан $\alpha = 90^\circ$ бурракка четлатиб, қўйиб юборилган. Юк мувозанат вазиятидан ўтган пайтдаги резинка шнурнинг l узунлиги топилин. Резинка шнурнинг деформация коэффициенти $k = 1 \text{ кг/см}$ га тенг.

2. 128. $R = 10 \text{ см}$ радиусли копток маркази сувнинг сифидан $H = 9 \text{ см}$ баландликда бўлган ҳолда сувда сузиб юрибди. Коптоқни сувга диаметр текислигигача (ярмигача) боғириш учун қанча иш бажариш керак?

2. 129. $R = 6 \text{ см}$ радиусли шар сиртининг энг юқори қисми сувнинг сиртига уришга ҳолда ташқи куч билан сувда сузиб турилибди. Шар материалининг зичлиги 500 кг/м^3 . Агар шар қўйиб юборилгандан кейин сувда сузиб юриши суяётган бўлса, юқорига кўтарувчи куч қанча иш бажариш?

2. 130. $D = 30 \text{ см}$ диаметрли шар сувда сузиб юрибди. Бу шарни сувга яна $h = 5 \text{ см}$ чуқурроқ ботиришлик учун қанча иш бажариш керак? Шар материалининг зичлиги $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$.

2. 131. Қўшдаланг кесим юзи $S = 1 \text{ м}^2$ ва баландлиги $H = 0,4 \text{ м}$ бўлган муз парчаси сувда сузиб юрибди. Бу

муз парчасини сувга тўлиқ ботирилишлик учун қанча иш бажариш керак?

2. 132. Бир-биридан $r = 10^{-10}$ м масофада турган иккита протоннинг ўзаро тортишиш кучи топилсин. Протоннинг массаси $m = 1,67 \times 10^{-27}$ кг. Протонлар нуқтавий массалар деб олинсин.

2. 133. Диаметрлари $d_1 = 4$ см ва $d_2 = 6$ см бўлган иккита мис шарлар бир-бирига тегиб турибди. Бу системанинг гравитацион потенциал энергияси топилсин.

2. 134. Ер шарининг R радиусини, унинг ўртача ρ zichligini ва Ер сирти яқинидаги оғирлик кучининг g тезланишини (китобнинг илова қисмидаги жадвалларга қаралсин) билган ҳолда тортишиш доимийлиги ҳисоблансин.

2. 135. Ер сиртида оғирлик кучининг тезланиши $g = 9,80$ м/сек² га тенг деб ва китобнинг илова қисмидаги III жадвалда берилганлардан фойдаланиб, қуёш системасидаги планеталарнинг ўртача zichligi жадвали тузилсин.

2. 136. Космик ракета Ойга томон учмоқда. Ой ва Ер марказларини туташтирувчи тўғри чизиқнинг қайси нуқта-сида ракета Ерга ҳам, Ойга ҳам бирдай куч билан тортилади?

2. 137. Ой сиртидаги оғирлик кучининг тезланишини Ер сиртидаги оғирлик кучининг тезланиши билан таққосланг.

2. 138. Ердан Ойга олиб борилган математик маятникнинг тебраниш даври қандай ўзгаради?

Қўрсатма. Математик маятник тебраниш даврининг формуласи 12-§ да келтирилган.

2. 139. Жисм Ернинг сунъий йўлдоши сифатида, унинг атрофида айлана бўйлаб ҳаракат қилиши учун, Ер сиртидан жисмга горизонтал йўналишда берилган тезлик, яъни биринчи космик тезликнинг сон қиймати топилсин.

2. 140. Жисм Ернинг тортишини енгиб, ундан ҳар доим узоқлаб бора олиши учун Ер сиртидан жисмга берилган тезлик, яъни иккинчи космик тезлик топилсин.

2. 141. Ер сиртида оғирлик кучининг тезланиши $g = 980$ м/сек² га тенг деб ва китобнинг илова қисмидаги III жадвалда берилганлардан фойдаланиб, қуёш система-сидаги планеталар сиртидаги биринчи ва иккинчи космик тезликлар учун (км/сек ларда) жадвал тузилсин.

2.142. Ернинг орбита бўйлаб ҳаракатидаги чизиқли тезлиги топилсин. Ернинг орбитаси айлана шаклида деб ҳисоблансин.

2. 143. Ернинг сунъий йўлдоши айлана орбита бўйлаб
1) Ер сиртида (ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин),
2) Ер сиртидан $h_1 = 200$ км ва $h_2 = 7000$ км баландликларда қандай v чизиқли тезлик билан ҳаракатланади? Шундай шартларда Ернинг сунъий йўлдошининг айланиш даври T топилсин.

2. 144. 1) Марказий жисм сиртида айлана орбита бўйлаб айланаётган сунъий йўлдош айланиш даврининг бу жисмнинг ўртача зичлигига боғланишлиги топилсин.
2) 2.135-масаланинг ечилишидан олинган жавоблардан фойдаланиб, қуёш системасидаги планеталар сиртида айлана орбита бўйлаб айланаётган сунъий йўлдошлар айланиш даврининг жадвали тузилсин.

2. 145. Ер сиртидан 200 км баландликда айлана орбита бўйлаб ҳаракатланаётган Ернинг сунъий йўлдошига таъсир қилувчи марказга иштирма тезланиш топилсин.

2. 146. Марс планетасининг Фобос ва Деймос деб аталувчи иккита йўлдоши бор. Булардан бири Марснинг марказидан $R_1 = 9500$ км ораликда, иккинчиси эса $R_2 = 24000$ км ораликда жойлашган. Бу йўлдошларнинг Марс атрофида айланиш даври топилсин.

2. 147. Ернинг сунъий йўлдоши экватор текислигида айлана орбита бўйлаб ғарбдан шарққа томон ҳаракатланади. Йўлдош кузатувчига қўзғалмас тургандек кўриниши учун, у Ер сиртидан қандай баландликда бўлиши керак?

2. 148. Ойнинг сунъий йўлдоши Ой сиртидан 20 км масофада айлана орбита бўйлаб ҳаракатланади. Бу йўлдош ҳаракатининг чизиқли тезлиги ҳамда унинг Ой атрофида айланиш даври топилсин.

2. 149. Ой учун биринчи ва иккинчи космик тезликларининг сон қийматлари топилсин (2.139 ва 2.140-масалаларнинг шартига қаралсин).

2. 150. Жисм оғирлик кучининг тезланиши билан унинг Ер сиртидан баландлиги ўртасидаги боғланиш топилсин. Қандай баландликда оғирлик кучининг тезланиши Ер сиртидаги оғирлик кучи тезланишининг 25% ини ташкил қилади?

2. 151. Ер сиртидан қандай масофада оғирлик кучининг тезланиши 1 м/сек^2 га тенг бўлади?

2. 152. Ер атрофида айлана траектория бўйлаб ҳаракатланаётган Ер сунъий йўлдошининг кинетик энергияси унинг гравитацион потенциал энергиясидан неча марта кичик?

2. 153. Жисмни Ер сиртидан h чуқурликка туширилгандаги оғирлик кучи тезланишнинг ўзгариши топилсин. Қандай чуқурликда оғирлик кучининг тезланиши Ер сиртидаги оғирлик кучи тезланишининг 25% ини ташкил қилади? Ернинг зичлиги ўзгармас деб ҳисоблансин.

Қўрсатма. Ер сиртидан h чуқурликдаги жисм ўзидан юқорида ётган h қалинликдаги шар қатламига ҳеч тортилмайди, чунки шу қатлам айрим қисмларининг тортишиш кучлари ўзаро компенсациялашади.

2. 154. Агар тоғ чўққисидан ва шахтанинг тубида маятникнинг тебраниш даври бир хил бўлса, тоғнинг H баландлиги билан шахтанинг h чуқурлиги орасидаги муносабат қандай?

Қўрсатма. Математик маятник тебраниш даврининг формуласи 12-§ да келтирилган.

2. 155. Совет сунъий планетаси эллиптик орбитасининг катта ярим ўқи Ер орбитасининг катта ярим ўқидан 24 миллион километрга узун бўлса, бу планетанинг Қуёш атрофидан айланиш даври топилсин.

2. 156. Совет сунъий планетасининг орбитаси айлана шаклига яқиндир. Қуёшнинг диаметрини ва унинг ўртача зичлигини билган ҳолда, планетанинг орбитасини айлана ҳисоблаб, унинг чизиқли тезлиги ва Қуёш атрофидаги айланиш даври топилсин. Планетанинг Қуёшдан ўртача оралиги $R = 1,71 \cdot 10^8$ км га тенг.

2. 157. Дунёдаги биринчи Ер сунъий йўлдош орбитасининг катта ўқи иккинчи йўлдош орбитасининг катта ўқидан 800 км га кичик бўлган. Ҳаракатнинг бошларида биринчи йўлдошнинг Ер атрофидаги айланиш даври 96,2 мин га тенг бўлган. 1) Иккинчи Ер сунъий йўлдош орбитасининг катта ўқи, 2) унинг Ер атрофидаги айланиш даври топилсин.

2. 158. Космик кема-йўлдош «Восток-2» нинг Ер сиртидан минимал узоқлиги 183 км ни, максимал узоқлиги 244 км ни ташкил қилади. Космик кеманинг Ер атрофидаги айланиш даври топилсин.

2. 159. r радиусли ингичка симдан қилинган ҳалқа ўз ўқида, марказидан L масофада турган m массали моддий нуқтани қандай куч билан тортади? Ҳалқанинг радиуси R га, сим материалининг зичлиги ρ га тенг.

2. 160. l радиусли мис симдан қилинган ҳалқа берилган. Ҳалқанинг радиуси 20 см га тенг. 1) Ҳалқанинг ўз ўқида, марказидан $L = 0, 5, 10, 15, 20$ см ва 50 см масофада турган $2 g$ массали моддий нуқтани қандай F куч билан тортиши топилсин. F кучининг ифодаларига жадвал тузилсин ва $F = f(L)$ боғланиш графиги чизилсин. 2) Ҳалқа марказидан қандай L_{\max} масофада ҳалқа билан моддий нуқта орасидаги ўзаро таъсир кучи максимал бўлади? 3) Ҳалқа билан моддий нуқта орасидаги ўзаро максимал таъсир кучининг сон қиймати топилсин.

2. 161. Ҳалқа билан моддий нуқтанинг ўзаро таъсир F кучининг ифодаси, моддий нуқта ҳалқа ўқида ва унинг марказидан L_{\max} масофада турганда, максимал қийматга эга бўлади. Ҳалқа марказидан $L = 0,5L_{\max}$ масофада турган ҳалқа билан моддий нуқта орасидаги ўзаро таъсир куч максимал таъсир кучдан неча марта кичик бўлади?

3-§. Қаттиқ жисмларнинг айланма ҳаракати

F кучининг бирор айланиш ўқида нисбатан моменти M қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$M = F \cdot l,$$

бунда l — айланиш ўқидан куч йўналган тўғри чизикқача бўлган масофа.

Моддий нуқтанинг бирор айланиш ўқида нисбатан инерция моменти деб

$$J = mr^2$$

катталikka айтилади, бунда m — моддий нуқтанинг массаси ва r — нуқтанинг ўқдан узоқлиги.

Қаттиқ жисмнинг ўз айланиш ўқида нисбатан инерция моменти қуйидагича бўлади:

$$J = \int r^2 dm,$$

бунда интеграл жисмнинг бутун ҳажми бўйича олинади. Интеграллаб, қуйидаги формулаларни олиш мумкин:

1) яхлит цилиндрнинг (дискнинг) ўз ўқиға нисбатан инерция моменти

$$J = \frac{1}{2} mR^2,$$

бунда R — цилиндрнинг радиуси ва m — унинг массаси;

2) ички радиуси R_1 ва ташқи радиуси R_2 бўлган ковак цилиндрнинг (гардишнинг) ўз ўқиға нисбатан инерция моменти

$$J = m \frac{R_1^2 + R_2^2}{2},$$

юққа деворли ковак цилиндр учун $R_1 \cong R_2 = R$ бўлганлиги учун

$$J \cong mR^2;$$

3) R радиусли бир жинсли шарнинг ўз марказидан ўтувчи ўққа нисбатан инерция моменти

$$J = \frac{2}{5} mR^2;$$

4) l узунликдаги бир жинсли стерженнинг ўртасидан тик равишда ўтган ўққа нисбатан инерция моменти

$$J = \frac{1}{12} ml^2.$$

Агар бирор жисмнинг ўз оғирлик марказидан ўтувчи ўққа нисбатан инерция моменти J_0 маълум бўлса, у ҳолда жисмнинг шу ўққа параллел бўлган ихтиёрый ўққа нисбатан инерция моменти J қуйидаги Штейнер формуласидан топилиши мумкин:

$$J = J_0 + md^2,$$

бунда m — жисмнинг массаси ва d — жисм оғирлик марказидан айланиш ўқиғача бўлган масофа.

Айланма ҳаракат динамикаси асосий қонунининг тенгламаси қуйидагича ифодаланлади:

$$Mdt = d(J\omega),$$

бунда M — инерция моменти J га тенг бўлган жисмга қўйилган куч моменти; ω — жисм айланма ҳаракатининг бурчак тезлиги. Агар $J = \text{const}$ бўлса, у вақтда

$$M = J \frac{d\omega}{dt} = J\epsilon,$$

бунда ϵ — айлантирувчи куч momenti M нинг таъсирида жисмнинг олган бурчак тезлиши.

Айланма ҳаракат қилаётган жисмнинг кинетик энергияси

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2},$$

бунда J — жисмнинг инерция momenti ва ω — унинг бурчак тезлиги.

Илгарилама ҳаракат динамикасининг тенгламалари билан айланма ҳаракат динамикасининг тенгламалари 7-жадвалда таққосланган.

7-жадвал

Илгарилама ҳаракат		Айланма ҳаракат	
Ньютоннинг иккинчи қонуни			
$F \cdot \Delta t = mv_2 - mv_1$		$M \cdot \Delta t = J\omega_2 - J\omega_1$	
ёки	$F = m \cdot a$	ёки	$M = J\epsilon$
Ҳаракат миқдорининг қонуни	сақланиш қонуни	Ҳаракат миқдори моментининг сақланиш қонуни	
	$\Sigma mv = \text{const}$		$\Sigma J\omega = \text{const}$
Иш ва кинетик энергия			
$A = F \cdot S = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$		$A = M \cdot \varphi = \frac{J\omega_2^2}{2} - \frac{J\omega_1^2}{2}$	

Физик маятникнинг кичик тебранишлар даври

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{md \cdot g}},$$

бунда J — маятникнинг айланиш ўқиға нисбатан инерция momenti, m — маятникнинг массаси, d — айланиш ўқидан оғирлик марказигача бўлган масофа, g — оғирлик кучининг тезлиши.

3. 1. Ер шарининг ўз айланиш ўқиға нисбатан инерция momenti ва ҳаракат миқдори momenti топилсин.

3.2. Радиуслари $r_1 = r_2 = 5$ см бўлган иккита шар оғирлиги шарларнинг оғирлигига нисбатан жуда кичик бўлган стержень учига маҳкамланган. Шарлар марказлари орасидаги масофа $R = 0,5$ м. Ҳар бир шарнинг массаси $m = 1$ кг. 1) Стерженьнинг ўртасидан узунлигига тик равишда ўтган ўққа нисбатан бу системанинг J_1 инерция моменти; 2) шарларни массалари марказларида мужассамлашган моддий нуқталар деб ўша ўққа нисбатан бу системанинг J_2 инерция моменти; 3) J_1 катталикини J_2 билан алмаштириб, бу системанинг инерция моментида ҳисоблашда йўл қўйилган $\delta = \frac{J_1 - J_2}{J_2}$ нисбий хатолик топилсин

3.3. $R = 0,2$ м радиусли бир жинсли дискнинг гардишига уринма равишда $F = 98,1$ н ўзгармас куч таъсир қилади. Айланма ҳаракат қилаётган дискка $M_{\text{ишқ}} = 0,5$ кГм ишқаланиш кучининг моменти таъсир қилади. Агар диск ўзгармас $\epsilon = 100$ рад/сек² бурчак тезланиш билан айланаётган бўлса, дискнинг P оғирлиги топилсин.

3.4. 1 м узунликдаги ва 0,5 кГ оғирликдаги бир жинсли стержень вертикал текисликда ўз ўртасидан ўтган горизонтал ўқ атрофида айланмоқда. Агар айлантурувчи момент $9,81 \cdot 10^{-2}$ н·м га тенг бўлса, стержень қандай бурчак тезланиш билан айланади?

3.5. $R = 0,2$ м радиусли $P = 5$ кГ оғирликдаги диск ўз оғирлик марказидан ўтган ўқ атрофида айланмоқда. Диск айланиш бурчак тезлигининг вақтга боғланиши $\omega = A + Bt$ тенглама орқали берилган, бунда $B = 8$ рад/сек². Диск гардишига қўйилган уринма кучнинг катталиги топилсин. Ишқаланиш назарга олинмасин.

3.6. Инерция моменти $J = 63,6$ кг·м² га тенг бўлган маховик $\omega = 31,4$ рад/сек ўзгармас бурчак тезлик билан айланмоқда. Маховик тормозловчи момент таъсирида $t = 20$ сек дан кейин тўхтаса, тормозловчи M момент топилсин.

3.7. 0,5 м радиусли ва $m = 50$ кг массали дисксимон филдиракнинг гардишига 10 кГ уринма куч таъсир қилади. 1) Филдиракнинг бурчак тезланиши топилсин. 2) Куч таъсир қила бошлаганда қанча вақт ўтгач филдиракнинг тезлиги 100 ай/сек га мос келади?

3.8. $R = 0,2$ м радиусли ва $m = 10$ кг массали маховик айлантурувчи қайиш билан моторга уланган. Сирға-

лишсиз ҳаракатланаётган қайишнинг таранглик кучи ўзгармас бўлиб, $T = 14,7$ н га тенг. Ҳаракат бошланишидан $\Delta t = 10$ сек ўтгандан кейин маховик секундига неча марта айланади? Маховик бир жинсли диск деб ҳисоблансин. Ишқалиш назарга олинмасин.

3. 9. Инерция моменти $245 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ га тенг бўлган маховик ғилдирак 20 айл/сек билан айланади. Айлантирувчи моментнинг таъсири тўхтатилгандан бир минут ўтгач ғилдирак тўхтайтиди. 1) Ишқалиш кучининг моменти, 2) айлантирувчи момент таъсири тўхтатилгандан бошлаб то ғилдирак тўхтагунча унинг айланишлар сони топилинсин.

3. 10. $P_1 = 2 \text{ кГ}$ ва $P_2 = 1 \text{ кГ}$ оғирликдаги иккита тош ип билан туташтирилган ва блокка осилган. Блокнинг радиуси $R = 10 \text{ см}$ ва унинг оғирлиги $P = 1 \text{ кГ}$. 1) Тошлар ҳаракатининг a тезланиши; 2) тошлар осилган ипларнинг T_1 ва T_2 таранглик кучлари топилинсин. Блок бир жинсли диск деб ҳисоблансин. Ишқаланиш ҳисобга олинмасин.

3. 11. $M = 9 \text{ кг}$ массали барабанга ип ўралган бўлиб, унинг учига $m = 2 \text{ кг}$ массали юк осилган. Юкнинг тезланиши топилинсин. Барабан бир жинсли цилиндр деб ҳисоблансин. Ишқаланиш ҳисобга олинмасин.

3. 12. $R = 0,5 \text{ м}$ радиусли барабанга ип ўралган, унинг учига $P = 10 \text{ кГ}$ юк осилган. Агар юкнинг пастга $a = -2,04 \text{ м/сек}^2$ тезланиш билан тушаётгани маълум бўлса, барабаннинг инерция моменти топилинсин.

3. 13. Инерция моменти $J = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ га тенг бўлган, $R = 20 \text{ см}$ радиусли барабанга ип ўралиб, унинг учига $P_1 = 0,5 \text{ кГ}$ юк осилган. P_1 юк барабан айлангунча полдан $h_1 = 1 \text{ м}$ баландликда бўлган. 1) Қанча вақтдан кейин юкнинг полга тушиши, 2) юк полга урилган пайтдаги кинетик энергияси, 3) ипнинг таранглик кучи топилинсин. Ишқаланиш ҳисобга олинмасин.

3. 14. Ҳар хил оғирликдаги иккита тош ип билан туташтирилган ва инерция моменти $J = 50 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, радиуси $R = 20 \text{ см}$ бўлган блокка осилган. Блок ишқаланиш билан айланади ва ишқаланиш кучининг моменти $M_{\text{ишқ}} = 98,1 \text{ н} \cdot \text{м}$ га тенг. Агар блокнинг $\varepsilon = 2,36 \text{ рад/сек}^2$ ўзгармас бурчак тезланиши билан айланиши маълум бўлса, ипларнинг блокнинг икки томонидаги $(T_1 - T_2)$ таранглик кучларининг фарқи топилинсин.

3. 15. $P = 1$ кГ оғирликдаги блок столнинг қиррасига маҳкамлашган (1-расм ва 2.31-масалага қаралсин). Оғирликлари $P_1 = P_2 = 1$ кГ га тенг бўлган A ва B тошлар ип билан туташтирилган ва блокка осилган. B жисмнинг столга ишқаланиш коэффициенти $k = 0,1$ га тенг. Блокни бир жинсли диск деб ҳисоблансин. Блокдаги ишқаланиш ҳисобга олинмасин. 1) Юқлар ҳаракатининг α тезланиши, 2) ипларнинг T_1 ва T_2 таранглик кучлари топилсин.

3. 16. 2 кГ оғирликдаги диск горизонтал текисликда 4 м/сек тезлик билан сирғанишсиз думалайди. Дискнинг кинетик энергияси топилсин.

3. 17. 6 см диаметри шар горизонтал текисликда секундида 4 ай/сек билан сирғанишсиз думалайди. Шарнинг массаси 0,25 кг. Шарнинг кинетик энергияси топилсин.

3. 18. Оғирликлари P бир хил бўлган гардиш ва диск сирғанишсиз бир хил v чизиқли тезлик билан думалайди. Гардишнинг кинетик энергияси $W_1 = 4$ кГ/м бўлса, дискнинг W_2 кинетик энергияси топилсин.

3. 19. $v_1 = 10$ см/сек тезлик билан сирғанишсиз думалаётган $m = 1$ кг массали шар деворга урилиб, ундаи $v_2 = 8$ см/сек тезлик билан қайтади. Урилиш вақтида ажралган Q иссиқлик миқдори топилсин.

3. 20. Думалаётган шарнинг айланиши назарга олинамасдан кинетик энергиясини ҳисоблашдаги нисбий хатолик топилсин.

3. 21. Оғирлиги 1 кГ ва диаметри 60 см бўлган диск ўз марказидаги текислигига тик равишда ўтган ўқ атрафида 20 ай/сек билан айланади. Дискни тўхтатиш учун қанча иш бажариш керак?

3. 22. 5 ай/сек га мос келган ўзгармас тезлик билан айданаётган валнинг кинетик энергияси 60 ж га тенг. Шу валнинг ҳаракат миқдори моменти топилсин.

3. 23. $v = 9$ км/соат тезлик билан кетаётган велосипедчининг кинетик энергияси топилсин. Велосипед билан велосипедчининг биргаликда оғирлиги $P = 78$ кГ, иккала гилдиракнинг оғирлиги $P_1 = 3$ кГ га тенг. Велосипед гилдираклари гардиш деб ҳисоблансин.

3. 24. Бола горизонтал йўлда чамбаракни 7,2 км/соат тезлик билан гилдиратади. Чамбарак ўзининг кинетик энергияси ҳисобига, ҳар 100 м йўлда 10 м кўтариладиган қирга қанча масофагача думалаб чиқади?

3. 25. Велосипедчи ўз инерцияси билан (ишқаланишсиз) $R = 3$ м радиусли «ўлим сиртмоғи» шаклидаги йўл бўйлаб ҳаракатланаётганда сиртмоқнинг энг юқори нуқтасидан тушиб кетмаслиги учун, у энг камида қандай H баландликдан тушиши керак? Велосипедчи билан велосипеднинг биргаликда массаси $m = 75$ кг бўлиб, иккала гилдиракнинг массаси $m_1 = 3$ кг га тенг. Велосипеднинг гилдираклари гардиш деб ҳисоблансин.

3. 26. $R = 10$ см радиусли мис шар ўз оғирлик марказидан ўтувчи ўқ атрофида $v = 2$ ай/сек га мос тезлик билан айланади. Шарнинг бурчак тезлигини икки марта ортириш учун қандай иш бажариш керак?

3. 27. Қия текисликдан сирғанимасдан думалаб тушаётган 1) шар, 2) диск ва 3) гардиш оғирлик марказларининг чизиқли тезланишлари топилсин. Қия текислиكنинг қиялиги 30° , ҳамма жисملарнинг бошланғич тезлиги нолга тенг. 4) Топилган тезланишларни шу қия текисликдан ишқалишсиз сирғаниб тушаётган жисмнинг тезланиши билан солиштирилсин.

3. 28. Қия текисликдан сирғанишсиз думалаб тушган 1) шар, 2) диск ва 3) гардиш оғирлик марказларининг чизиқли тезликлари топилсин. Қия текислиكنинг баландлиги $h = 0,5$ м, жисملарнинг бошланғич тезликлари нолга тенг. 4) Топилган тезликларни шу қия текисликда ишқаланишсиз сирғаниб тушаётган жисмнинг тезлиги билан солиштирилсин.

3. 29. Бир хил $R = 6$ см радиусли ва бир хил $P = 0,5$ кг оғирликдаги алюминийдан (яхлит) ва қўроғошндан (ковак) ясалган иккита цилиндр бор. Цилиндрларнинг сирти бир хил бўялган. 1) Цилиндрларнинг қия текислик этагидаги илгариллама тезликларига қараб уларни бир-биридан қандай фарқ қилиш мумкин? 2) Бу цилиндрларнинг инерция моментлари топилсин. 3) Ҳар бир цилиндр қия текисликдан қанча вақтда сирғанишсиз думалаб тушади? Қия текислиكنинг баландлиги $h = 0,5$ м, текислиكنинг қиялик бурчаги $\alpha = 30^\circ$. Ҳар қайси цилиндрнинг бошланғич тезлиги нолга тенг.

3. 30. Гилдирак тормозланиши натижасида текис секинланувчан айланма ҳаракат қилиб, 1 минут давомида ўз тезлигини 300 ай/сек дан 180 ай/мин гача камайтиради. Гилдиракнинг инерция momenti 2 кг·м². 1) Гилдиракнинг

бурчак тезланиши, 2) тормозловчи момент, 3) тормозланиш иши, 4) филдиракнинг шу минут давомидаги айланишлари сони топилсин.

3. 31. Вентилятор 900 *айл/мин* га мос тезлик билан айланади. Вентилятор ўчирилгандан кейин, текис секинлашувчан ҳаракатланиб, тўхтагунча 75 марта айланади. Тормозланиш иши 44,4 ж га тенг. 1) Вентиляторнинг инерция моменти, 2) тормозлаш кучининг моменти топилсин.

3. 32. Инерция моменти $J = 245 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ бўлган маховик филдирак 20 *айл/сек* билан айланади. Филдирак айлантирувчи куч моментининг таъсири тўхтагандан кейин 1000 марта айланиб тўхтади. 1) Ишқаланиш кучининг моменти, 2) айлантирувчи куч моментининг таъсири тўхтатилган пайтдан филдиракнинг тўлиқ тўхташ пайтигача ўтган вақт топилсин.

3. 33. Маховик билан бирга умумий ўққа ўрнатилган шкивнинг гардишига ип ўралган, ипнинг учига 1 *кГ* юк осилган. Шкив билан маховик 60 *айл/мин* мос тезликка эришиш учун юк қанча пастга тушиши керак? Шкив билан маховикнинг инерция моменти $0,42 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, шкивнинг радиуси эса 10 *см* га тенг.

3. 34. $\epsilon = 0,5 \text{ рад/сек}^2$ ўзгармас бурчак тезланиш билан айланаётган маховик филдирак ҳаракат бошланишидан $t_1 = 15 \text{ сек}$ ўтгандан кейин $L = 73,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{сек}$ га тенг ҳаракат миқдори моментига эга бўлади. Ҳаракат бошланишидан $t_2 = 20 \text{ сек}$ ўтгандан кейин филдиракнинг кинетик энергияси топилсин.

3. 35. Маховик $\nu = 10 \text{ айл/сек}$ га мос ўзгармас тезлик билан айланади; унинг кинетик энергияси $W_k = 800 \text{ кГм}$. Маховикни айлантирувчи $M = 50 \text{ н} \cdot \text{м}$ куч моменти унинг бурчак тезлигини қанча вақтдан кейин икки марта оширади?

3. 36. $m = 5 \text{ кг}$ массали дискнинг гардишига уринма $F = 2 \text{ кГ}$ ўзгармас куч қўйилган. Кучнинг таъсири бошлангандан кейин $t = 5 \text{ сек}$ ўтгач диск қандай кинетик энергияга эга бўлади?

3. 37. Юқори учидан ўтувчи ўққа горизонтал осилган бир жинсли стерженнинг пастки учи мувозанат вазиятидан 5 *м/сек* тезлик билан ўтадиган бўлиши учун, стерженни қандай бурчакка оғдириш керак? Стерженнинг узунлиги 1 *м*.

3. 38. Узунлиги 85 *см* бўлган бир жинсли стержень юқори учидан ўтувчи ўққа горизонтал осилган. Стержень

ўқ атрофида тўлиқ айланиши учун унинг пастки учига энг камида қандай тезлик бериш керак?

3. 39. Вертикал ўрнатилган қалам столга қулайди. Қалам қулаб столга теккан пайтдаги унинг 1) ўртаси, 2) юқори учи қандай бурчак ва чизиқли тезликка эга бўлади? Қаламнинг узунлиги 15 см.

3. 40. 100 кг массали горизонтал платформа ўз оғирлик марказидан ўтувчи вертикал ўқ атрофида 10 *айл/мин* билан айланади. Бунда 60 кГ оғирликдаги одам платформанинг чеккасида туради. Агар одам платформанинг четидан марказига ўтиб олса, платформа қандай тезлик билан айланади? Платформани бир жинсли доиравий диск деб, одамни эса моддий нуқта деб ҳисоблансин.

3. 41. Олдинги масала шартидан одам платформанинг чеккасидан унинг марказига ўтганда қандай иш бажаради? Платформанинг радиуси 1,5 м га тенг.

3. 42. Оғирлиги 80 кГ ва радиуси 1 м бўлган горизонтал платформа 20 *айл/мин* га мос бурчак тезлик билан айланади. Платформанинг марказида қўлларини ёйиб, тошларни ушлаган ҳолда одам турибди. Агар одам қўлини тушириб, ўзининг инерция моменти 2,94 $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ дан 0,98 $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ гача камайтирса, платформанинг бир минутдаги айланишлар сони қанча бўлади? Платформа бир жинсли доиравий диск деб ҳисоблансин.

3. 43. Олдинги масала шарида платформа одам билан биргаликда кинетик энергияси неча марта ошади?

3. 44. 100 кг массали ҳаракатсиз платформанинг устида оғирлиги 60 кГ одам турибди. Агар одам айланиш ўқининг атрофида 5 м радиусли айлана бўйлаб платформага нисбатан 4 *км/соат* тезлик билан ҳаракатланса, платформа минутига неча мартадан айлана бошлайди? Платформанинг радиуси 10 м. Платформа бир жинсли доиравий диск деб, одамни моддий нуқта деб ҳисоблансин.

3. 45. Бир жинсли стержень ўзининг юқори учидан ўтувчи горизонтал ўқ атрофида, вертикал текисликда кичик тебранма ҳаракат қилади. Стерженнинг узунлиги $l = 0,5$ м га тенг бўлса, унинг тебраниш даври топилсин.

3. 46. Агар олдинги масалада стерженнинг айланиш ўқи ўзининг юқори учидан 10 см ораликдаги нуқтадан ўтган бўлса, стерженнинг айланиш даври топилсин.

3. 47. Вертикал стерженнинг учларига иккита юк маҳ-

камланган. Бу юкларнинг оғирлик маркази стерженнинг ўртасидан $d = 5$ см пастанда. Агар юк маҳкамланган стержень ўртасидан ўтган горизонтал ўқ атрофида $T = 2$ сек давр билан кичик тебранма ҳаракатланаётган бўлса, стерженнинг узунлиги топилсин. Стерженнинг оғирлиги юкнинг оғирлигига нисбатан назарга олинмасин.

3. 48. 56,5 см диаметри чамбарак девордаги миҳга осилган ва деворга параллел текисликда кичик тебранма ҳаракат қилади. Стерженнинг тебраниш даври топилсин.

3. 49. Илга осилган $D = 4$ см диаметри шарчанинг тебранишини топилганда уш математик маятник деб ҳисоблаш учун ипнинг L узунлиги энг камида қанча бўлиши керак? Бу фарзда хатолик 1% дан ошмаслиги шарт.

3. 50. Бир жиисли шар узунлиги шарининг радиусига тенг бўлган илга осилган. Бу маятникнинг кичик тебраниш даври узунлиги худди шундай айланмиш ўқидан то оғирлик марказигача масофага тенг бўлган математик маятникнинг давридан неча марта катта бўлади?

4-§. Газлар ва суюқликлар механикаси

Идеал сиқилмайдиган суюқликларнинг ҳаракатини аниқлаш учун Бернулли тенгламаси ўринлидир:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh = \text{const.}$$

Бу ерда ρ — суюқликнинг зичлиги, v — трубаининг берилган кесимидаги суюқлик ҳаракатининг тезлиги, h — труба кесимининг бирор сатҳдан баландлиги на p — босим. Кичик тешикдан оқиб чиқаётган суюқликнинг тезлиги Бернулли тенгламасига асосан $v = \sqrt{2gh}$ га тенгдир, бунда h — тешикдан суюқлик сатҳигача бўлган баландлик. Трубаининг ихтиёрий кўндаланг кесимидан тенг ҳажмда суюқлик ўтганлигидан $S_1 v_1 = S_2 v_2$ бўлади, бунда v_1 ва v_2 — кўндаланг кесимининг юзи S_1 ва S_2 бўлган трубаининг иккита кесимидан суюқликнинг тезлиги.

Ёпишқоқ суюқликда (ёки газда) тушаётган кичик радиусли шарчага таъсир қилувчи қаршилик кучи Стокс формуласидан аниқланади:

$$F = 6\pi\eta v.$$

Бунда η — суюқлик ёки газнинг ички ишқаланиш коэффициенти (динамик ёпишқоқлик), r — шарчанинг радиуси, v — унинг ҳаракат тезлиги. Стокс қонуни фақат ламинар ҳаракат учун ўринлидир. Радиуси r ва узунлиги l бўлган капилляр трубадан t вақт ичида ламинар оқиб ўтган суюқликнинг (газнинг) ҳажми Пуазейль формуласидан аниқланади:

$$V = \frac{\pi r^4 \cdot l \cdot \Delta p}{8l\eta},$$

бунда η — суюқликнинг (газнинг) динамик ёпишқоқлиги, Δp — труба учларидаги босимларнинг фарқи.

Суюқлик (газ) ҳаракатининг характери Рейнольдснинг ўлчамсиз сонидан аниқланади:

$$Re = \frac{Dv\rho}{\eta} = \frac{Dv}{\nu},$$

бунда D — атрофидан суюқлик (газ) оқиб ўтаётган жисмнинг чизиқли ўлчамини характерлаб берувчи катталиқдир, v — оқимнинг тезлиги, ρ — зичлик, η — динамик ёпишқоқлик. $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ исбатга кинематик ёпишқоқлик дейлади.

Ламинар ҳаракатнинг турбулент ҳаракатга ўтишидан аниқланадиган Рейнольдс сонининг критик қиймати турли шаклдаги жисмлар учун ҳар хилдир.

4. 1. Трубанинг кўндаланг кесимидан ярим соатда 0,51 кг карбонат ангидрид газини оқиб ўтганлиги маълум бўлса, трубадаги газнинг оқим тезлиги топилсин. Газнинг зичлигини $7,5 \text{ кг/м}^3$ га тенг деб олинсин. Трубанинг диаметри 2 см га тенг*.

4. 2. Цилиндрсimon идишнинг асосида $d = 1 \text{ см}$ диаметри доиравий тешик бор. Идишнинг диаметри $D = 0,5 \text{ м}$. Идишдаги сув сатҳининг пасайиш тезлиги v нинг сув сатҳининг баландлиги h га боғланиши топилсин. $h = 0,2 \text{ м}$ баландлик учун бу тезликнинг сон қиймати топилсин.

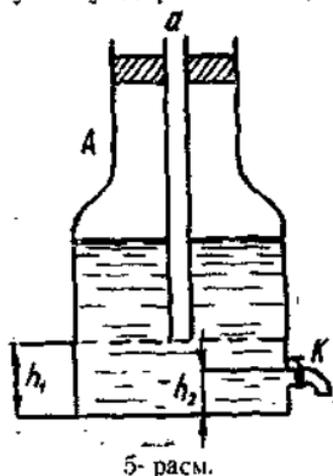
4. 3. Стол устидаги сувли идишнинг ён сиртида идишнинг асосидан h_1 масофада ва сувнинг сатҳидан h_2 масофада жойлашган тешиги бор. Идишдаги сувнинг сатҳи ҳар доим ўзгармас сақланади. Сув жараёни столга (горизонтал бўйлаб) қандай масофада тушади? Масала

* 4.1—4.9- масалаларда суюқлик (газ) ларни сиқилмайдиган идеал суюқликлар деб ҳисоблашсин.

1) $h_1 = 25$ см ва $h_2 = 16$ см; 2) $h_1 = 16$ см ва $h_2 = 25$ см ҳоллар учун ечилсин.

4. 4. Сув тўлдирилган A идиш (Марриотт идиши) оғзи-га маҳкамланган a шиша найча орқали атмосфера билан туташтирилган (5-расм). Тубидан $h_2 = 2$ см баландликда идишнинг K жўмраги бор. Труба a нинг пастки учи идиш тубидан: 1) $h_1 = 2$ см, 2) $h_1 = 7,5$ см ва 3) $h_1 = 10$ см га тенг ораликда бўлган ҳолларда K жўмракдан оқиб чиқаётган сувнинг тезлиги топилсин.

4.5. Баландлиги $h = 1$ м бўлган цилиндрсимон бакка сув тўлдирилган. 1) Бакнинг тубидаги тешикдан қанча вақтда сув тўлиқ оқиб чиқади? Тешикнинг кўндаланг кесим юзи бакнинг кўндаланг кесим юзидан 400 марта кичик. 2) Бу топилган вақтни, бакдаги сувнинг сатҳи тешикдан $h = 1$ м баландликда ўзгармас ҳолда сақланганда (сув тўлдириб турилганда) тешикдан ўшанча сув оқиб тушгунгача кетган вақт билан солиштиринг.

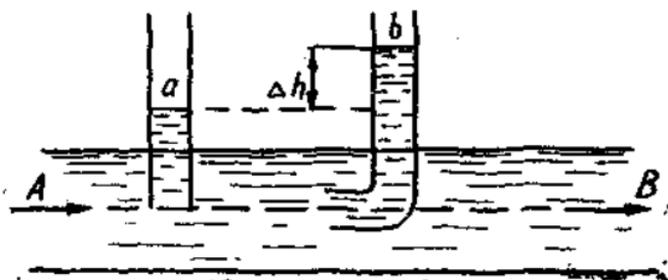


5-расм.

4.6. Идишга ҳар 1 сек да 0,2 л сув қуйила борилади. Бунда идишдаги сувнинг сатҳи $h = 8,3$ см баландликда ўзгармасдан қолиши учун идиш тубидаги тешикнинг d

диаметри қандай бўлиши керак?

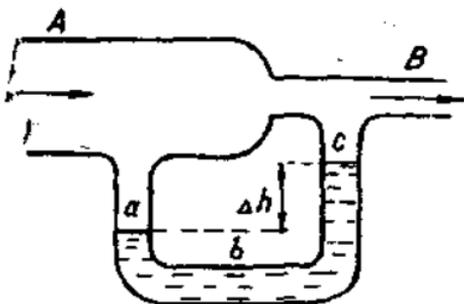
4. 7. Агар бўёқ пультидан 25 м/сек тезлик билан суюқ бўёқ оқиб чиқаётган бўлса, компрессор бўёқ пультида қандай босим ҳосил қилади? Бўёқнинг зичлиги $0,8$ г/см³ га тенг.



6-расм.

4. 8. AB горизонтал трубадан (6-расм) суyoқлик оқмоқда. Диаметрлари бир хил бўлган a ва b трубалардаги бу суyoқлик сатҳининг фарқи $\Delta h = 10$ см га тенг. AB трубадаги суyoқлик оқимининг тезлиги топилсин.

4. 9. AB трубадан ҳар минутда 15 л ҳаво оқиб ўтмоқда (7-расм). AB труба кенг жойининг кўндаланг кесим юзи 2 см² га тенг, тор жойининг ва abc трубанинг кўндаланг кесим юзи эса 0,5 см² га тенг. abc трубага қуйилган сув сатҳининг Δh фарқи топилсин. Ҳавонинг зичлиги 1,32 кг/м³ га тенг деб олинсин.



7-расм.

4. 10. Шарча зичлиги материалининг зичлигидан 4 марта катта зичликли суyoқликнинг ичидан ўзгармас тезлик билан чиқиб келмоқда. Чиқиб келаётган шарчага таъсир қилувчи ишқаланиш кучи, бу шарчанинг оғирлигидан неча марта катта?

4. 11. Динамик ёпишқоқлиги $1,2 \cdot 10^{-4}$ г/см·сек га тенг ҳаводаги $d = 0,3$ мм диаметрли ёмғир томчиси энг кўпи билан қандай тезликка эришади?

4. 12. 1 мм диаметрли пўлат шарча катта идишдаги канакунжут мойига 0,185 см/сек ўзгармас тезлик билан туша боради. Канакунжут мойининг динамик ёпишқоқлиги топилсин.

4. 13. 3 мм ва 1 мм диаметрли қўрғошин питраларининг аралашмаси бакдаги 1 м чуқурликдаги глицеринга ташланган. Кичик диаметрли питралар катта диаметрли питраларга нисбатан бакнинг тубига қанча кейин тушади? Тажриба температурасидаги глицериннинг динамик ёпишқоқлиги 14,7 г/см·сек.

4. 14. Пўкақдан ясалган 5 мм радиусли шарча канакунжут мой тўлдирилган идишнинг тубидан 3,5 см/сек ўзгармас тезлик билан чиқиб келаётган бўлса, тажриба шартига асосан канакунжут мойининг динамик ва кинематик ёпишқоқлиги топилсин.

4. 15. $R = 2$ см радиусли цилиндрик идишнинг ён сиртига ички радиуси $r = 1$ мм ва узунлиги $l = 2$ см бўлган

горизонтал капилляр найча ўрнатилган. Идишга динамик ёпишқоқлиги $\eta = 12$ г/см·сек га тенг канакунжут мойи қуйилган. Цилиндрик идишдаги канакунжут мойи сатҳининг v пасайиш тезлигини капиллярдан мой сатҳигача бўлган h баландликка боғланиши топилсин. $h = 26$ см бўлганда, бу тезликнинг сон қиймати топилсин.

4. 16. Идишнинг ён сиртига ички радиуси $r = 1$ мм ва узунлиги $l = 1,5$ см бўлган капилляр найча ўрнатилган. Идишга тажриба шароитида динамик ёпишқоқлиги $\eta = 1,0$ н·сек/м² га тенг глицерин қуйилган. Идишдаги глицериннинг сатҳи капиллярдан $h = 0,18$ м баландликда ўзгармас ҳолда сақланади. Капиллярдан 5 см³ глицерин оқиб чиқиши учун қанча вақт керак бўлади?

4. 17. Ён сиртига тубидан $h_1 = 5$ см баландликда горизонтал капилляр найча ўрнатилган идиш столнинг устида турибди. Капиллярнинг ички радиуси $r = 1$ мм, узунлиги $l = 1$ см. Идишга зичлиги $\rho = 900$ кг/м³ ва динамик ёпишқоқлиги $\eta = 0,5$ н·сек/м² бўлган машина мойи қуйилган. Идишдаги мойнинг сатҳи капиллярдан $h_2 = 50$ см баландликда ўзгармас ҳолда сақланади. Капиллярнинг учидан мой жараёни столга (горизонтал бўйлаб) қандай ораликда бориб тушиши топилсин.

4. 18. Пўлат шарча кенг идишдаги зичлиги $\rho = 900$ кг/м³ ва динамик ёпишқоқлиги $\eta = 0,8$ н·сек/м² бўлган трансформатор мойида тушиб боради. $Re \leq 0,5$ бўлганда (бунда Re ни ҳисоблашда D катталикининг ўрнида шарнинг диаметри олиш керак) Стокс қонунини ўринли ҳисоблаб, шар диаметрининг чегаравий қиймати топилсин.

4. 19. $Re \leq 3000$ бўлганда (бунда Re ни ҳисоблашда D катталикининг ўрнида трубаининг D диаметри олиш керак) цилиндрик трубадаги суюқлик (ёки газ) ҳаракатининг ламинарлиги сақланади деб ҳисоблаб, 4.1-масаланинг шартини ламинар ҳаракатга мос эканлиги кўрсатилсин. Газнинг кинематик ёпишқоқлигини $\nu = 1,33 \cdot 10^{-6}$ м²/сек га тенг деб олисин.

4. 20. Қувурнинг кўндаланг кесимидан ҳар 1 сек да 200 см³ сув оқиб ўтади. Тажриба шароитида сувнинг динамик ёпишқоқлиги 0,001 н·сек/м² га тенг. Қувур диаметрининг қандай чегаравий қийматида сувнинг ҳаракати ламинарлигича қолади? (Олдинги масаланинг шартига қаралсин.)

МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА ВА ТЕРМОДИНАМИКА

ИССИҚЛИК БИРЛИКЛАРИ

Халқаро бирликлар системасининг (СИ) таркибий қисми (ГОСТ 8550-61) МКСГ системаси иссиқлик катталикларини ўлчаш учун тавсия қилинган. 8-жадвалда иссиқлик катталикларини ўлчаш учун ГОСТ га асосан бу системадаги асосий бирликлар ва муҳим аҳамиятга эга бўлган ҳосиланиш бирликлар келтирилган.

Шунингдек ГОСТ 8550-61 га асосан иссиқлик катталикларини ўлчашда келтирилган системадаги калорияга асосланган бирлигини ҳам қўллаш мумкин (9-жадвал).

Катталикларининг молларда ифодаланган бирликларини ҳосил қилиш учун 8 ва 9-жадвалларда қайд қилинган солиштирма бирликлардаги граммни *грамм-моль (моль)* билан ва килограммни *киломоль (кмоль)* билан алмаштирилади, бунда киломоль учун массаси молекуляр оғирлигига тенг бўлган, килограммларда ифодаланган модданинг миқдори қабул қилингандир.

Масалалар ечишга доир мисоллар

1-масала. Ҳажми 20 л бўлган идишда 27°C температурада 4 г водород бор. Водороднинг босими топилсин.

Ечилиши. Идеал газлар, газнинг V ҳажминини, унинг p босимини, T абсолют температурасини ва M массасини ўз-ара боғловчи Менделеев — Клапейрон тенгламасига бўйсунди:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT. \quad (1)$$

(1) тенгламада R — газ доимийси бўлиб, СИ бирликлар системасида $8,31 \cdot 10^3$ ж/кмол·град га тенг; μ — бир киломоль газнинг массаси, $\frac{M}{\mu}$ — киломоллар сони.

Катталик ва унинг белгиси	Бирлигини аниқлашга имкон берувчи тенглама	Ўлчов бирликлари	Бирликларнинг қисқача белгиси	Катталикнинг ўлчамлиги
Асосий бирликлар				
Узунлик l	—	метр	m	L
Масса m	—	килограмм	kg	M
Вақт t	—	секунд	$сек$	T
Температура T	—	градус	$град$	θ
Ҳосилавий бирликлар				
Иссиқлик миқдори	$Q = A = W$	жоуль	$ж$	LMT^{-2}
Системанинг иссиқлик сифими	$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$	жоуль бўлинган градус	$ж/град$	$L^2MT^{-2}\theta^{-1}$
Системанинг энтропияси	$S = \frac{\Delta Q}{T}$	жоуль бўлинган градус	$ж/град$	$L^2MT^{-2}\theta^{-1}$
Солиштирма иссиқлик сифими	$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$	жоуль бўлинган килограмм градус	$ж/кг \cdot град$	$L^2T^{-2}\theta^{-1}$
Солиштирма энтропия	$s = \frac{S}{m}$	жоуль бўлинган килограмм градус	$ж/кг \cdot град$	$L^2T^{-2}\theta^{-1}$
Фазавий айланишнинг солиштирма иссиқлиги	$q = \frac{Q}{m}$	жоуль бўлинган килограмм градус	$ж/кг$	L^2T^{-2}
Температура градиенти	$град T = \frac{\Delta T}{\Delta l}$	бўлинган метр	$град/м$	$L^{-1}\theta$
Иссиқлик қуввати, иссиқлик оқими	$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$	ватт	$вт$	L^2MT^{-3}
Нурланишнинг сирт зичлиги, иссиқлик оқимининг зичлиги	$q = \frac{\phi}{S}$	ватт бўлинган метр квадрат	$вт/м^2$	MT^{-3}
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти	$\lambda = \frac{Q}{\Delta t \cdot S \cdot \frac{\Delta T}{\Delta l}}$	ватт бўлинган метр градус	$вт/м \cdot град$	$LMT^{-2}\theta^{-1}$
Температура ўтказувчанлик коэффициенти	$a = \frac{\lambda}{\rho}$	метр квадрат бўлинган секунд	$м^2/сек$	L^2T^{-1}
Иссиқлик алмашиш коэффициенти, иссиқлик узатиш коэффициенти	$\alpha = \frac{Q}{S \cdot \Delta t}$	ватт бўлинган метр квадрат градус	$вт/м^2 \cdot гр$	$MT^{-2}\theta^{-1}$

9- жадвал

Катталиги	Ўлчов бирликлари ва унинг СИ системаси бирликлари билан боғланиши
Иссиқлик миқдори	1 калория (кал) = 4,19 ж 1 килокалория (ккал) = 4,19 · 10 ³ ж
Системанинг иссиқлик сирими ва системанинг энтропияси	1 кал/град = 4,19 ж/град 1 ккал/град = 4,19 · 10 ³ ж/град.
Солиштирма иссиқлик сирими ва солиштирма энтропия	1 кал/г·град = 4,19 · 10 ³ ж/кг·град 1 ккал/кг·град = 4,19 · 10 ³ ж/кг·град
Фазавий айланишнинг солиштирма иссиқлиги	1 кал/г = 4,19 · 10 ³ ж/кг 1 ккал/кг = 4,19 · 10 ³ ж/кг
Иссиқлик оқими	1 кал/сек = 4,19 ватт 1 ккал/соат = 1,163 ватт
Иссиқлик оқимининг зичлиги	1 кал/см ² ·сек = 4,19 · 10 ⁴ вт/м ² 1 ккал/м ² ·соат = 1,163 ватт/м ²
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти	1 кал/см·сек·град = 4,19 · 10 ² вт/м·град 1 ккал/м·сек·град = 1,163 вт/м·град

(1) тенгламадан босимни аниқлаймиз:

$$p = \frac{MRT}{\mu V}. \quad (2)$$

Масаланинг шартига асосан $M = 4 \cdot 10^{-3}$ кг, $\mu = 2$ кг/кмоль, $T = 27^\circ\text{C} = 300^\circ\text{K}$, $V = 20$ л = $2 \cdot 10^{-2}$ м³. Бу берилганларни (2) формулага қўйсақ, қуйидагини оламиз

$$p = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 300}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2.$$

(5) жадвалдан фойдаланиб, олинган жавобни бошқа бирликларда ифодалаймиз:

$$p = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 = 1880 \text{ мм сим. уст.} = 2,55 \text{ кг/см}^2 = 2,46 \text{ атм.}$$

2- масала. Агар бирор кўп атомли газнинг нормал шароитда зичлиги $7,95 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^3$ га тенглиги маълум бўлса, газнинг ўзгармас ҳажмдаги солиштирма иссиқлик сифими топилин.

Ечилиши. Ўзгармас ҳажмдаги солиштирма иссиқлик қуйидаги формуладан аниқланади

$$c_V = \frac{R \cdot i}{2\mu}, \quad (1)$$

бунда R — газ доимийси, i — кўп атомли газ молекуласининг эркинлик даражаси ва μ — бир киломоль газнинг массаси. Газ зичлигининг формуласини Менделеев — Клапейрон тенгламасидан осонгина чиқариш мумкин

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{p\mu}{RT}. \quad (2)$$

(1) ва (2) га асосан

$$c_V = \frac{R \cdot i}{2} \cdot \frac{p}{\rho RT} = \frac{p \cdot i}{2\rho T}. \quad (3)$$

Газ нормал шароитда бўлганлиги учун $p = 1 \text{ атм} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$; $T = 0^\circ\text{C} = 273^\circ\text{K}$. Кўп атомли газлар учун $i = 6$. Ундан ташқари масаланинг шартига кўра $\rho = 7,95 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^3 = 0,795 \text{ кг/м}^3$. Бу берилганларни (3) формулага қўйсак $c_V = 1400 \text{ ж/кг} \cdot \text{град}$ ни оламиз.

9- жадвалдан фойдаланиб, олинган натижани $\text{кал/г} \cdot \text{град}$ да ифодалашимиз мумкин.

$$c_V = 1400 \text{ ж/кг} \cdot \text{град} = \frac{1400}{4,19 \cdot 10^3} \text{ кал/г} \cdot \text{град} = 0,334 \text{ кал/г} \cdot \text{град}.$$

5- §. Молекуляр-кинетик назария ва термодинамиканинг физик асослари

Идеал газлар Менделеев — Клапейрон ҳолат тенгламасига бўйсунди:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT,$$

бунда p — газнинг босими, V — унинг ҳажми, T — абсолют температура, M — газнинг массаси, μ — бир киломоль газнинг массаси, R — газ доимийси, $\frac{M}{\mu}$ — нисбат киломоллар сонини бади.

СИ бирликлар системасида газ доимийсининг сон қиймати $R = 8,31 \cdot 10^3$ ж/кмоль·град га тенг.

Дальтон қонунига кўра газ аралашмасининг босими уларнинг порциал босимлари йиғиндисига, яъни ҳар бир газ алоҳида олинганида мавжуд температурада бир ўзи бутун ҳажмни тўлдиргандаги босимлар йиғиндисига тенг бўлади.

Газлар кинетик назариясининг асосий тенгламаси қуйидаги кўринишга эгадир:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{W}_0 = \frac{2}{3} n \frac{m \bar{v}^2}{2},$$

бунда n — ҳажм бирлигидаги молекулаларининг сони, \bar{W}_0 — битта молекула илгарилама ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси, m — молекуланинг массаси ва $\sqrt{\bar{v}^2}$ — молекуланинг ўртача квадратик тезлиги.

Бу катталикларни қуйидаги формулалардан аниқлаш мумкин.

Ҳажм бирлигидаги молекуланинг сони

$$n = \frac{p}{kT},$$

бунда $k = \frac{R}{N_0}$ — Больцман доимийси, N_0 — Авогадро сони. $R = 8,31 \cdot 10^3$ ж/кмоль·град ва $N_0 = 6,02 \cdot 10^{26}$ кмоль⁻¹ бўлганлиги учун, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ ж/град = $1,38 \cdot 10$ эрг/град бўлади.

Молекула илгарилама ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси:

$$\bar{W}_0 = \frac{3}{2} kT.$$

Молекуланинг ўртача квадратик тезлиги:

$$\sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

шу билан бирга

$$m = \frac{\mu}{N_0}.$$

Молекулаларнинг иссиқлик ҳаракат энергияси (газнинг ички энергияси)

$$W = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} RT,$$

бунда i — молекуланинг эркинлик даражаси.

G молекуляр ва s солиштирма иссиқлик сифимлари қуйидагича ўзаро боғлангандир:

$$C = \mu s.$$

Ўзгармас ҳажмдаги газнинг молекуляр иссиқлик сифими

$$C_V = \frac{i}{2} R,$$

ўзгармас босимдаги

$$C_p + C_V = R.$$

Бундан кўринадики, молекуляр иссиқлик сифим газ молекулалари эркинлик даражасининг сони билан тўлиқ аниқланади. Бир атомли газлар учун $i = 3$ бўлиб,

$$C_V = 12,5 \cdot 10^3 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град} \cong 3 \text{ кал/моль} \cdot \text{град},$$

$$C_p = 20,8 \cdot 10^3 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град} \cong 5 \text{ кал/моль} \cdot \text{град}.$$

Икки атомли газлар учун $i = 5$ бўлиб,

$$C_V = 20,8 \cdot 10^3 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град} \cong 5 \text{ кал/моль} \cdot \text{град},$$

$$C_p = 29,1 \cdot 10^3 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град} \cong 7 \text{ кал/моль} \cdot \text{град}.$$

Кўп атомли газлар учун $i = 6$ бўлиб,

$$C_V = 24,9 \cdot 10^3 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град} \cong 6 \text{ кал/моль} \cdot \text{град},$$

$$C_p = 33,2 \cdot 10^3 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град} \cong 8 \text{ кал/моль} \cdot \text{град}.$$

Молекулаларнинг тезликлар бўйича тақсимот қонуни (Максвелл қонуни), нисбий тезликлари u дан $u + \Delta u$ гача бўлган интервалда ётган молекулалар сони ΔN ни топишга имкон беради:

$$\Delta N = \frac{4}{\pi} \cdot N \cdot e^{-u^2} \cdot u^2 \cdot \Delta u,$$

бу ерда $u = \frac{v}{v_0}$ — нисбий тезлик бўлиб, v — берилган тезлик ва $v_0 = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$ — эҳтимоллиги энг катта тезлик. Δu тезлик u га нисбатан кичик бўлган, нисбат тезликларнинг интервал катталиги.

Молекулаларнинг тезликлар бўйича тақсимоғ қонунига масалалар ечишда ҳар хил u учун $\frac{\Delta N}{N \cdot \Delta u}$ нинг қиймати берилган 10- жадвалдан фойдаланиш қулайдир.

10- жадвал

u	$\frac{\Delta N}{N \cdot \Delta u}$	u	$\frac{\Delta N}{N \cdot \Delta u}$	u	$\frac{\Delta N}{N \cdot \Delta u}$
0	0	0,9	0,81	1,8	0,29
0,1	0,02	1,0	0,83	1,9	0,22
0,2	0,09	1,1	0,82	2,0	0,16
0,3	0,18	1,2	0,78	2,1	0,12
0,4	0,31	1,3	0,71	2,2	0,09
0,5	0,44	1,4	0,63	2,3	0,06
0,6	0,57	1,5	0,54	2,4	0,04
0,7	0,68	1,6	0,46	2,5	0,03
0,8	0,76	1,7	0,36		

Молекуланинг ўртача арифметик тезлиги

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$$

Қўпчилик ҳолларда тезлиги берилган u тезликнинг қийматидан ортиқ бўлган молекулаларнинг N_x сонини билиш муҳимдир. 11- жадвалда $\frac{N_x}{N} = F(u)$ нинг қиймати берилган, бунда N — молекулаларнинг умумий сони.

11- жадвал

u	$\frac{N_x}{N}$	u	$\frac{N_x}{N}$
0	1,000	0,8	0,734
0,2	0,994	1,0	0,572
0,4	0,957	1,25	0,374
0,5	0,918	1,5	0,213
0,6	0,868	2,0	0,046
0,7	0,806	2,5	0,0057

Барометрик формула газ босимининг ёғирлик кучи майдонида баландликка қараб камайишини ифодалайди:

$$\rho_h = \rho_0 e^{-\frac{\rho_0 g h}{RT}}$$

бунда p_h — газнинг h баландликдаги босими, p_0 — газнинг $h = 0$ баландликдаги босими, g — оғирлик кучининг тезланиши. Бу формула тақрибийдир, чунки баландликларнинг фарқи катта бўлганда T температурани бир хил деб бўлмайди.

Газ молекуласи эркин югуриш йўлининг ўртача узунлиги

$$\bar{\lambda} = \frac{\bar{v}}{z} = \frac{1}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 \cdot n},$$

бунда \bar{v} — ўртача арифметик тезлик, z — ҳар бир молекуланинг қолган молекулалар билан вақт бирлиги ичида ўртача тўқнашишлар сони, σ — молекуланинг эффектив диаметри ва n — ҳажм бирлигидаги молекулалар сони.

Барча молекулаларни вақт бирлиги ичида бир бирлик ҳажмда умумий тўқнашишлар сони қуйидагига тенг:

$$Z = \frac{1}{2} \bar{z} n.$$

Диффузия натижасида Δt вақт ичида кўчирилган масса M қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$M = -D \frac{\Delta \rho}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot \Delta t,$$

бунда $\frac{\Delta \rho}{\Delta x}$ — юз ΔS га тик йўналишдаги зичлик градиенти ва D — диффузия коэффициентини бўлиб, қуйидагига тенг:

$$D = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda}.$$

Бу ерда \bar{v} — ўртача тезлик, $\bar{\lambda}$ — молекула эркин югуриш йўлининг ўртача узунлиги.

Газнинг Δt вақт ичида кўчирилган ҳаракат миқдори газдаги ички ишқаланишнинг кучи F ни аниқлайди:

$$F = -\eta \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot \Delta S,$$

бунда $\frac{\Delta v}{\Delta x}$ — юз ΔS га тик йўналишдаги газ оқимининг тезлик градиенти, η — ички ишқаланиш коэффициентини (динамик ёпишқоқлик)

$$\eta = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} \rho.$$

Иссиқлик ўтказувчанлик натижасида Δt вақт ичида кўчирилган иссиқлик миқдори қуйидагига тенг

$$Q = -K \frac{\Delta T}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot \Delta t,$$

буида $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ — юз ΔS га тик йўналишдаги температура градиенти, K — иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, у:

$$K = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} c_V \rho$$

га тенг.

Термодинамиканинг биринчи қонуни қуйидаги кўринишда ёзилиши мумкин

$$dQ = dW + dA,$$

бунда dQ — газнинг олган иссиқлик миқдори, dW — газ ички энергиясининг ўзгариши ва $dA = pdV$ газнинг ҳажми ўзгарганда унинг бажарган иши. Газнинг ички энергиясининг ўзгариши

$$dW = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} R dT,$$

бунда dT — температуранинг ўзгариши. Газнинг ҳажми ўзгарганда бажарилган тўла иш

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV.$$

Газнинг ҳажми изотермик ўзгарганда бажарилган иш,

$$A = RT \frac{M}{\mu} \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Адиабатик процесда газ босими билан ҳажмининг ўзаро боғланиши Пуассон тенгламаси билан ифодаланади

$$pV^\chi = \text{const},$$

яъни

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\chi,$$

бунда

$$\chi = \frac{C_p}{C_V}$$

Пуассон тенгламасини қуйидаги кўринишда ҳам ёзиш мумкин

$$TV^{\chi-1} = \text{const},$$

яъни

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\chi-1}$$

ёки

$$T \cdot \rho^{\frac{\chi-1}{\chi}} = \text{const},$$

яъни

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)^{\frac{\chi-1}{\chi}} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1-\chi}{\chi}}$$

Газнинг ҳажми адиабатик ўзгарганда бажарилган иш қуйидаги формуладан топилади:

$$A = \frac{RT_1}{\chi-1} \cdot \frac{M}{\mu} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\chi-1}\right] = \frac{RT_1}{\chi-1} \cdot \frac{M}{\mu} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \frac{P_1 V_1 (T_1 - T_2)}{(\chi-1) T_1},$$

бунда ρ_1 ва V_1 —газнинг T_1 температурадаги босими ва ҳажми.

Политропик процесснинг тенгламаси қуйидаги кўринишда ифодаланади

$$pV^n = \text{const},$$

ёки

$$p_1 V_1^n = p_2 V_2^n,$$

бунда n — политроп кўрсаткичи ($1 < n < \chi$).

Иссиқлик машинасининг фойдали иш коэффициенти

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

бунда Q_1 — ишчи жисмга берилган иссиқлик миқдори ва Q_2 — совитгичга берилган иссиқлик миқдори. Карнонинг идеал цикли учун ф. и. к.

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

бунда T_1 — ишчи жисмнинг температураси, T_2 — совитгичнинг температураси.

B ва A иккита ҳолатдаги энтропиянинг $S_B - S_A$ фарқи қуйидаги формуладан аниқланади:

$$S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T}.$$

5. 1. 2 г азот 2 атм босим остида 820 см³ ҳажми эгалласа, унинг температураси қандай бўлади?

5. 2. 20°C температурада 750 мм сим. уст. босимда 10 г кислород қандай ҳажми эгаллайди?

5. 3. Сигими 12 л бўлган баллонда $8,1 \cdot 10^8$ н/м² босим ва 17°C температурада азот тўлдирилган. Баллонда қанча азот бор?

5. 4. Оғзи маҳкам беркитилган шишадаги ҳавонинг 7°C температурада босими 1 атм. Шиша иситилганда ҳаво босими 1,3 атм га етганда тиқин отилган. Шиша қандай температурагача иситилганлиги топилсин.

5. 5. 6,4 кГ кислород сиғадиган баллон девори 20°C температурада 160 кГ/см² босимга чидаса, унинг энг кичик ҳажми қандай бўлади?

5. 6. Баллонда 10^7 н/м² босимли 10 кг газ бўлган. Баллондаги босим $2,5 \cdot 10^8$ н/м² га тенг бўлиши учун баллондан қанча миқдор азотни олиш керак? Азотнинг температураси ўзгармас деб ҳисоблансин.

5. 7. 27°C температурада 760 мм сим. уст. босимли 25 л олтингугурт газ (SO2) нинг массаси топилсин.

5. 8. Баландлиги 5 м ва полининг юзи 200 м² бўлган аудиториядаги ҳавонинг массаси топилсин. Бинонинг температураси 17°C, босими 750 мм. сим. уст. га тенг. (Бир киломоль ҳавонинг массаси 2,9 кг/моль деб олинсин.)

5. 9. Бинони тўлдириб турган қишдаги (7°C) ҳавонинг оғирлиги ёздаги (37°C) ҳавонинг оғирлигидан неча марта катта? Босим бир хил деб олинсин.

5. 10. 1) 0°C ва 2) 100°C температуралар учун 0,5 г водороднинг изотермалари чизилсин.

5. 11. 1) 29°C ва 2) 180°C температуралар учун 15,5 г кислороднинг изотермалари чизилсин.

5. 12. Газ солинган 10 м³ ҳажмли баллонда 17°C температура ва 720 мм сим. уст. босимда қанча миқдорда киломоль газ бўлади?

5. 13. 4 л ҳажмли ёпиқ идишдаги 20°C температурали 5 г азот 40°C температурагача иситилган. Газнинг иситилишдан олдинги ва кейинги босими топилсин.

5. 14. Ҳавоси сўриб олинган, икки учи кавшарлаб қўйилган горизонтал капиллярнинг ўртасида $l = 20$ см узунлигидаги симоб устуни бор. Агар капиллярни вертикал қилиб қўйилса, симоб устуни $\Delta l = 10$ см силжийди. Капиллярдаги ҳаво қанча босимгача сўриб олинган? Капиллярнинг узунлиги $L = 1$ м.

5. 15. «1 тонна қўрғошин оғирми ёки 1 тонна пўкакми?» деган ҳазил савол ҳаммага маълум. Ҳавода ўлчанганда 1 Т келган пўкакнинг ҳақиқий оғирлиги, ҳавода худди шундай 1 Т келган қўрғошиннинг ҳақиқий оғирлигидан қанча катта экани ҳисоблансин. Ҳавонинг температураси 17°C , босими эса 760 мм сим. уст. га тенг.

5. 16. Водород тўлдирилган 25 см диаметрли болалар шарчасининг натижавий кўтарилиш кучи нолга тенг бўлиши, яъни шарча муаллақ вазиятда бўлиши учун шарча қобиғининг оғирлиги қандай бўлиши керак? Шарнинг ички босими ташқи босимга тенг.

5. 17. 50°C температурада тўйилган сув буғининг эластиклиги 92,5 мм сим. уст. га тенг бўлса, бу буғнинг зичлиги нимага тенг?

5. 18. 15°C температура ва 730 мм сим. уст. босимидаги водороднинг зичлиги топилсин.

5. 19. 10°C температура ва $2 \cdot 10^5$ н/м² босимдаги бирор газнинг зичлиги 0,34 кг/м³ га тенг. Бу газ бир киломолиннинг массаси нимага тенг?

5. 20. Ҳозирги замон лаборатория усуллари билан идишдаги ҳаво сўриб олиниб, у жуда яхши сийраклаштирилган ($p = 10^{-11}$ мм сим. уст.) бўлса, идишдаги ҳавонинг зичлиги нимага тенг? Ҳавонинг температураси 15°C га тенг.

5. 21. 7°C температурали 12 г газ $4 \cdot 10^{-3}$ м³ ҳажмни эгаллайди. Газ ўзгармас босимда иситилганда унинг зичлиги $6 \cdot 10^{-4}$ г/см³ га тенг бўлиб қолган. Газ қандай температурагача иситилган?

5. 22. 10 г кислород 10°C температура ва 3 атм босимда турибди. У ўзгармас босимда қиздирилгандан сўнг кенгайиб, 10 л ҳажмни эгаллайди. Газнинг 1) кенгайгандан олдинги ҳажми, 2) кенгайгандан кейинги температураси.

3) кенгайшдан олдинги зичлиги ва 4) кенгайгандан кейинги зичлиги топилсин.

5. 23. Кавшарланган идиш ҳажмининг ярмигача сув тўлдирилган. 400°C температурада сувнинг тўлиқ буғга айланиши маълум бўлса, бу температурада сув буғининг босими ва зичлиги топилсин.

5. 24. Кислород зичлигининг 1) $T = \text{const} = 390^{\circ}\text{K}$ температурада босимга боғланиш ($0 \leq p \leq 4 \text{ атм}$ интервалда $0,5 \text{ атм}$ дан оралатиб) ва 2) $p = \text{const} = 4 \text{ атм}$ босимда температурага боғланиш ($200^{\circ}\text{K} \leq T \leq 300^{\circ}\text{K}$ интервалда 20° дан оралатиб) графиги чизилсин.

5. 25. Сигими 1 м^3 бўлган берк идишда $0,9 \text{ кг}$ сув ва $1,6 \text{ кг}$ кислород бор. 500°C температурада сувнинг тўлиқ буғга айланиши маълум бўлса, бу температурада идишдаги босим топилсин.

5.26. $V_1 = 3 \text{ л}$ сигимли A идишда $p'_0 = 2 \text{ атм}$ босимда газ бор. $V_2 = 4 \text{ л}$ сигимли B идишда $p''_0 = 1 \text{ атм}$ босимда худди ўшагача газ бор. Иккала идишда ҳам температуралар бир хил. Иккала идиш пайча билан туташтирилса, газ босими қандай бўлади?

5.27. $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ҳажмли идиш 6 г карбонат ангидрид (CO_2) ва 5 г азот (I)-оксиди (N_2O) билан тўлдирилган. 127°C температурада идишдаги умумий босим қандай?

5.28. Идишда 10°C температурада ва 10^6 н/м^2 босимда 14 г азот ва 9 г водород бор. 1) аралашма бир киломолининг массаси, 2) идишнинг ҳажми топилсин.

5.29. Нормал шароитда ҳаво тўлдирилган идишга диэтил эфир ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$) юборилган. Ҳамма эфир буғланиб кетгандан кейин, идишдаги босим 1050 мм с.м. уст. га тенг бўлиб қолган. Идишга қандай миқдорда эфир юборилган? Идишнинг ҳажми $V = 2 \text{ л}$.

5.30. $0,5 \text{ л}$ сигимли идишда 1 г буғсимон мод бор. 1000°C температурада идишдаги босим 700 мм с.м. уст. га тенг бўлган. Шундай шароитда мод молекуласи J_2 нинг мод атомлари J га диссоциацияланиш даражаси топилсин. J_2 нинг бир киломоль массаси 254 кг/кмоль га тенг.

5. 31. Идишда карбонат ангидрид гази бор. Бирор температурада карбонат ангидрид газининг кислородга ва карбон оксидига диссоциацияланиш даражаси 25% га тенг. Бу шароитдаги босим карбонат ангидрид гази молекулала-

ри диссоциацияланмагандаги босимдан неча марта катта бўлади?

5.32. Ҳаво оғирлигининг 23,6% қисми кислороддан ва 76,4% қисми азотдан ташкил топган деб ҳисоблаб, ҳавонинг 750 мм сим. уст. босимда ва 13°C температурадаги зичлиги топилсин. Бу шароитда кислород ва азотнинг порциял босими топилсин.

5.33. Идишда 10 г карбонат ангидрид газдан ва 15 г азотдан иборат аралашма бор. Бу аралашманинг 27°C температура ва $1,5 \cdot 10^5$ н/м² босимда зичлиги топилсин.

5.34. 1) Водород, 2) гелий атомининг массаси топилсин.

5.35. 600 м/сек тезлик билан учиб келаётган азотнинг молекуласи идиш деворига нормал равишда урилиб, ундан тезлигини йўқотмасдан эластик қайтади. Урилиш вақтида идиш деворининг олган куч импульси топилсин.

5.36. 500 м/сек тезлик билан учиб келаётган аргон молекуласи идиш деворига эластик урилади. Молекула тезлигининг йўналиши билан идиш деворига ўтказилган нормал орасидаги бурчак 60° ни ташкил қилади. Урилиш вақтида идиш деворининг олган куч импульси топилсин.

5.37. 430 м/сек тезлик билан учиб кетаётган азот молекуласининг ҳаракат миқдори топилсин.

5.38. 1 г сув буғида қанча молекула бўлади?

5.39. 4 л сифимли идишда 1 г водород бор. Бу идишнинг ҳар 1 см³ ҳажмида қанча молекула бўлади?

5.40. 17°C температура ва 750 мм сим. уст. босимда 80 м³ ҳажмли уйда қанча ҳаво молекуласи бўлади?

5.41. Ҳозирги замон лаборатория усуллари билан идишдаги ҳаво сўриб олиниб, у жуда яхши сийраклаштирилган ($\rho = 10^{-11}$ мм сим. уст.) бўлса, 10°C температурада идишнинг ҳар 1 см³ ҳажмида қанча молекула бўлади?

5.42. Шиша идишда яхши вакуум олиш учун адсорбцияланган газни чиқаришда идиш деворларини қиздириш зарурдир. Агар адсорбцияланган газ молекулалари идиш деворидан идиш ичига ўтса, у ҳолда $r = 10$ см радиусли сферик идишдаги босимнинг қанчага ортиши ҳисоблансин. Адсорбция қатламини мономолекуляр қатлам деб, молекулашнинг кўндаланг кесим юзини эса 10^{-16} см² деб олинсин. Температура $t = 300^\circ\text{C}$.

5. 43. Агар иоднинг диссоциация даражаси 50% бўлса, унинг 1 г буғида қанча заррача бўлади? Иод I_2 нинг бир киломоль массаси 254 кг/кмоль га тенг.

5. 44. Ярмиси диссоциацияланган 16 г кислородда қанча заррача бўлади?

5. 45. Идишда 10^{-10} кмоль кислород ва 10^{-6} г азот бор. Аралашманинг температураси 100°C га тенг. Бунда идишдаги босим 10^{-3} мм сим. уст. га тенг. 1) Идишнинг ҳажми, 2) кислород ва азотнинг парциал босими, 3) идишнинг ҳар 1 см³ ҳажмидаги молекулалар сони топилсин.

5. 46. Ҳавони бир киломолининг массаси $\mu = 29$ кг/кмоль га тенг бўлган бир жинсли газ деб ҳисоблаб, 17°C температурада ҳаво молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги топилсин.

5. 47. Бир хил температурадаги гелий ва азот молекулалари ўртача квадратик тезликларининг нисбати топилсин.

5. 48. Атом бомбаси портлаш пайтида температура тахминан 10^6C градусгача кўтарилади. Бундай температурада ҳамма молекулаларни атомларга диссоциацияланган, атомларни эса ионлашган ҳисоблаб, водород ионининг ўртача квадратик тезлиги топилсин.

5. 49. Агар 200 мм сим. уст. босимда водород молекуласининг ўртача квадратик тезлиги 2400 м/сек га тенг бўлса, бу шароитда 1 см³ ҳажмдаги водород молекулаларининг сони топилсин.

5. 50. Бирор газнинг зичлиги $6 \cdot 10^{-2}$ кг/м³ га, молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги эса 500 м/сек га тенг. Газнинг идиш деворига таъсир қилган босими топилсин.

5. 51. Ҳаводаги муаллақ чанг ўртача квадратик тезлиги ҳаво молекуласининг ўртача квадратик тезлигидан нечамарта кам? Чангнинг массаси 10^{-8} г. Ҳавони бир киломолининг массаси 29 кг/кмоль га тенг бўлган бир жинсли газ деб ҳисоблансин.

5. 52. 20°C температурада водород молекуласининг ҳаракат миқдори топилсин. Молекуланинг тезлигини ўртача квадратик тезликка тенг деб ҳисоблансин.

5. 53. 2 л ҳажмли идишда 680 мм сим. уст. босимли 10 г кислород бор: 1) газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги, 2) идишдаги молекулаларнинг сони, 3) газнинг зичлиги топилсин.

5. 54. $D = 1$ мкм диаметри гуммигут заррачалари Брун ҳаракатида иштирок қилади. Гуммигутнинг зичлиги $\rho = 1$ г/см³ · $t = 0^\circ\text{C}$ температурада гуммигут заррачаларининг ўртача квадратик тезлиги топилсин.

5. 55. Бирор газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги 450 м/сек га тенг. Газнинг босими $5 \cdot 10^4$ н/м² га тенг. Бу шароитда газнинг зичлиги топилсин.

5. 56. 1) 750 мм сим. уст. босимда зичлиги $8,2 \cdot 10^{-5}$ г/см³ га тенг бўлган газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги топилсин. 2) Агар зичлиқнинг бу қиймати 17°C температура учун берилган бўлса, бу газнинг бир киломоль массаси нимага тенг?

5. 57. Нормал шароитда бирор газнинг ўртача квадратик тезлиги 461 м/сек га тенг. Бу газнинг 1 г даги молекулаларининг сони қанча?

5. 58. 10°C температурада 20 г кислороднинг иссиқлик ҳаракат энергияси нимага тенг? Бу энергиянинг қанча қисми молекулаларнинг илгарилама ҳаракатига ва қанча қисми айланма ҳаракатига тўғри келади?

5. 59. 15°C температурада ҳавонинг 1 г даги молекулалари иссиқлик ҳаракатининг кинетик энергияси топилсин. Ҳавонинг бир киломолининг массаси 29 кг/кмоль га тенг бўлган бир жипсли газ деб ҳисоблансин.

5. 60. 7°C температурада 1 кг даги азот молекулаларининг айланма ҳаракатининг кинетик энергияси нимага тенг?

5. 61. $1,5 \cdot 10^5$ н/м² босимда бўлган 2 л ҳажмли идишдаги икки атомли газ молекулалари иссиқлик ҳаракатининг энергияси нимага тенг?

5. 62. $0,02$ м³ ҳажмли баллондаги азот молекулалари илгарилама ҳаракатининг кинетик энергияси $5 \cdot 10^3$ ж га, ўртача квадратик тезлиги эса $2 \cdot 10^3$ м/сек га тенг. 1) Баллондаги азотнинг миқдори, 2) азот қандай босимда бўлганлиги топилсин.

5. 63. Гелийнинг атомлари Ернинг тортиш кучини енгиб, Ер атмосферасини абадий ташлаб кетиши учун гелий атомлари иссиқлик ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси қандай температурада етарлича бўлади? Шунга ўхшаш масала Ой учун ечилсин.

5. 64. $\rho = 8 \cdot 10^4$ н/м² босимда зичлиги $\rho = 4$ кг/м³ бўлган 1 кг икки атомли газ бор. Бу шароитда газ молекулалари иссиқлик ҳаракатининг энергияси топилсин.

5. 65. $p = 40$ мм с.м. уст. босимда ва $t = 27^\circ\text{C}$ температурада $V = 10$ см³ ҳажми эгаллаган икки атомли газ молекулаларининг сони қанча? Бу молекулаларининг иссиқлик ҳаракати энергияси қанча?

5. 66. 1) $V = \text{const}$ ва 2) $p = \text{const}$ бўлганда кислороднинг солиштирма иссиқлик сифими топилсин.

5. 67. Ўзгармас босимда қуйидаги газларнинг: 1) водород хлорид, 2) неон, 3) азот икки оксиди, 4) углевод оксиди ва 5) симоб буғинининг солиштирма иссиқлик сифимлари топилсин.

5. 68. Ўзгармас босимда кислород учун солиштирма иссиқлик сифимининг ўзгармас ҳажмдаги солиштирма иссиқлик сифимига нисбати топилсин.

5. 69. Бирор икки атомли газнинг ўзгармас босимда солиштирма иссиқлик сифими $3,5$ кал/г·град га тенг. Бу газ бир киломолининг массаси нимага тенг?

5. 70. Агар бирор икки атомли газнинг нормал шароитда зичлиги $1,43$ кг/м³ бўлса, бу газнинг c_V ва c_p солиштирма иссиқлик сифимлари нимага тенг?

5. 71. Агар бирор газ бир киломолининг массаси $\mu = 30$ кг/кмоль га тенглиги ва унинг учун $\frac{c_p}{c_V} = 1,4$ нисбати маълум бўлса, газнинг c_V ва c_p солиштирма иссиқлик сифими топилсин.

5. 72. Қалдиروق газ (водород билан кислороднинг портловчи аралашмаси)нинг иссиқлик сифими шу газ ёнганда ҳосил бўлган сув буғинининг иссиқлик сифимидан неча марта катта? Масала: 1) $V = \text{const}$, 2) $p = \text{const}$ ҳолатлар учун ечилсин.

5. 73. Агар кислороднинг ўзгармас босимда солиштирма иссиқлик сифими 1050 ж/кг·град га тенг бўлса, унинг диссоциация даражаси нимага тенг?

5. 74. Диссоциация даражаси 50% га тенг бўлса, бугсимон иоднинг c_V ва c_p солиштирма иссиқлик сифимлари топилсин. Иод J_2 нинг бир киломоль массаси 254 кг/кмоль га тенг.

5. 75. Агар азот учун $\frac{c_p}{c_V}$ нисбатнинг $1,47$ га тенглиги маълум бўлса, унинг диссоциация даражаси нимага тенглиги топилсин.

5. 76. 3 кмоль аргон ва 2 кмоль азотдан иборат бўл-

ган газ аралашмасининг ўзгармас босимда солиш тирма иссиқлик сифими топилсин.

5. 77. 8 г гелий ва 16 г кислороддан иборат бўлган газ аралашмаси учун $\frac{c_p}{c_v}$ нисбат топилсин.

5. 78. Бир киломоль кислород ва бир неча киломоль аргондан иборат бўлган газ аралашмасининг ўзгармас ҳажмда солиш тирма иссиқлик сифими 430 *ж/кг·град* га тенг. Газ аралашмасида аргондан қанча миқдор бор?

5. 79. 10°C температурада 10 г кислород $3 \cdot 10^5$ н/м² ўзгармас босимда иситилгандан кейин газ кенгайиб 10 л ҳажмни эгаллайди. 1) Газнинг олган иссиқлик миқдори, 2) газ молекулаларининг иситилгандан олдинги ва кейинги иссиқлик ҳаракати энергияси топилсин.

5. 80. 2 л ҳажмли ёпиқ идишда 10°C температурада 12 г азот бор. Иситилгандан кейин идишдаги босим 10⁴ мм сим. уст. га тенг бўлган. Иситишда газга қанча иссиқлик миқдори берилган?

5. 81. 10⁵ н/м² босимда 2 л азот бор. 1) $p = \text{const}$ бўлганда, унинг ҳажмини икки барабар орттириш учун, 2) $V = \text{const}$ бўлганда, унинг босимини икки марта орттириш учун қанчадан иссиқлик миқдори бериш керак?

5. 82. Ёпиқ идишда 27°C температура ва 10⁵ н/м² босимда 14 г азот бор. Иситилгандан кейин идишдаги босим 5 марта ортган. 1) Газнинг қандай температурага иситилганлиги, 2) идишнинг ҳажми, 3) газга берилган иссиқлик миқдори топилсин.

5. 83. 12 г кислородни ўзгармас босимда 50°C га иситиш учун қанча иссиқлик миқдори сарфлаш керак?

5. 84. 40 г кислородни 16°C дан 40°C гача иситиш учун 150 кал иссиқлик сарф бўлган. Газ қандай шароитда иситилган? (Ўзгармас ҳажмда ёки ўзгармас босимдами?)

5. 85. Ёпиқ идишда 10⁵ н/м² босимда 10 л ҳаво бор. Идишдаги босимни 5 марта орттириш учун ҳавога қанча иссиқлик бериш керак?

5. 86. 1) 0,053 ккал иссиқлик миқдори бериб, карбонат ангидриднинг қанча миқдорини 20°C дан 100°C гача иситиш мумкин? 2) Бунда битта молекуланинг кинетик энергияси қанча ортади? Иситиш вақтида газ $p = \text{const}$ босимда кенгайди.

5. 87. $V = 2$ л ҳажмли ёпиқ идишда зичлиги $\rho = 1,4$ кг/м³ га тенг азот бор. Шу шароитда азотни $\Delta t = 100^\circ$ га иситиш учун унга қанча Q иссиқлик миқдори бериш керак?

5. 88. 3 л ҳажмли ёпиқ идишда 3 атм босимда 27°C температурали азот бор. Иситилгандан кейин идишдаги босим 25 атм гача кўтарилган. 1) Иситилгандан кейинги азотнинг температураси, 2) азотга берилган иссиқлик миқдори топилсин.

5. 89. Бирор миқдордаги газни ўзгармас босимда 50° га иситиш учун 160 кал иссиқлик миқдори сарф қилиш керак. Агар шу миқдордаги газни ўзгармас ҳажмда 100° га совитилса, 240 кал иссиқлик миқдори ажралади. Бу газ молекулалари қандай сонли эркинлик даражасига эга бўлади?

5. 90. Ёпиқ идишда 7°C температурали 10 г азот бор. 1) Азот молекуласининг ўртача квадратик тезлигини икки барабар орттириш учун унга қанча иссиқлик бериш керак? 2) Бунда температура неча марта ортади? 3) Бунда газнинг идиш деворига бўлган босими неча марта ортади?

5. 91. 2 л ҳажмли ёпиқ идишда 10^6 н/м² босимда 20°C температурали гелий бор? 1) Гелий температурасини 100° га орттириш учун унга қанча иссиқлик миқдори бериш керак? 2) Янги температурада газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги қандай бўлади? 3) Босим қандай бўлиб қолади? 4) Гелий зичлиги қандай бўлади? 5) Унинг молекулалари иссиқлик ҳаракатининг энергияси қандай бўлади?

5. 92. Нормал шароитда 2 л ҳажмли ёпиқ идишда m грамм азот ва m грамм аргон бор. Бу газ аралашмасини 100° га иситиш учун унга қанча иссиқлик миқдори бериш керак?

5. 93. 300 мм сим. уст. босимда зичлиги 0,3 г/л бўлган газ молекулаларининг ўртача арифметик, ўртача квадратик ва эҳтимоллиги энг катта тезликлари топилсин.

5. 94. Қандай температурада азот молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги уларнинг эҳтимоллиги энг катта тезлигидан 50 м/сек га ортиқ бўлади?

5. 95. 0°C да кислород молекулаларининг қанча қисми 100 м/сек дан 110 м/сек гача оралиқдаги тезликларга эга бўлади?

5. 96. 150°C да азот молекулаларининг қанча қисми 300 м/сек дан 325 м/сек гача ораллиқдаги тезликларга эга бўлади?

5. 97. 0°C да водород молекулаларининг қанча қисми 2000 м/сек дан 2100 м/сек гача ораллиқдаги тезликларга эга бўлади?

5. 98. Тезликлари $\sqrt{v^2}$ дан $\sqrt{v^2 + \Delta v}$ интервалда ётган молекулаларнинг ΔN_1 сони тезликлари v_1 дан $v_1 + \Delta v$ интервалда ётган молекулаларнинг сони ΔN_2 дан неча марта кичик?

5. 99. T температурада азот молекулаларининг қандай қисми $v_1 + \Delta v$ интервалдаги тезликларга эга бўлади, бунда $\Delta v = 20$ м/сек? Масала: 1) $T = 400^{\circ}\text{K}$ ва 2) $T = 900^{\circ}\text{K}$ учун ечилсин.

5. 100. $t = 150^{\circ}\text{C}$ температурада азот молекулаларининг қандай қисми $v_1 = 300$ м/сек дан $v_2 = 800$ м/сек интервалдаги тезликларга эга бўлади?

5. 101. Молекулалар N умумий сонининг қандай қисми: 1) эҳтимоллиги энг катта тезликдан катта тезликларга, 2) эҳтимоллиги энг катта тезликдан кичик тезликларга эга бўлади?

5. 102. Баллонда 2,5 г кислород бор. Тезликлари ўртача квадратик тезликдан катта бўлган кислород молекулаларининг сони топилсин.

5. 103. Идишда 1600°K температурали 8 г кислород бор. Илгарилама ҳаракатининг кинетик энергияси $W_0 = 6,65 \cdot 10^{-20}$ ж дан юқори бўлган кислород молекулаларининг сони қандай?

5. 104. Зарядли заррачанинг энергияси кўпинча электрон-вольтларда ўлчанади. 1 электрон-вольт (1 эв) — электроннинг потенциаллар айирмаси 1 в бўлган электр майдонидан ўтганда олган энергиясидир. 1 эв $= 1,6 \cdot 10^{-19}$ ж эканлигини кўрсатиш мумкин (15-бетдаги 5-жадвалга қараи). 1) Қандай температурада молекулалар илгарилама ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси 1 эв га тенглиги, 2) қандай температурада ҳамма молекулалар 50% ининг илгарилама ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси 1 эв дан юқори бўлишлиги топилсин.

5. 105. Калий атомларининг ионизация иши 10^6 ккал/кг·атом га тенг. Илгарилама ҳаракатдаги барча газ молекулалари 10% ининг энергияси калийнинг битта атомини

ионизациялаш учун зарур бўлган энергиядан қандай температурада катта бўлишлиги топилсин.

5. 106. Энг баланд совет космик станцияси Арманистондаги Алагёс тоғида 3250 м баландликда жойлашган. Ҳавонинг шу баландликдаги босими топилсин. Ҳавонинг температураси ўзгармас ва 5°C га тенг деб ҳисоблансин. Бир киломоль ҳавонинг массасини 29 кг/кмоль га тенг деб олинсин. Денгиз сатҳидаги ҳавонинг босими 760 мм см. уст. га тенг.

5. 107. Қандай баландликда ҳавонинг босими денгиз сатҳидаги босимнинг 75% ини ташкил қилади? Температура ўзгармас ва 0°C га тенг деб ҳисоблансин.

5. 108. Пассажир самолёти 8300 м баландликда учади. Пассажирларни кислород маскаси билан таъминламаслик учун компрессор ёрдамида 2700 м баландликдаги босимга тенг доимий босим тутиб турилади. Кабина ичидаги ва ташқаридаги босимларнинг фарқи топилсин. Ташқи ҳавонинг ўртача температураси 0°C деб қабул қилинсин.

5. 109. Олдинги масалада ташқи ҳавонинг температураси -20°C ва кабинанинг ички температураси $+20^{\circ}\text{C}$ бўлса, бу ҳолда кабинадаги ҳавонинг зичлиги ташқи ҳавонинг зичлигидан неча марта катта бўлади?

5. 110. 1 м^3 ҳавонинг: 1) Ернинг сиртида, 2) Ер сиртидан 4 км баландликда оғирлиги қанча? Ҳавонинг температурасини ўзгармас ва 0°C га тенг деб олинсин. Ер сиртида ҳавонинг босими 10^5 н/м^2 га тенг.

5. 111. Қандай баландликда газ денгиз сатҳидаги зичлигининг 50% зичлигидек зичликка эга бўлади? Температурани ўзгармас ва 0°C га тенг деб ҳисоблансин. Масалани: 1) ҳаво ва 2) водород учун ечинг.

5. 112. Перрен микроскоп ёрдамида муаллақ гуммигут заррачалар концентрациясининг баландликка қараб ўзгаришини кузатади ва барометрик формулани қўллаб, экспериментал равишда Авогадро сонининг қийматини топди. Перрен тажрибаларидан бирида қатламларнинг ораси 100 $\mu\text{м}$ бўлганда пастки қатламдаги муаллақ гуммигут заррачаларнинг сони юқори қатламдагидан икки марта кўп эканлигини аниқлади. Гуммигутнинг температураси 20°C , $0,3 \cdot 10^{-4}$ см диаметрли гуммигут заррачалари зичлиги заррачалар зичлигидан $0,2 \text{ г/см}^3$ га кам бўлган су-

юқликка аралаштирилган. Бу берилганларга асосан Авогадро сони топилсин.

5.113. 100°C температура ва $0,1$ мм с.м. уст. босимда карбонат ангидрид молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли аниқлансин. Карбонат ангидрид молекуласининг диаметрини $3,2 \cdot 10^{-8}$ см га тенг деб олинсин.

5.114. Ернинг учинчи совет сунъий йўлдошига ўрнатилган ионизацион манометр ёрдамида Ер сиртидан 300 км баландликдаги атмосферанинг 1 см³ ҳажмида бир миллиардга яқин газ заррачалари мавжудлиги аниқланди. Шу баландликдаги газ заррачаларининг ўртача эркин югуриш йўли топилсин. Заррачаларнинг диаметрини $2 \cdot 10^{-10}$ м га тенг деб олинсин.

5.115. Нормал шароитда ҳаво молекуласининг ўртача эркин югуриш йўли топилсин. Ҳаво молекуласининг диаметрини шартли ҳолда $3 \cdot 10^{-8}$ см га тенг деб олинсин.

5.116. Агар 100°C температурада карбонат ангидрид молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $8,7 \cdot 10^{-2}$ см га тенг бўлса, молекулаларнинг 1 сек даги ўртача тўқнашишлари сони топилсин.

5.117. $t = 27^{\circ}\text{C}$ температура ва $p = 400$ мм с.м. уст. босимда азот молекулаларининг 1 сек даги ўртача тўқнашишлар сони топилсин.

5.118. Нормал шароитда $0,5$ л ҳажмли идишда кислород бор. Бу ҳажмдаги кислород молекулаларининг 1 сек даги ўзаро тўқнашишларининг умумий сони топилсин.

5.119. Агар икки атомли газнинг ҳажми адиабатик равишда 2 баравар орттирилса, газ молекулаларининг 1 сек даги тўқнашишлар сони неча марта камаяди?

5.120. 17°C температура ва 10^4 н/м² босимда азот молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли топилсин.

5.121. Гелий зичлиги $\rho = 2,1 \cdot 10^{-2}$ кг/м³ бўлганда гелий атомларининг ўртача эркин югуриш йўли топилсин.

5.122. $t = 50^{\circ}\text{C}$ температура ва $p = 10^{-3}$ мм с.м. уст. босимда водород молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли топилсин.

5.123. 0°C температура ва бирор босимда кислород молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $9,5 \cdot 10^{-8}$ м га тенг. Агар ўзгармас температурада идишдаги кислороднинг бир қисмини насос билан дастлабки босимнинг $0,01$ мм қисмига тенг бўлганга қадар сўриб олинса, кислород моле-

кулаларининг 1 сек даги ўртача тўқнашишлари сони нимага тенг?

5. 124. Маълум бир шароитда газ молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $1,6 \cdot 10^{-7}$ м га ва ўртача арифметик тезлиги эса $1,95$ км/сек га тенг. Агар берилган температурада газнинг босимини $1,27$ марта камайтирилса, бу газ молекулаларининг 1 сек даги ўртача тўқнашишлар сони нимага тенг бўлади?

5. 125. 100 см³ ҳажмли колбада $0,5$ г азот бор. Шу шароитда азот молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли топилсин.

5. 126. Идишда зичлиги $\rho_1 = 1,7$ кг/м³, шу шароитда молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $\bar{\lambda} = 7,9 \times 10^{-6}$ см га тенг бўлган карбонат ангидрид газни бор. Карбонат ангидрид газни молекулаларининг σ диаметри топилсин.

5. 127. 10°C температура ва 1 мм сим. уст. босимда азот молекулаларининг иккита кетма-кет тўқнашишлари орасидаги ўртача вақт топилсин.

5. 128. Идишдаги ҳавони босими 10^{-6} мм сим. уст. гача сўриб олинган. Бу ҳолда идишдаги ҳавонинг зичлиги, идишнинг ҳар бир 1 см³ ҳажмидаги молекулаларининг сони ва молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли топилсин. Ҳаво молекуласининг диаметрини $3 \cdot 10^{-8}$ см ва бир кило-моль ҳаво массаси $\mu = 29$ кг/кмоль га тенг деб ҳисоблансин. Ҳаво температураси 17°C га тенг.

5. 129. 15 см диаметрли сферик идишдаги газнинг молекулалари бир-бири билан тўқнашмаслиги учун 1 см³ ҳажмда энг кўпи билан қанча молекула бўлиши керак? Газ молекуласининг диаметрини $3 \cdot 10^{-8}$ см га тенг деб олинсин.

5. 130. Газнинг молекулалари бир-бири билан тўқнашмаслиги учун диаметри: 1) 1 см, 2) 10 см ва 3) 100 см бўлган сферик идишнинг ичида қандай босим ҳосил қилиш керак? Газ молекуласининг диаметрини $3 \cdot 10^{-8}$ см га, газнинг температурасини 0°C га тенг деб олинсин.

5. 131. Разряд найида катод билан аноднинг ораси 15 см га тенг. Электронлар катоддан анодгача бўлган йўлда ҳавонинг молекулалари билан тўқнашмаслиги учун разряд найида қандай босим ҳосил қилиш керак? Температура 27°C га тенг. Ҳаво молекуласининг диаметрини $3 \cdot 10^{-8}$ см га тенг деб олинсин. Газда электронларнинг ўртача эркин

югуриш йўли шу газ молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўлидан 5,7 марта катта.

5. 132. 1 л ҳажмли сферик колбада азот бор. Азотнинг зичлиги қандай бўлганда азот молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли идишнинг ўлчамидан катта бўлади?

5. 133. Агар бирор газ молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $5 \cdot 10^{-4}$ см ва ўртача квадратик тезлиги 500 м/сек бўлса, шундай шароитда газ молекуласининг 1 сек даги ўртача тўқнашишлар сони топилсин.

5. 134. Агар нормал шароитда водород молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $1,6 \cdot 10^{-7}$ м га тенг бўлса, шундай шароитда водороднинг диффузия коэффициенти топилсин.

5. 135. Нормал шароитда гелийнинг диффузия коэффициенти топилсин.

5. 136. Водород диффузия коэффициентининг ўзгармас $p = \text{const} = 1$ атм босимда температурага боғланиш графиги $100^\circ\text{K} \leq T \leq 600^\circ\text{K}$ интервалда 100° оралатиб чизилсин.

5. 137. Агар юзга тик йўналишдаги азотнинг зичлик градиенти $1,26 \text{ кг/м}^4$ га тенг бўлса, диффузия натижасида 100 см^2 юздан 10 сек да ўтган азотнинг миқдори топилсин. Азотнинг температураси 27°C ; азот молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли 10^{-6} см.

5. 138. А ва В иккита идиш $d = 1$ см диаметрли ва $l = 1,5$ см узунликдаги ўртасида крани бўлган найча билан туташтирилган. Кран ёпиқ бўлганда А идишдаги ҳавонинг босими p_1 га тенг; В идишдаги ҳаво $p_2 \ll p_1$ босимга сийраклаштирилган. Кран очилгандан кейин биринчи секунд ичида А идишдан В идишга диффузияланган ҳавонинг миқдори топилсин. Иккала идишдаги ҳавонинг температураси 17°C га ва молекуласининг диаметри $\sigma = 3\text{Å}$ га тенг деб ҳисоблансин.

5. 139. Агар гелийнинг 0°C температура ва 760 мм сим. уст. босимда ички ишқалиш коэффициенти (динамик ёпишқоқлиги) $1,3 \cdot 10^{-4}$ г/см \times сек га тенг бўлса, шундай шароитда гелий молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли топилсин.

5. 140. Агар нормал шароитда азотнинг диффузия коэффициенти $0,142 \text{ см}^2/\text{сек}$ га тенг бўлса, шундай шароитда азотнинг ички ишқаланиш коэффициенти топилсин.

5. 141. Агар 0°C температурада кислороднинг ички ишқаланиш коэффициентини $\eta = 18,8 \cdot 10^{-6}$ н.сек/м² га тенг бўлса, кислород молекуласининг диаметри топилсин.

5. 142. Азот ички ишқаланиш коэффициентининг температурага боғланиш графиги $100^{\circ}\text{K} \leq T \leq 600^{\circ}\text{K}$ интервалда 100° дан оралатиб чизилсин.

5. 143. 10°C температура ва 760 мм сим. уст. босимда ҳавонинг диффузия ва ички ишқаланиш коэффициентлари топилсин. Ҳаво молекуласининг диаметрини $3 \cdot 10^{-10}$ м га тенг деб олинсин.

5. 144. Кислороднинг ички ишқаланиш коэффициенти азотнинг ички ишқаланиш коэффициентидан неча марта катта? Газларнинг температуралари бир хил.

5. 145. Маълум бир шароитда водороднинг диффузия ва ички ишқаланиш коэффициентлари мос равишда $D = 1,42$ см²/сек ва $\eta = 8,5 \cdot 10^{-6}$ н.сек/м² га тенг. Шундай шароитда 1 м³ ҳажмдаги водород молекулаларининг сони топилсин.

5. 146. Кислороднинг диффузия ва ички ишқаланиш коэффициентлари мос равишда $D = 1,22 \cdot 10^5$ м²/сек ва $\eta = 1,95 \cdot 10^{-6}$ кг/м·сек га тенг. Шундай шароитда 1) кислороднинг зичлиги, 2) кислород молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли ва 3) молекулаларининг ўртача арифметик тезлиги топилсин.

5. 147. 0,3 мм диаметри ёмғир томчиси қандай энг катта тезликка эриша олади? Ҳаво молекуласининг диаметрини $3 \cdot 10^{-10}$ м га, ҳавонинг температурасини 0°C га тенг деб олинсин. Ёмғир томчиси учун Стокс қонуни ўринли деб ҳисоблансин.

5. 148. Самолёт 360 км/соат тезлик билан учмоқда. Ёпишқоқлик туфайли самолёт қанот сиртидан 4 см наридаги ҳаво қатлами самолётга эргашмайди деб ҳисоблаб, қанот сиртининг ҳар бир квадрат метрига таъсир қилувчи уринма куч топилсин. Ҳаво молекулаларининг диаметрини $3 \cdot 10^{-8}$ см га, ҳавонинг температурасини 0°C га тенг деб олинсин.

5. 149. Иккита коаксиал цилиндрнинг оралиғидаги фазо газ билан тўлдирилган. Цилиндрларнинг радиуслари мос равишда $r = 5$ см ва $R = 5,2$ см га тенг. Ички цилиндрнинг баландлиги эса $h = 25$ см га тенг. Ташқи цилиндр. $\nu = 360$ айл/сек частотага мос тезлик билан айланади.

Ички цилиндрининг ҳаракатсиз қолишлиги учун унга уринма равишда $F = 1,38 \cdot 10^{-3}$ н куч қўйилиши керак. Биринчи яқинлашишда бу ҳолни ясси пластинкалар каби қараб, тажрибада берилганларга асосан цилиндрлар орасидаги газнинг ёпишқоқлик коэффиценти топилсин.

5. 150. Водороднинг ички ишқаланиш коэффицентини $8,6 \cdot 10^{-6}$ н \times сек/ m^2 га тенглиги маълум бўлса, шундай шароитда унинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти топилсин.

5. 151. 10°C температурада ва 10^6 н/ m^2 босимда ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти топилсин. Ҳаво молекуласининг диаметрини $3 \cdot 10^{-8}$ см га тенг деб олинсин.

5. 152. Водород иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентининг температурага боғланиш графиги $100^\circ\text{K} \leq T \leq 600^\circ\text{K}$ интервалда 100° дан оралатиб чизилсин.

5. 153: $V = 2$ л ҳажмли идишда икки атомли газнинг $N = 4 \cdot 10^{22}$ та молекуласи бор. Газнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти $K = 0,014$ вт/ $m \cdot \text{град}$ га тенг. Шундай шароитда газнинг диффузия коэффиценти топилсин.

5. 154. Бир хил температура ва босимда карбонат ангидрид газни ва азот берилган. Бу газлар учун: 1) диффузия, 2) ички ишқаланиш ва 3) иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентларининг нисбатлари топилсин. Бу газлар молекуласининг диаметрлари бир хил деб ҳисоблансин.

5. 155. Дьюар идишининг деворлари орасидаги масофа 8 мм га тенг. Ҳавоси сўриб олинаётганда, қандай босимдан бошлаб Дьюар идишининг деворлари орасидаги ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти камайиб боради? Ҳавонинг температурасини 17°C га, ҳаво молекуласининг диаметрини $3 \cdot 10^{-7}$ мм га тенг деб олинсин.

5. 156. Ташқи радиуси $r_2 = 10$ см, ички радиуси $r_1 = 9$ см ва баландлиги $h = 20$ см бўлган цилиндрик термос муз билан тўлдирилган. Музнинг температураси 0°C ; ташқаридаги ҳавонинг температураси эса 20°C . 1) Термоснинг икки девори орасидаги ҳавонинг босими энг кўпи билан қандай бўлганда иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти босимга боғлиқ бўлиб қолаверади? Ҳаво молекуласининг диаметрини $3 \cdot 10^{-8}$ см га тенг, термос деворлари

орасидаги ҳавонинг температурасини эса муз ва ташқи муҳит температураларининг ўртача арифметик қийматига тенг деб олинсин. 2) Босим: а) 760 мм сим. уст. ва б) 10^{-4} мм сим. уст. га тенг бўлганда термос деворлари орасидаги ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини топилсин ($\mu = 29$ кг/кмоль). 3) Иссиқлик ўтказувчанлик туфайли 9,5 см ўртача радиусли термоснинг ёни сиртидан 1 мин давомида қанча иссиқлик миқдори ўтади? Масала: а) 760 мм сим. уст. ва б) 10^{-4} мм сим. уст. босимлар учун ечилсин.

5. 157. Дераза ромлари орасидаги ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлиги туфайли дераза орқали ҳар соатда қанча иссиқлик миқдори сарф бўла боради. Ҳар битта ромнинг юзи 4 м^2 га, ромларнинг оралиғи эса 30 см га тенг. Бинодаги температура 18°C , ташқи муҳитдаги температура -20°C . Ҳаво молекулаларининг диаметри $3 \cdot 10^{-8}$ см га тенг. Ромлар орасидаги ҳавонинг температурасини бинодаги ва ташқи муҳитдаги температураларнинг ўртача арифметик қийматига тенг деб олинсин. Босим 760 мм сим. уст. га тенг.

5. 158. Бир-биридан 1 мм ораликда бўлган иккита пластинкалар орасида ҳаво бор. Пластинкалар орасида $\Delta T = 1^\circ$ температуралар фарқи доимий сақланади. Ҳар битта пластинканинг юзи $S = 100 \text{ см}^2$ га тенг. Иссиқлик ўтказувчанлик туфайли бир пластинкадан иккинчисига 10 мин давомида қанча иссиқлик миқдори ўтади. Ҳаво нормал шароитда деб ҳисоблансин. Ҳаво молекулаларининг диаметри $3 \cdot 10^{-10}$ м га тенг.

5. 159. $3 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ босимда бўлган 10°C температурали 10 г кислородни ўзгармас босимда иситиш натижасида у кенгайиб 10 л ҳажмига эгаллаган. 1) Газнинг олган иссиқлик миқдори, 2) газ ички энергиясининг ўзгариши, 3) газнинг кенгайишда бажарган ишн топилсин.

5. 160. Температураси 27°C бўлган 6,5 г водород $p = \text{const}$ босимда ташқаридан берилаётган иссиқлик ҳисобига икки марта кенгайган. 1) Газнинг кенгайиш иши, 2) газ ички энергиясининг ўзгариши, 3) газга берилган иссиқлик миқдори топилсин.

5. 161. Ёлиқ идишда 20 г азот ва 32 г кислород бор. Бу газ аралашмасини 28° га совитилганда, унинг ички энергиясининг ўзгариши топилсин.

5. 162. 2 кмоль карбонат ангидрид газы ўзгармас босимда 50° га иситилган. 1) Газ ички энергиясининг ўзгариши, 2) кенгайганда бажарилган иш, 3) газга берилган иссиқлик миқдори топилин.

5. 163. Икки атомли газга 500 кал иссиқлик берилганда, у ўзгармас босимда кенгайган. Газнинг кенгайишда бажарган иши топилин.

5. 164. Икки атомли газ изобарик равишда кенгайганда 16 кГм иш бажарилган. Газга қанча иссиқлик миқдори берилган?

5. 165. $2 \cdot 10^6$ н/м² босим остида бўлган 17°C температурали 5 л ҳажми эгаллаган газ иситилганда изобарик равишда кенгайган. Бунда газнинг кенгайиш иши 20 кГм га тенг бўлган. Газ неча градусга иситилган?

5. 166. 7 г карбонат ангидрид газы эркин кенгай олиш шароитида 10° га иситилган. Газнинг кенгайишда бажарган иши ва ички энергиясининг ўзгариши топилин.

5. 167. Кўп атомли 1 кмоль газ эркин кенгай олиш шароитида 100° га иситилган. 1) Газга берилган иссиқлик миқдори, 2) газ ички энергиясининг ўзгариши, 3) кенгайишда бажарган иши топилин.

5. 168. Идишдаги поршень остида 1 г азот бор. 1) Азотни 10° га иситиш учун қанча иссиқлик миқдори сарф қилиш керак? 2) Бунда поршень қанчага кўтарилган? Поршеннинг оғирлиги 1 кГ, унинг кўндаланг кесим юзи 10 см^2 . Поршень устидаги босим 1 атм га тенг.

5. 169. Идишдаги поршень остида қалдиरोқ газ бор. Қалдиरोқ газ портлаганда унинг ички энергияси 80,2 кал га ўзгарганлиги ва поршеннинг 20 см кўтарилганлиги маълум бўлса, бунда қанча иссиқлик миқдори ажралганлиги топилин. Поршеннинг оғирлиги 2 кГ, унинг кўндаланг кесим юзи 10 см^2 . Поршень устида нормал шароитда ҳаво бор.

5. 170. 10,5 г азот — 23°C температурада изотермик $p_1 = 2,5\text{ атм}$ босимдан $p_2 = 1\text{ атм}$ босимгача кенгайди. Газнинг кенгайишда бажарган иши топилин.

5. 171. 17°C температурали 10 г азот изотермик кенгайганда 860 ж га тенг иш бажарган. Азот кенгайганда босими неча марта ўзгарган.

5. 172. Бирор 10 г газ изотермик V_1 ҳажмдан $V_2 = 2V_1$ ҳажмгача кенгайганда 575 ж га тенг иш бажарган. Бу

температурадаги газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги топилсин.

5. 173. Нормал шароитда 1 л гелий ташқаридан олган иссиқлик ҳисобига изотермик 2 л ҳажмгача кенгайган. 1) Кенгайишда газнинг бажарган иши, 2) газга берилган иссиқлик миқдори топилсин.

5. 174. 2 м³ газ изотермик кенгайганда унинг босими $p_1 = 5 \text{ ат}$ дан $p_2 = 4 \text{ ат}$ гача ўзгарган. Бунда бажарилган иш топилсин.

5. 175. 0°С температурадаги ҳаво адиабати V_1 ҳажмдан $V_2 = 2V_1$ ҳажмгача кенгайса, у қандай температурага ча совиydi?

5. 176. 7,5 л кислород адиабатик 1 л ҳажмгача сиқилган ва сиқилишнинг охирида босим $1,6 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ га тенг бўлган. Газ сиқилишгача қандай босимда бўлган?

5. 177. Ички ёнув двигателининг цилиндридаги ҳаво адиабатик сиқилади ва бунда унинг босими $p_1 = 1 \text{ атм}$ дан $p_2 = 35 \text{ атм}$ гача ўзгаради. Ҳавонинг бошланғич температураси 40°С. Ҳавонинг сиқилгандан кейинги температураси топилсин.

5. 178. Газ адиабатик кенгайди ва бунда унинг ҳажми икки баравар ортади, температураси (абсолют) эса 1,32 марта пасаяди. Бу газ молекуласининг эркинлик даражаси қандай?

5. 179. 27°С температура ва $2 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ босимда икки атомли газ адиабатик V_1 ҳажмдан $V_2 = 0,5V_1$ ҳажмгача сиқилади. Сиқилгандан кейинги газнинг температураси ва босими топилсин.

5. 180. Нормал шароитда идиш поршени остида 10^{-4} м^3 ҳажмда қалдироқ газ бор. Газ жуда тез сиқилганда алаңгаланади. Газ сиқилганда бажарган иши 4,73 кҒм га тенглиги маълум бўлса, алаңгаланган қалдироқ газнинг температураси топилсин.

5. 181. Нормал шароитда идиш поршени остида газ бор. Идиш тубидан поршенгача бўлган массафа 25 см га тенг. Поршенга 20 кҒ юк қўйилганда у 13,4 см пастга тушган. Сиқилишни адиабатик ҳисоблаб, берилган газ учун $\frac{c_p}{c_v}$ нисбат топилсин. Поршеннинг кўндаланг кесим юзи

10 см² га тенг; поршеннинг оғирлиги назарга олинмасин.

5. 182. Икки атомли газ $p_1 = 0,5 \text{ атм}$ босимда $V_1 = 0,5 \text{ л}$

ҳажми эгаллайди. Газ адиабатик бирор V_2 ҳажм ва p_2 босимгача сиқилади, бундан кейин газ V_2 ўзгармас ҳажмда бошланғич температурасигача совитилади. Бунда унинг босими $p_0 = 1$ атм га тенг бўлиб қолади. 1) Бу процесснинг графиги чизилсин. 2) V_2 ҳажм ва p_2 босим топилсин.

5. 183. Газ адиабатик кенгайиб, унинг босими 2 атм дан 1 атм гача пасаяди. Кейин газ ўзгармас ҳажмда бошланғич температурасигача иситилади, бунда унинг босими 1,22 атм гача кўтарилади. 1) Бу газ учун $\frac{C_p}{C_v}$ нисбат топилсин. 2) Бу процесснинг графиги чизилсин.

5. 184. Нормал шароитда 1 кмоль азот адиабатик V_1 ҳажмдан $V_2 = 5V_1$ ҳажмгача кенгайди. 1) Газ ички энергиясининг ўзариши, 2) кенгайишда бажарилган иш топилсин.

5. 185. $1 \cdot 10^{-2}$ м³ ҳавони $2 \cdot 10^{-3}$ м³ ҳажмгача сиқиш керак. Газни қандай сиқиш фойдали: адиабатикми ёки изотермикми?

5. 186. Бир киломоль газ адиабатик сиқилганда 146 кж иш бажарилган. Сиқилганда газнинг температураси қанчага ортган?

5. 187. Икки атомли газнинг ҳажми икки баравар кенгайтирилганда газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги неча марта камаяди?

5. 188. Нормал шароитда 10 г кислород $1,4 \cdot 10^{-3}$ м³ ҳажмгача сиқилади. Кислороднинг 1) изотермик, 2) адиабатик сиқилгандан кейинги босими ва температураси топилсин. Бу ҳолларнинг ҳар бирида бажарилган сиқиш иши топилсин.

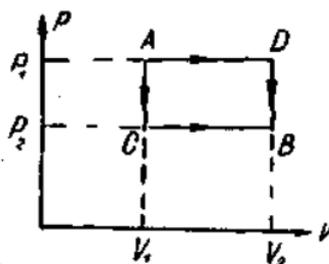
5. 189. 40°C температурада ва 750 мм сим. уст. босимда 28 г азот 13 л ҳажмгача сиқилган. Азотнинг: 1) изотермик, 2) адиабатик сиқилгандан кейинги температураси ва босими топилсин. Бу ҳолларнинг ҳар бирида газни сиқишда бажарилган иши топилсин.

5. 190. Агар икки атомли газнинг босими икки баравар камайса, газ молекулалари эркин югуриш йўлининг узунлиги неча марта ортади? Қуйидаги ҳоллар қараб чиқилсин: 1) газ изотермик кенгайди, 2) газ адиабатик кенгайди.

5. 191. Бирини бир атомли, бошқаси икки атомли ҳар хил газлар бир хил температурада бўлиб, бир хил ҳажмни

эгаллайди. Газлар ҳажми икки марта камайгунча адиабатик сиқилган. Газларнинг қайси бири кўпроқ исийди ва неча марта?

5. 192. 30°C температура ва $1,5 \text{ атм}$ босимда бўлган 1 кг ҳаво адиабатик кенгайганда, босими 1 атм гача пасаяди. 1) Кенгайишнинг даражаси, 2) охириги температура-си, 3) кенгайишда газнинг бажарган иши топилсин.



8- расм.

5. 193. Нормал шароитдаги 1 кмоль кислороднинг ҳажми $V = 5V_0$ гача кенгайган. Кенгайиш: 1) изотермик ва 2) адиабатик ҳолда содир бўлганида $p = f(V)$ графиги тузилсин. p нинг қийматлари: $V_0, 2V_0, 3V_0, 4V_0$ ва $5V_0$ ҳажмлар учун топилсин.

5. 194. Қандайдир миқдордаги кислород $t_1 = 27^\circ\text{C}$ температурада ва $p_1 = 8,2 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ босимда $V_1 = 3 \text{ л}$ ҳажми эгаллайди (8- расм).

Газ иккинчи ҳолатда $V_2 = 4,5 \text{ л}$ ва $p_2 = 6 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ параметрларга эга. Газнинг олган иссиқлик миқдори; кенгайишда газнинг бажарган иши; газнинг ички энергиясининг ўзгариши топилсин. Масала қуйидаги ҳоллар учун ечилсин: газ бир ҳолатдан иккинчисига: 1) ACB ва 2) ADB йўллар билан ўтади.

5. 195. Карно цикли бўйича ишлайдиган идеал иссиқлик машинаси ҳар бир циклда иситгичдан 600 ккал иссиқлик олади. Иситгичнинг температураси 400°K , совитгичнинг температураси 300°K . Машинанинг бир циклда бажарган иши ва бир циклда совитгичга берган иссиқлик миқдори топилсин.

5. 196. Идеал иссиқлик машинаси Карно цикли бўйича ишлайди. Агар бир циклда 300 кГм га тенг иш бажарилганлиги ва совитгичга $3,2 \text{ ккал}$ иссиқлик берилгани маълум бўлса, циклниң ф. и. к. аниқлансин.

5. 197. Карно цикли бўйича ишлайдиган идеал иссиқлик машинаси ҳар бир циклда $7,35 \cdot 10^4 \text{ ж}$ иш бажаради. Иситгичнинг температураси 100°C , совитгичнинг температураси 0°C . 1) Машинаниң ф. и. к., 2) машинаниң бир циклда иситгичдан олган иссиқлик миқдори, 3) бир циклда совитгичга берган иссиқлик миқдори топилсин.

5. 198. Идеал иссиқлик машинаси Карно цикли бўйича ишлайди. Бунда иситгичдан олинган иссиқликнинг 80% и совитгичга берилади. Иситгичдан олинган иссиқлик миқдори 1,5 ккал га тенг. 1) Циклнинг ф. и. к., 2) тўла циклда бажарилган иш топилсин.

5. 199. Идеал иссиқлик машинаси бошланғич босими 7 атм бўлган ва 127°C температурагача иситилган ҳаво билан Карно цикли бўйича ишлайди. Ҳавонинг бошланғич ҳажми $2 \cdot 10^{-3}$ м³. Биринчи изотермик кенгайишдан кейин ҳавонинг ҳажми 5 л га; адиабатик кенгайишдан кейин ҳажми 8 л га тенг бўлган. 1) Изотерма билан адиабаталар кесишган нуқтасининг координатлари, 2) циклнинг ҳар бир қисмида бажарилган иш, 3) бутун цикл давомида бажарилган тўла иш, 4) циклнинг ф. и. к., 5) бир циклда иситгичдан олинган иссиқлик миқдори, 6) бир циклда совитгичга берилган иссиқлик миқдори топилсин.

5. 200. Идеал газнинг бир киломоли иккита изохора ва иккита изобарадан иборат ёпиқ цикли бажаради. Бунда газнинг ҳажми $V_1 = 25$ м³ дан $V_2 = 50$ м³ гача ва босими $p_1 = 1$ атм дан $p_2 = 2$ атм гача ўзгаради. Бундай циклда бажарилган иш, ҳажми изотермик кенгайтирилганда икки марта ортган ва изотермалари қараб чиқилаётган циклнинг энг юқори ва энг паст температураларига мос келган Карно цикли бўйича бажарилган ишдан неча марта кичик?

5. 201. Тескари Карно цикли бўйича ишлайдиган идеал иссиқлик машинаси, ҳар бир циклда $3,7 \cdot 10^4$ ж га тенг иш бажаради. Бунда машина — 10°C температурали жисмдан иссиқлик олиб, + 17°C температурали жисмга иссиқлик беради. 1) Циклнинг ф. и. к., 2) бир циклда совуқ жисмдан олинган иссиқлик миқдори, 3) бир циклда иссиқ жисмга берилган иссиқлик миқдори топилсин.

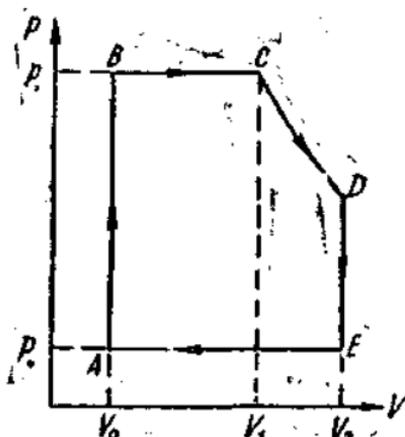
5. 202. Идеал совитиш машинаси тескари Карно цикли бўйича иссиқлик насосидек ишлайди. Бунда машина 2°C температурали сувдан иссиқлик олади ва уш 27°C температурали ҳавога беради. 1) Бирор вақт оралигида ҳавога берилган иссиқлик миқдорини шунча вақтда сувдан олинган иссиқлик миқдорига бўлган нисбатидан иборат η_1 коэффицент; 2) бирор вақт оралигида сувдан олинган иссиқлик миқдорини шунча вақт оралигида машинанинг ишлатиш учун сарфланган энергияга бўлган нисбатидан иборат η_2 коэффицент (η_2 — машинанинг совитиш коэффи-

циенти дейилади); 3) бирор вақт оралигида машинанинг ишлаши учун сарфланган энергияни шунча вақтда ҳавога берилган иссиқлик миқдорига бўлган нисбатидан иборат η_3 коэффициент (η_3 —циклининг фойдали иш коэффициенти) топилсин. η_1 , η_2 ва η_3 коэффициентларнинг ўзаро боғланиши топилсин.

5. 203. Тескари Карно цикли бўйича ишлайдиган идеал совитиш машинаси 0°C температурадаги сувли совитгичдан 100°C температурадаги сувли қайнатгичга иссиқлик узатади. Қайнатгичда 1 кг сувни бугга айлантириш учун совитгичда қанча миқдор сувни музлатиш керак?

5. 204. Бино тескари Карно цикли бўйича ишлайдиган совитиш машинаси ёрдамида иситилади. Хопанинг маълум миқдор ўтин ёқилган печкадан олган иссиқлик миқдори Q_0 ни, ўшанча ўтинни истеъмол қилувчи иссиқлик машинаси билан ишлайдиган совитиш машинасининг хонага берган иссиқлик миқдори Q_1 билан солиштириш. Бу иссиқлик двигатели $T_1 = 100^\circ\text{C}$ ва $T_2 = 0^\circ\text{C}$ температуралар оралигида ишлайди. Хонанинг температураси деимо $T_1' = 16^\circ\text{C}$ бўлиши талаб қилинади. Атрофдаги ҳавонинг температураси $T_2' = -10^\circ\text{C}$.

5. 205. Идеал буг машинанинг иш цикли 9-расмда тасвирланган: а) V_0 ўзгармас ҳажмда қозондан цилиндрга буг кира бошлагач, босим p_0 дан p_1 гача кўтарилади (AB тармоқ); б) бугнинг бундан кейинги кириши давомида поршень p_1 ўзгармас босимда чапдан ўнгга суриля боради (BC тармоқ); в) поршеннинг ўнгга сурилиши давом қилганда бугнинг қозондан цилиндрга кириши тўхтайти ва буг адиабатик кенгайди (CD тармоқ); г) поршень ўзининг ўнгдаги энг чекка вазиятига етганда, буг цилиндрдан совитгичга чиқади — V_2 ўзгармас ҳажмда бугнинг босими тезда p_0 қийматгача пасаяди (DE тармоқ); д) поршень қайтаётганда, p_0 ўзгармас босимда қолган бугни сиқиб чиқаради, бунда ҳажм V_2 дан V_0 гача кичраяди (EA тармоқ). Агар



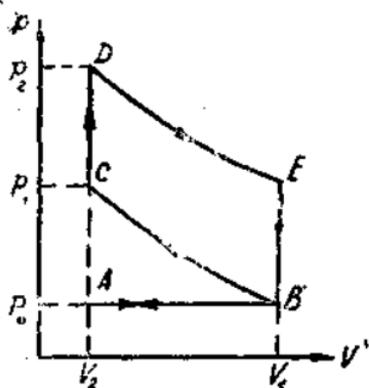
9-расм.

Агар

$V_0 = 0,5$ л, $V_1 = 1,5$ л, $V_2 = 3,0$ л, $p_0 = 1$ атм, $p_1 = 12$ атм ва адиабатанинг даражаси 1,33 га тенг бўлса, бу машинанинг ҳар бир циклда бажарган иши топилсин.

5. 206. Қуввати 14,7 кВт бўлган буғ машина 1 соат ишлаганда иссиқлик бериш қобилияти $3,3 \cdot 10^7$ ж/кг бўлган кўмирдан 8,1 кг сарф қилади. Қозоннинг температураси 200°C , совитгичнинг температураси 58°C . Машинанинг ҳақиқий ф. и. к. η_1 топилсин ва уни ўшандай температуралар оралигида Карно цикли бўйича ишловчи машинанинг ф. и. к. η_2 билан солиштирилсин.

5. 207. Қуввати 20 о. к. га тенг бўлган буғ машинаси поршенининг юзи 200 см², поршень йўли эса $l = 45$ см. Поршень ўз йўлининг учдан бир қисмига сурилганда BC изобарик процесс ҳосил бўлади (9- расм). V_0 ҳажм V_1 ва V_2 ҳажмларга нисбатан назарга олинмаса ҳам бўлади. Қозондаги буғнинг босими 16 атм, совитгичдаги буғнинг босими



10- расм.

эса 1 атм. Агар адиабатанинг кўрсаткичи 1,3 га тенг бўлса, машина 1 мин давомида неча цикл бажаради?

5. 208. Тўрт тактли карбюраторли ва газли ички ёнув двигателларининг иш цикли 10- расмда тасвирланган: а) поршенинг биринчи юришида (I тактда) цилиндрга ёқилги сўрилади (карбюраторли двигателларда ёқилги сифатида ҳаво билан бензин буғининг карбюраторда тайёрланган ёқилги аралашмаси ишлатилади, газ двигателларида газогенератор қурилмадан газ-ҳаво аралашмаси келади), бунда $p_0 = \text{const}$ бўлиб, ҳажм V_2 дан V_1 гача катталашади (AB тармоқ — сўриш); б) поршенинг иккинчи юришида (II тактда) аралашма адиабатик V_1 дан V_2 гача сиқилади (BC тармоқ — сиқиш); бунда температура T_0 дан T_1 гача кўтарилади ҳамда босим p_0 дан p_1 гача ортади; в) бундан кейин сиқилган аралашмани электр учқуни ёндириб юборади (портлатади), бунда ҳажм ўзгармаган ҳолда (CD тармоқ) босим p_1 дан p_2 гача ортади, температура эса T_2 гача кўтарилади; г) поршенинг учинчи юришида (III тактда) ёқилги адиабатик

V_2 дан V_1 ҳажмгача кенгайди (DE тармоқ — ишчи юриш), температура эса T_3 гача пасаяди; д) поршеннинг энг чекка вазиятида (E нуқта) чиқариш клапани очилади ва ўзгармас ҳажмда босим p_0 гача пасаяди (EB тармоқ); е) поршеннинг тўртинчи юриши (IV такт) — изобарик сиқиш (BA тармоқ—чиқариш) да ишлаб бўлган газ сиқиб чиқарилади. Агар сиқиш коэффициенти $\frac{V_1}{V_2} = 5$ ва адиабата кўрсаткичи 1,33 га тенг бўлса, циклнинг ф. и. к. топилсин.

5. 209. Карбюраторли ички ёнув двигателнинг цилиндрида газ политропик $V_2 = \frac{1}{6} V_1$ ҳажмгача сиқилади (сиқиш коэффициенти 6 га тенг). Цилиндрдаги бошланғич босим $9 \cdot 10^4$ н/м² ва бошланғич температура 127°C деб ҳисоблаб, сиқилишдан кейинги цилиндрдаги босим ва температура топилсин. Политроп кўрсаткичи 1,33 га тенг.

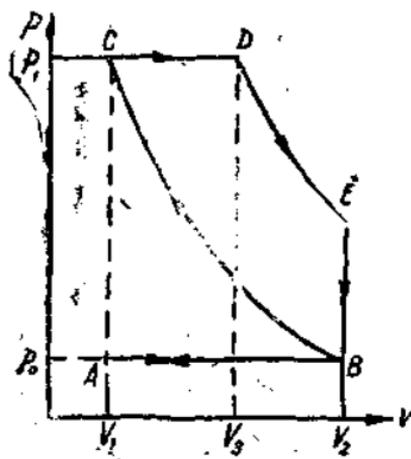
5. 210. Карбюраторли ички ёнув двигателнинг цилиндридаги газ политропик сиқилгандан кейин температураси 427°C гача кўтарилган. Газнинг бошланғич температураси 140°C , сиқилиш коэффициенти 5,8. Политроп кўрсаткичи нимага тенг?

5. 211. Карбюраторли ички ёнув двигатель цилиндрининг диаметри 10 см, поршень йўли 11 см. 1) Газнинг бошланғич босими 1 атм, бошланғич температураси 127°C ва сиқилишдан кейинги босими 10 атм бўлганлиги маълум бўлса, сиқиш камераси қандай ҳажмга эга? 2) Сиқишдан кейин камеранинг температураси қандай? 3) Сиқишда ба-жарилган иш топилсин. Политроп кўрсаткичи 1,3 га тенг.

5. 212. Карбюраторли ички ёнув двигателнинг политроп кўрсаткичи 1,33 га ва сиқиш даражаси 1) $\frac{V_1}{V_2} = 4$, 2) $\frac{V_1}{V_2} = 6$, 3) $\frac{V_1}{V_2} = 8$ га тенг бўлса, унинг ф. и. к. топилсин.

5. 213. «Победа» автомобилнинг карбюраторли двигатели ҳар 1 о. к. /соат га энг кам билан 265 г бензин сарф қилади. Ишқаланиш, иссиқлик ўтказувчанлик ва бошқаларга исроф бўлган бензиннинг миқдори топилсин. Сиқиш коэффициенти 6,2; бензиннинг иссиқлик бериш қобилияти $4,6 \cdot 10^7$ ж/кг. Политроп кўрсаткичи 1,2 га тенг деб олинсин.

5. 214. Тўрт тактли Дизель двигателининг иш цикли 11-расмда тасвирланган: а) AB тармоқ — цилиндрга ($p_0 = 1 \text{ атм}$) ҳаво сўрилади; б) BC тармоқ — ҳаво p_1 босимга адиабатик сиқилади; в) сиқиш тактининг охирида цилиндр ичига ёқилги пуркалади ва у иссиқ ҳавода алангаланиб кетади, бунда поршень ўнг томонга аввал изобарик (CD тармоқ), кейин эса адиабатик (DE тармоқ) ҳаракатланади; г) адиабатик кенгайишнинг охирида чиқариш клапани очилиб, босим



11-расм.

p_0 гача камаяди (EB тармоқ); д) поршень чап томонга ҳаракатланганда аралашма цилиндрдан чиқариб ташланади (BA тармоқ). Дизель двигателининг ф. и. к. топилсин.

5. 215. Дизель ички ёнув двигателининг адиабатик сиқиш даражаси 16 га, адиабатик кенгайиш даражаси эса 6,4 га тенг. Агар двигателининг қуввати 50 о.к., полнтроп кўрсаткичи 1,3 ва нефтининг иссиқлик бериш қобилияти $4,6 \cdot 10^7 \text{ ж/кг}$ бўлса,

двигатель соатига энг камида қанча миқдорда нефть сарф қилади?

5. 216. — 20°C даги 10 г музнинг 100°C ли бугга айланишидаги энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5. 217. 0°C даги 1 г сувнинг 100°C да бугга айланишидаги энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5. 218. 0°C даги 1 кг муз эригандаги энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5. 219. Эриб турган 640 г қўроғошинни 0°C даги музга қуйилган. Бу процессда энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5. 220. 8 г кислороднинг 80°C температурадаги 10 л ҳажмдан 300°C температурадаги 40 л ҳажмга ўтишида энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5. 221. 6 г водород $1,5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ босим ва 20 л ҳажмдан $1 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ босим ва 60 л ҳажмга ўтишида энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5. 222. 6,6 г водород ўз ҳажми икки барабар ортгун-

ча изобарик кенгайди. Бундай кенгайишда энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5. 223. 8 г гелийнинг $V_1 = 10$ л ҳажмдан $V_2 = 20$ л ҳажмгача изобарик кенгайишида энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5. 224. 6 г водороднинг 10^5 н/м² босимдан $0,5 \cdot 10^5$ н/м² босимгача изотермик кенгайишида энтропия ўзгариши топилсин.

5. 225. 10,5 г азот $V_1 = 2$ л ҳажмдан $V_2 = 5$ л ҳажмгача изотермик кенгайган. Бу процессда энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5. 226. 10 г кислород $t_1 = 50^\circ\text{C}$ дан $t_2 = 150^\circ\text{C}$ гача иситилган. Агар иситиш: 1) изохорик ва 2) изобарик бўлса, энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5. 227. 1 кмоль икки атомли газ иситилганда унинг абсолют температураси 1,5 марта ортган. Агар газ: 1) изохорик ва 2) изобарик иситилса, энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5. 228. 22 г азот иситилиш натижасида унинг абсолют температураси 1,2 марта ортган, энтропияси эса 4,19 ж/град га ортган. Қандай шароитда иситилган (ўзгармас ҳажмдами ёки ўзгармас босимдами)?

5. 229. Агар 5. 194- масала шартдаги газ A ҳолатдан B ҳолатга: 1) ACB йўл билан ва 2) ADB йўл билан ўтганда энтропиянинг ўзгариши топилсин (8- расмга қаралсин).

5. 230. 0°C температура ва 2 кг/см² босимда бир куб метр ҳаво V_1 ҳажмдан $V_2 = 2V_1$ ҳажмгача изотермик кенгайди. Бу процессда энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5. 231. Карно циклидаги иккита адиабаталарнинг орасидаги қисмда энтропиянинг ўзгариши 1 ккал/град га тенг. Иккита изотермаларнинг орасидаги температураларнинг фарқи 100° га тенг. Бу циклда қанча миқдор иссиқлик ишга айланади?

6- §. Реал газлар

Реал газлар ҳолат тенгламаси (Ван-дер-Ваальс тенгламаси) бир киломоль учун қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\left(p + \frac{a}{V_0^2}\right)(V_0 - b) = RT_1,$$

бунда V_0 — бир киломоль газнинг ҳажми, a ва b — ҳар хил газлар учун турлича бўлган ўзгармас катталиклар, p — босим, T — абсолют температура ва R — газ доимийси.

Газнинг ихтиёрий M массаси учун Ван-дер-Ваальс тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\left(p + \frac{M^2}{\mu^2} \cdot \frac{a}{V^2}\right) \left(V - \frac{M}{\mu} b\right) = \frac{M}{\mu} RT,$$

бунда V — газнинг умумий ҳажми, μ — бир киломоль газнинг массаси.

Бу тенгламадаги $\frac{M^2 a}{\mu^2 V^2} = p_i$ — босим, молекулаларнинг ўзаро таъсир кучига боғлиқдир ва $\frac{M}{\mu} b = V_i$ — ҳажм эса молекулаларнинг хусусий ҳажмига боғлиқдир.

Берилган газга тегишли a ва b доимийлар шу газнинг T_k — критик температураси, p_k — критик босими ва $V_{ок}$ — критик ҳажми билан қуйидагича боғланган:

$$V_{ок} = 3b, \quad p_k = \frac{a}{27b^2}, \quad T_k = \frac{8a}{27bR}.$$

Бу тенгламаларни a ва b доимийларга нисбатан ечиш мумкин:

$$a = \frac{27T_k^2 R^2}{64p_k}, \quad b = \frac{T_k R}{8p_k}.$$

Агар келтирилган катталикларни киритсак:

$$\tau = \frac{T}{T_k}, \quad \pi = \frac{p}{p_k}, \quad \omega = \frac{V_0}{V_{ок}}.$$

У вақтда Ван-дер-Ваальс тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади (бир киломоль учун):

$$\left(\pi + \frac{3}{\omega^2}\right) (3\omega - 1) = 8\tau.$$

6. 1. Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a ва b доимийларнинг СИ системасидаги ўлчов бирликлари топилсин.

6. 2. Баъзи бир газлар учун критик катталиклар T_k ва p_k нинг қийматларини билган ҳолда (5-жадвалга қаранг), шу газ учун Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a ва b доимийлар топилсин.

6. 3. 2 атм босимда 820 см^3 ҳажмдаги 2 г азотнинг температураси қандай бўлади? Газни: 1) идеал ва 2) реал деб қаралсин.

6. 4. 28 атм босимда 90 см^3 ҳажмдаги 3,5 г кислороднинг температураси қандай бўлади? Газни: 1) идеал ва 2) реал деб қаралсин.

6. 5. 10^8 н/м^2 босимда 10 г гелий 100 см^3 ҳажмни эгаллайди. Газни: 1) идеал ва 2) реал деб ҳисоблаб, унинг температураси топилсин.

6. 6. 100°C температурада 1 кмоль карбонат ангидрид газни берилган. Газни: 1) идеал ва 2) реал ҳисоблаб, унинг босими топилсин. Масалани: а) $V_1 = 1 \text{ м}^3$ ва б) $V_2 = 0,05 \text{ м}^3$ ҳажмлар учун ечилсин.

6. 7. $V = 0,5 \text{ м}^3$ ҳажмли ёпиқ идишда $3 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ босимда 0,6 кмоль карбонат ангидрид газни бор. Ван-дер-Ваальс тенгламасидан фойдаланиб, босимни икки марта орттириш учун температуранинг неча марта орттириш кераклиги топилсин.

6. 8. $t = 27^\circ\text{C}$ температурада ва $p = 10^7 \text{ н/м}^2$ босимда 1 кмоль кислород бор. Берилган шароитда кислородни реал газ деб ҳисоблаб, газнинг ҳажми топилсин.

6. 9. $t = 27^\circ\text{C}$ ва $5 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ босимда 1 кмоль азот бор. Берилган шароитда азотни реал газ деб ҳисоблаб, газнинг ҳажми топилсин.

6. 10. Кислород учун критик катталиқлар T_K ва p_K ни маълум деб, кислород молекуласининг эффектив диаметри топилсин.

6. 11. Азот молекуласининг эффектив диаметрини икки хил усул: 1) нормал шароитда берилган ўртача эркин югуриш йўли узунлигининг $\lambda = 9,5 \cdot 10^{-6} \text{ см}$ қийматидан, 2) Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги b доимийсининг берилган қийматидан топилсин.

6. 12. Нормал шароитда карбонат ангидрид газни молекуласининг ўртача эркин югуриш йўлининг узунлиги топилсин. Карбонат ангидрид газни учун T_K критик температура ва p_K критик босим маълум деб, молекуласининг эффектив диаметри ҳисоблансин.

6. 13. $t = 17^\circ\text{C}$ температурада ва $p = 1,5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ босимдаги гелий газининг диффузия коэффициентини топилсин. Гелий газни учун T_K ва p_K маълум деб, атомининг эффектив диаметри ҳисоблансин.

6. 14. Карбонат ангидрид газини: 1) идеал ва 2) реал ҳисоблаб, унинг бир киломоли учун 0°C температурада $p = f(V)$ изотермалари чизилсин. $\text{м}^3/\text{кмоль}$ ларда ифода-

ланган V ҳажми реал газ учун қуйидаги қийматларда олин: 0,07; 0,08; 0,10; 0,12; 0,14; 0,16; 0,18; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 ва 0,40; идеал газ учун эса $0,2 \leq V \leq 0,4$ м³/кмоль интервалда олинсин.

6. 15. Нормал шаронда бир киломоль газ молекулаларининг ўзаро таъсир кучидан ҳосил бўлган босим топилсин. Бу газ учун критик температура ва критик босим мос равишда $T_K = 417^\circ\text{K}$ ва $p_K = 76$ атм га тенг.

6. 16. Водород учун молекулаларининг ўзаро таъсир кучи жуда кичик бўлиб, молекулаларининг хусусий ўлчами асосий ролини ўйнайди. 1) Бундай ярим идеал газнинг ҳолат тенгламаси ёзилсин. 2) Водород молекулаларининг хусусий ўлчамини ҳисобга олмасдан, $t = 0^\circ\text{C}$ температурада ва $p = 2,8 \cdot 10^7$ н/м² босимда бирор ҳажмдаги водород молекулаларининг сонини ҳисоблаганимизда йўл қўйиладиган хатолик топилсин.

6. 17. 10 л ҳажмли идишда 27°C температурада 0,25 кг азот бор. 1) Молекулаларининг ўзаро таъсирдан ҳосил бўлган босим газ босимининг қанча қисмини ташкил қилади? 2) Молекулаларининг хусусий ҳажми идиш ҳажмининг қанча қисмини ташкил қилади?

6. 18. Баъзи бир газнинг 0,5 кмоль $V_1 = 1$ м³ ҳажми эгаллайди. Газ $V_2 = 1,2$ м³ ҳажмгача кенгайганда, молекулаларининг ўзаро таъсир кучига қарши $A = 580$ кГм га тенг иш бажарилган. Бу газ учун Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a доимий топилсин.

6. 19. 20 кг азот бўшлиқда $V_1 = 1$ м³ ҳажмдан $V_2 = 2$ м³ ҳажмгача адиабатик кенгайди. Азотнинг Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a доимийни маълум деб ҳисоблаб (6. 2-масаланинг жавобига қараб), газнинг бундай кенгайишидаги температуранинг пасайиши топилсин.

6. 20. 0,5 кмоль уч атомли газ бўшлиқда $V_1 = 0,5$ м³ ҳажмдан $V_2 = 3$ м³ ҳажмгача адиабатик кенгайди. Бунда газнинг температураси $12,2^\circ$ га пасайса, Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a доимий топилсин.

6. 21. 1) а) 31°C ва б) 50°C температурада карбонат ангидрид газини суюқ карбонат кислотага айлантириш учун, унга қандай босим бериш керак? 2) 1 кг суюқ карбонат кислота энг кўпи билан қандай ҳажми эгаллайди? 3) Суюқ карбонат кислота тўйинган буғининг энг катта эластиклиги қандай?

6. 22. Сувнинг Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги b доимийни маълум деб ҳисоблаб (6. 2- масаланинг жавобига қарап), критик ҳолатдаги сув буғининг зичлиги топилсин.

6. 23. Гелий учун критик катталиклар T_k ва p_k нинг қийматларини маълум деб ҳисоблаб, критик ҳолатдаги гелийнинг зичлиги топилсин.

6. 24. 920 атм босимда 1 кмоль кислород 0,056 м³ ҳажмни эгаллайди. Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги келтирилган катталиклардан фойдаланиб, газнинг температураси топилсин.

6. 25. $t = -200^\circ\text{C}$ температурада 1 кмоль гелий $V = 0,237 \text{ м}^3$ ҳажмни эгаллайди. Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги келтирилган катталиклардан фойдаланиб, газнинг босими топилсин.

6. 26. Агар газнинг ҳажми ва температураси бу катталикларнинг критик қийматидаан икки марта катталиги маълум бўлса, газнинг босими критик босимдан неча марта катталиги топилсин.

7- §. Тўйинган буғлар ва суюқликлар

Абсолют намлик деб, ҳаво таркибидаги сув буғининг порциал босимига айтилади. Нисбий намлик ω деб, маълум температурадаги абсолют намликнинг шу температурадаги ҳавони тўйинтира оладиган сув буғининг порциал босимига бўлган нисбатига айтилади.

Солиштирма буғга айланиш (буғланиш) иссиқлиги r деб, ўзгармас температурада суюқликнинг масса бирлигини буғга айлантириш учун зарур бўлган иссиқлик миқдорига айтилади.

Молекуляр буғланиш иссиқлиги r_0 қуйидагига тенг:

$$r_0 = \mu r,$$

бунда μ — бир киломолнинг массаси.

Тўйинган буғ босими p_r нинг температурага боғланиши Клаузиус—Клапейрон тенгламаси билан ифодаланади:

$$\frac{dp_r}{dT} = \frac{r_0}{T(V_6 - V_6')}$$

бунда V_6 — бир кмоль буғнинг ҳажми ва V_6' — бир кмоль суюқликнинг ҳажми.

Искитилганда суюқлик ҳажмининг нисбий ўзгариши қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\frac{\Delta V}{V} = \beta \Delta t,$$

бунда β — ҳажм кенгайиш коэффициентини.

Босим ўзгарганда суюқлик ҳажмининг нисбий ўзгариши

$$\frac{\Delta V}{V} = -k \Delta p$$

га тенг, бунда k — сиқиш коэффициентини.

Сирт таранглик коэффициентини α суюқлик сирт пардаси чегарасининг узунлик бирлигига қўйилган кучга миқдор жиҳатдан тенгдир, яъни:

$$\alpha = \frac{F}{l}.$$

Суюқлик сирт пардасининг юзи ΔS га ўзгарганда

$$\Delta A = \alpha \cdot \Delta S$$

га тенг иш бажаради.

Суюқлик сиртининг эгрилигидан вужудга келган қўшимча босим Лаплас формуласидан аниқланади:

$$\Delta p = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

бунда R_1 ва R_2 — суюқлик сиртининг иккита ўзаро перпендикуляр кесимларининг эгрилик радиуслари. Эгрилик маркази суюқликнинг ичида (қавариқ мениск) бўлганда R радиус мусбат ва, аксинча, эгрилик маркази суюқликдан ташқарида (ботиқ мениск) бўлганда R радиус манфий ҳисобланади.

Суюқликнинг капилляр найчада кўтарилиш баландлиги

$$h = \frac{2\alpha \cdot \cos \theta}{r \cdot \rho \cdot g}$$

га тенг, бунда r — найчанинг радиуси, ρ — суюқликнинг зичлиги ва θ — четки бурчак. Абсолют ҳўллашда $\theta = 0$, абсолют ҳўлланмасликда эса $\theta = \pi$.

Ясси сирт устидаги p_0 босимга нисбатан ботиқ сирт устида тўйинган буғининг p_1 босими кам, қавариқ сирт устида эса катта бўлади. Бу қўшимча босим қуйидагига тенг:

$$\Delta p = p_1 - p_0 = \pm \frac{2\alpha p_0}{\rho R},$$

бунда ρ — суюқликнинг зичлиги, ρ_0 — суюқликнинг тўйинган буғи зичлиги ва R — суюқлик сиртининг эгрилик радиуси.

Эритманинг p осмотик босими ва T абсолют температурасининг ўзаро боғланиши Вант-Гофф формуласи билан ифодаланади:

$$p = CRT,$$

бунда R^2 — газ доимийси ва $C = \frac{M}{\mu V}$ — эритманинг бирлик ҳажмида эриган модданинг киломоллар сони (эритманинг моляр концентрацияси).

Модданинг молекулалари диссоциацияланмаган эритма учун моляр концентрация

$$C = \frac{M}{\mu V} = \frac{N}{N_0}$$

га тенг, бунда N_0 — Авогадро сони ва N — бирлик ҳажмда эриган модда молекулаларининг сони.

Молекулалар диссоциацияланганда бирлик ҳажмдаги заррачалар сонининг кўп бўлиши осмотик босимнинг ортишига сабаб бўлади.

Эритма устидаги тўйинган буғнинг босими соф эритувчи устидаги буғнинг босимидан кам бўлади. Эритманинг концентрацияси етарлича кам бўлганда, эритма устидаги тўйинган буғ босимининг нисбий камайиши Рауль қонунидан аниқланади:

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{z'}{z + z'},$$

бунда p_0 — соф эритувчининг устидаги тўйинган буғнинг босими, p — эритманинг устидаги тўйинган буғнинг босими, z' — эритилган модданинг киломоллар сони ва z — суюқликнинг киломоллар сони. Суюқликларнинг ёпишқоқлик (ички ишқаланиш) ҳодисасига тегишли масалалар I бобнинг 4- § ида берилган.

7.1. IV жадвалда турли температурада фазони тўйинтирувчи сув буғининг эластиклиги берилган. Бу маълумотларга асосланиб, турли температурада 1 м³ ҳавони тўйинтирувчи сув буғи миқдори учун жадвални қандай тузиш керак? Мисол учун 50°C температурада 1 м³ ҳавони тўйинтирган сув буғининг миқдори ҳисоблансин.

7. 2. 50°C температурада тўйинган сув буғининг зичлиги топилсин.

7. 3. Тўйинган сув буғининг зичлиги 16°C температурали сувнинг зичлигидан неча марта кам?

7. 4. 200°C температурада тўйинган сув буғининг зичлиги 100°C температурада тўйинган сув буғининг зичлигидан неча марта ортиқ?

7. 5. Ёз кунда нисбий намлиги 75% ва температураси 30°C бўлган 1 м^3 ҳаводаги сув буғининг қоғирлиги қанча?

7. 6. $V = 1 \text{ м}^3$ ёпиқ ҳажмдаги ҳавонинг 20°C температурада нисбий намлиги 60%. Бу ҳажмдаги буғнинг тўйиниши учун яна қанча сув буғланиши керак?

7.7. Температураси 18°C ва нисбий намлиги 50% бўлган хонада металл чойнакка совуқ сув солинган. Сувнинг температураси қандай бўлганда чойнак терламай қолади?

7.8. 30°C температурада тўйинган сув буғининг 1 см^3 ҳажмидаги молекулалар сони топилсин.

7.9. 50°C температурада $0,5 \text{ г}$ сув буғи 10 л ҳажмни эгаллайди. 1) Бунда нисбий намлик қандай бўлади? 2) Агар ҳажмни икки марта изотермик камайтирилса, буғнинг қандай миқдори конденсацияланади?

7.10. Бошланғич температураси 20°C , ҳажми 1 л бўлган Вильсон камерасида сув буғи билан тўйинган ҳаво бор. Поршень ҳаракатланганда камеранинг ҳажми 1,25 марта кенгайган. Кенгайиш адиабатик ҳисоблансин, шу билан

бирга $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$ деб қабул қилинсин. 1) Кенгайишга

қадар сув буғининг босими; 2) кенгайишга қадар камерадаги буғнинг миқдори; 3) кенгайишга қадар сув буғининг зичлиги; 4) кенгайишдан кейинги буғнинг температураси (буғнинг конденсацияланишда ажралиб чиққан иссиқлик ҳисобига температуранинг ўзгариши назарга олинмасин); 5) конденсацияланиб сувга айланган буғнинг миқдори топилсин; 6) конденсацияланганда кейинги сув буғининг зичлиги; 7) ўта тўйиниш даражаси, яъни кенгайишдан кейинги (лекин конденсацияланишгача) сув буғи зичлигининг конденсацияланганда кейинги температурада фазони тўйинтирувчи сув буғининг зичлигига нисбати топилсин.

7.11. Нормал шароитда сувнинг суюқ ва буғсимон ҳолатидаги солиштирма ҳажмлари топилсин.

7.12. Термодинамиканинг биринчи қонунидан ҳамда V ва VI жадвалда берилганлардан фойдаланиб, 200°C температурада сувнинг солиштирма буғланиш иссиқлиги топилсин. Сув учун критик температура $T_k = 647^{\circ}\text{K}$ ва критик босим $p_k = 217 \text{ атм.}$ VII жадвалда берилганларга асосан олинган натижаларнинг тўғрилигини текширинг.

7.13. 100°C температурада сувнинг солиштирма буғланиш иссиқлигининг қанча қисми системанинг ички энергиясини орттиришга сарф бўлади?

7.14. 77°C температурада бензол (C_6H_6) нинг солиштирма буғланиш иссиқлиги 95 кал/г га тенг. Шу температурада буғланган 20 г бензол ички энергиясининг ўзгариши нимага тенг?

7.15. Клапейрон — Клаузиус тенгласидан ва VI жадвалда берилганлардан фойдаланиб, 5°C температурадаги сувнинг солиштирма буғланиш иссиқлиги топилсин. VII жадвалда берилганларга асосан олинган натижанинг тўғрилигини текширинг.

7.16. $t_1 = 100^{\circ}\text{C}$ ва $t_2 = 120^{\circ}\text{C}$ температураларда тўйинган симоб буғининг эластиклиги мос равишда $p_1 = 0,28 \text{ мм сим. уст.}$ ва $p_2 = 0,76 \text{ мм сим. уст.}$ га тенг. Шу температуралар оралигида симобнинг солиштирма буғланиш иссиқлигининг ўртача қиймати топилсин.

7.17. $p_1 = 1 \text{ атм}$ босимда бензол (C_6H_6) нинг қайнаш температураси $80,2^{\circ}\text{C}$ га тенг. Агар $75,6^{\circ}\text{C}$ дан $80,2^{\circ}\text{C}$ гача бўлган температура интервалида бензолнинг ўртача солиштирма иссиқлик сифми $4 \cdot 10^5 \text{ ж/кг}$ га тенг бўлса, $75,6^{\circ}\text{C}$ температурада бензол тўйинган буғининг босими топилсин.

7.18. Этил спирти ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) тўйинган буғининг босими 40°C температурада 133 мм сим. уст. га тенг, 68°C температурада эса 509 мм сим. уст. га тенг. Температураси 50°C бўлган 1 г этил спирти буғланганда энтропиянинг ўзгариши топилсин.

7.19. 50°C температурада бўлган бирор суюқликнинг 1 кмол и буғланганда энтропиянинг ўзгариши 133 ж/град га тенг. 50°C температурада бу суюқлик тўйинган буғининг эластиклиги $92,5 \text{ мм сим. уст.}$ га тенг. Температура 50°C дан 51°C гача ўзгарганда, бу суюқлик тўйинган буғининг босими қанчага ўзгаради?

7.20. Симоб тутғичсиз ишлаётган, совитгичидаги сувнинг температураси 15°C бўлган симобли диффузион насос

ёрдамида идишдаги ҳавонинг энг ками билан қандай босимгача сўриб олиш мумкин? 0°C температурада симоб тўйинган буғининг эластиклиги $1,6 \cdot 10^{-4}$ мм сим. уст. га тенг ва $0-15^{\circ}\text{C}$ температура оралигида симобнинг солиштирма буғланиш иссиқлиги $75,6$ кал/г га тенг деб олинсин.

7.21. 0°C температурада симобнинг зичлиги $13,6$ г/см³ га тенглигини билган ҳолда, 300°C температурадаги зичлиги топилсин. Симобнинг ҳажм кенгайиш коэффициентини доимий ҳисоблаб, унинг берилган температурада ўртача қийматини $1,85 \cdot 10^{-4}$ град⁻¹ га тенг деб олинсин.

7.22. 100°C температурада симобнинг зичлиги $13,4$ г/см³ га тенг. Қандай температурада симобнинг зичлиги $13,1$ г/см³ га тенг бўлади? Симобнинг ҳажм кенгайиш коэффициенти $1,8 \cdot 10^{-4}$ град га тенг деб олинсин.

7.23. Агар сувнинг юзидаги зичлиги 1030 кг/м³ га тенг бўлса, унинг сиқилиш коэффициенти $4,8 \cdot 10^{-6}$ атм га тенг ҳисоблаб, 5 км чуқурликдаги денгиз сувининг зичлиги топилсин. Денгиз сувининг гидростатик босимини ҳисоблашда, унинг зичлиги тахминан сувнинг юзидаги зичлигига тенг деб қабул қилинсин.

7.24. 0°C температурада бензолнинг сиқилиш коэффициенти $9 \cdot 10^{-5}$ атм⁻¹ га, ҳажм кенгайиш коэффициенти эса $1,24 \cdot 10^{-3}$ град⁻¹ га тенг. Бензолни 1°C га иситганда унинг ҳажми ўзгармаслиги учун, ташқи босим қандай бўлиши керак?

7.25. Симобнинг ҳажм кенгайиш коэффициенти $\beta = 1,82 \cdot 10^{-4}$ град⁻¹ га тенг. Симобни 1°C га иситилганда унинг ҳажми ўзгармаслиги учун ташқи босимни 47 атм га орттирилган бўлса, симобнинг сиқилиш коэффициенти топилсин.

7.26. Агар симоб солинган туташ идишнинг чап найда температура 0°C да сақланиб, ўнг найи эса 100°C га иситилган бўлса, найлардаги симоб сатҳи баландликларининг фарқи топилсин. Чап найдаги симобнинг баландлиги 90 см. Симобнинг ҳажм кенгайиш коэффициентини $1,82 \cdot 10^{-4}$ град⁻¹ га тенг деб олинсин. Жисмнинг кенгайиши ҳисобга олинмасин.

7.27. Баландлиги $L = 10$ см бўлган шиша идишга симоб солинган. $t = 20^{\circ}\text{C}$ температурада симобнинг сатҳи идиш оғзидан $h = 1$ мм пастда бўлган. Симоб идишдан тошиб кетмаслиги учун, уни неча градусгача иситиш мумкин? Симоб-

нинг ҳажм кенгайиш коэффициентини $\beta = 1,82 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$ га тенг деб олинсин. Шишанинг кенгайиши назарга олинмасин.

7.28. 0°C температурада симоб билан лиммо-лим тўлатилган шиша идишнинг оғирлиги 1 кг . Бўш шиша идишнинг оғирлиги $0,1 \text{ кг}$ га тенг. Шишанинг кенгайишини ҳисобга олмасдан, 100°C температурада идишга жойлашган симобнинг миқдори топилсин. Симобнинг ҳажм кенгайиш коэффициенти $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$ га тенг деб олинсин.

7.29. Олдинги масала шишанинг кенгайиши ҳисобга олинмаган ҳолда ечилсин. Шишанинг ҳажм кенгайиш коэффициенти $3 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$ га тенг деб олинсин.

7.30. Шиша идиш 0°C температурада суюқ мой билан лиммо-лим тўлдирилган. Идиш 100°C температурагача иситилганда, идишдаги мойнинг 6% и тошиб кетган. Шишанинг ҳажм кенгайиш коэффициенти $\beta = 3 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ га тенг деб олиб, мойнинг ҳажм кенгайиш коэффициенти β_x топилсин.

7.31. Агар олдинги масала шартда шишанинг кенгайишини ҳисобга олмасдан, мойнинг ҳажм кенгайиши топилса, қандай нисбий хатоликка йўл қўйилади?

7.32. Бинонинг температураси 37°C га ва атмосфера босими 760 мм сим. уст. га тенг. Бу бинодаги симобли барометр қандай босимни ($\text{мм сим. уст. ларида}$) кўрсатади? Симобнинг кенгайишига нисбатан шишанинг кенгайишини жуда кичик деб ҳисоблансин. Симобнинг кенгайиш коэффициенти $1,82 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$ га тенг деб олинсин.

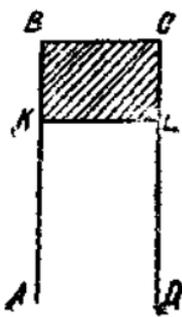
7.33. 1) Баландлиги $h = 10 \text{ мм}$, ички диаметри $d_1 = 50 \text{ мм}$ ва ташқи диаметри $d_2 = 52 \text{ мм}$ бўлган горизонтал алюминий ҳалқани сув сиртидан ажратиш учун, уни қандай куч билан юқорига тортиш керак? 2) Сирт таранглик кучи топилган кучнинг қанча қисмини ташкил қилади?

7.34. Ички диаметри 25 мм ва ташқи диаметри 26 мм ҳалқа деформация коэффициенти 10^{-4} кг/мм^2 га тенг пружиначага осилган ва ҳалқа суюқлик сиртига тегиб тўради. Суюқлик сирти аста-секин пастга туширила борилиб, пружина $5,3 \text{ мм}$ га чўзилганда ҳалқа суюқликдан ажралган. Суюқликнинг сирт таранглик коэффициенти топилсин.

7.35. ABCD рамкадаги қўзғалувчан KL сим совун пардасини таранг тортиб туради (12-расм). 1) KL силжийдиган мис сим мувозанатда бўлиши учун, унинг диаметри қандай бўлиши керак? 2) Силжийдиган KL сим 1 см сил-

жиганда $4,5 \cdot 10^{-6}$ ж га тенг иш бажарилган бўлса, унинг l узунлиги топилсин.

7.36. Ички диаметри 2 мм бўлган вертикал труба орқали идишдаги спирт томиб туради. Трубадан ҳар 1 секундада бир томчидан тушиб туради деб, 10 г спиртнинг қанча вақтда тўкилиб бўлишини топинг. Томчининг узилдиган жойининг диаметрини трубаининг ички диаметрига тенг деб олинсин.



12- расм.

7.37. Ички диаметри $d = 3$ мм бўлган вертикал труба орқали идишдаги сув томиб туради. Сув $t_1 = 100^\circ\text{C}$ дан $t_2 = 20^\circ\text{C}$ гача совиганда, ҳар бир томчининг оғирлиги $\Delta P = 13,5 \cdot 10^{-6}$ кГ га ўзгарган. 20°C температурада сувнинг сирт таранглик коэффициентини билган ҳолда, 100°C температурадаги сувнинг сирт таранглик коэффициенти топилсин. Томчининг узилдиган жойининг диаметрини трубаининг ички диаметрига тенг деб олинсин.

7.38. Вертикал маҳкамланган 1 мм диаметрли қўرғошин симнинг пастки учидан эритилганда 20 та қўрғошин томчиси ҳосил бўлган. Сим қанча қисқарган? Суюқ қўрғошиннинг сирт таранглик коэффициенти $0,47$ н/м га тенг. Томчининг узилдиган жойининг диаметрини симнинг диаметрига тенг деб олинсин.

7.39. Ички радиуси $r = 1$ мм бўлган вертикал трубадан сув томади. Томчининг узилиш вақтидаги радиуси топилсин. Томчини сферик деб ҳисоблансин. Томчининг узилдиган жойининг диаметрини трубаининг диаметрига тенг деб олинсин.

7.40. Ҳар бирининг радиуси 1 мм бўлган иккита симоб томчисининг қўшилишидан ҳосил бўлган томчи неча градусга исийди?

7.41. Радиуси 3 мм бўлган симобнинг сферик томчисини бир хил иккита томчига ажратиб учун унинг сирт таранглик кучига қарши қанча иш бажариш керак?

7.42. Радиуси 1 см бўлган совун пуфагининг ҳажмини икки баробар орттириш учун, унинг сирт таранглик кучига қарши қанча иш бажариш керак? Совун эритмасининг сирт таранглик коэффициенти $43 \cdot 10^{-3}$ н/м га тенг деб олинсин.

7.43. 4 см диаметри совун пуфагини ($\alpha = 0,043$ н/м) ҳосил қилиш учун, унинг сирт таранглик кучига қарши қанча иш бажариш керак?

7.44. Сув сиртидан $h = 20$ см чуқурликда бўлган $d = 0,01$ мм диаметри ҳаво пуфакчадаги ҳавонинг босими (мм сим. уст. ларида) аниқлансин. Ташқи босим, $p_1 = 765$ мм сим. уст. га тенг.

7.45. Совун пуфагининг ичидаги ҳавонинг босими атмосфера босимидан 1 мм сим. уст. га катта. Пуфакнинг диаметри нимага тенг? Совун эритмасининг сирт таранглик коэффициентини 0,043 н/м га тенг деб олинсин.

7.46. Ҳаво пуфаги сув сиртидан қандай чуқурликда бўлганда, ундаги ҳавонинг зичлиги 2 кг/м³ га тенг бўлади? Пуфакнинг диаметри 0,015 мм, температураси 20°C ва атмосфера босими 760 мм сим. уст. га тенг.

7.47. Сув сиртидан 5 м чуқурликда бўлган ҳаво пуфагидаги ҳавонинг зичлиги атмосфера остидаги зичлигидан (бирдай температурада) неча марта катта? Пуфакнинг радиуси $5 \cdot 10^{-4}$ мм.

7.48. Симобли идишнинг ичига ички диаметри $d = 3$ мм бўлган икки учи очик капилляр найча туширилган. Идишдаги ва капилляр найчадаги симоб сатҳи баландликларининг фарқи $\Delta h = 3,7$ мм. Капилляр найчадаги симоб менискининг эгрилик радиуси нимага тенг?

7.49. Сувли идишга диаметри $d = 1$ мм бўлган, икки учи очик капилляр найча туширилган. Идишдаги ва капилляр найчадаги сув сатҳи баландликларининг фарқи $\Delta h = 2,8$ см га тенг. 1) Капилляр найчадаги сув менискининг эгрилик радиуси нимага тенг? 2) Агар сув тўла ҳўлловчи бўлганда, идишдаги ва капилляр найчадаги сув сатҳи баландликларининг фарқи нимага тенг бўларди?

7.50. Ички диаметри $d = 1$ мм бўлган капилляр найчада бензол қандай баландликка кўтарилади? Бензол тўла ҳўлловчи деб ҳисоблансин.

7.51. Сув тўла ҳўлловчи бўлганда капиллярда 2 см кўтарилиши учун, капилляр найчанинг ички диаметри қандай бўлиши керак? Масала, капилляр найча 1) Ерда ва 2) Ойда бўлган ҳоллари учун ечилсин.

7.52. Диаметрлари $d_1 = 1$ мм ва $d_2 = 2$ мм бўлган туташ капилляр найчадаги симоб сатҳи баландликларининг фарқи топилсин. Симоб тўла ҳўлламовчи деб ҳисоблансин.

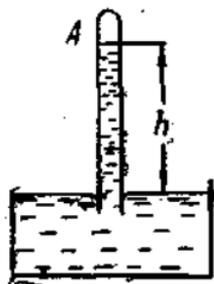
7.53. Керосинкада унинг горелкасига керосин кўтарилиши учун ($h = 10$ см га), керосинка пилигидаги тешикчаларнинг диаметри энг кўпи билан қандай бўлиши керак? Пиликдаги тешикчаларни цилиндрик найчалар ва тўла ҳўлланувчи деб қаралсин.

7.54. Ички диаметри 2 мм бўлган капилляр найча суюқликка туширилган. Капилляр найчада кўтарилган суюқликнинг оғирлиги $9 \cdot 10^{-5}$ кг бўлса, суюқликнинг сирт тарафлик коэффициентини топилсин.

7.55. Ички радиуси $r = 0,16$ мм бўлган капилляр найча сувли идишга вертикал равишда туширилган. Капилляр найчадаги ва кенг идишдаги сув сатҳи баландликлари бир хил бўлиши учун, капилляр найчадаги сув устидаги ҳавонинг босими қандай бўлиши керак? Ташқи босим $p_0 = 760$ мм сим. уст. га тенг. Сув тўла ҳўлловчи деб ҳисоблансин.

7.56. Капилляр найча сувли идишга вертикал равишда туширилган. Найчанинг юқори учи кавшарланган. Найчадаги ва кенг идишдаги сув сатҳи баландликлари бир хил бўлиши учун, найча узунлигининг 1,5% инигина сувга туширишга тўғри келган. Найчанинг ички радиуси нимага тенг? Ташқи босим 750 мм сим. уст. га тенг. Сувни тўла ҳўлловчи деб ҳисоблансин.

7.57. Симоб тўлғизилган (13-расм) барометрик А найчанинг ички диаметри: а) 5 мм, б) 1,5 см га тенг. Симоб устунининг баландлигига қараб атмосфера босимини бевосита топниш мумкинми? Агар атмосфера босими $p_0 = 758$ мм сим. уст. бўлса, бу ҳолларнинг ҳар бирида симоб устунининг баландликлари топилсин. Симобни тўла ҳўлламовчи деб ҳисоблансин.



13-расм.

7.58. Барометрик найчанинг ички диаметри 0,75 см га тенг. Атмосфера босими симоб устунининг баландлиги орқали аниқланганда қандай тузатма киритиш керак? Симобни тўла ҳўлламовчи деб ҳисоблансин.

7.59. Барометрик найчанинг ички диаметри: 1) 5 мм ва 2) 10 мм га тенг бўлганда, атмосфера босими симоб устунининг баландлиги орқали ҳисобланганда 760 мм сим. уст. га тенг бўлса, қандай нисбий хатоликқа йўл қўйилган бўлади? Симобни тўла ҳўлламовчи деб ҳисоблансин.

7.60. Сувнинг сиртига мойланган (сувда тўла ҳўлланмайдиган) пўлат игна қўйилган. Игна сувда чўкмасдан сузиб юриши учун, унинг диаметри энг кўпи билан қандай бўлиши керак?

7.61. Диаметри 1 мм бўлган мойланган (сувда тўла ҳўлланмайдиган) платина сим сувнинг сиртида чўкмасдан сузиб юрадими?

7.62. Симоб солинган идишнинг тубида тешиги бўлиб, симоб устунинг баландлиги 3 см га тенг бўлганда идишдаги симоб оқиб кетмаслиги учун, тешикнинг диаметри энг кўпи билан қандай бўлиши керак?

7.63. Қесим юзи $S = 30 \text{ см}^2$ бўлган шиша идишнинг тубида $d = 0,5 \text{ мм}$ диаметрли тешик бўлиб, унга симоб қўйилади. Идишда қанча миқдорда симоб қолади?

7.64. Сув ўргимчаги сувнинг сиртида югуриб ҳаракатланмоқда. Ўргимчакнинг саккизта оёғидан ҳар бирининг остида радиуси 0,1 мм га тенг ярим сферадан иборат чуқурча ҳосил бўлса, ўргимчакнинг оғирлиги қанчага тенг?

7.65. Ўлчамлари $9 \times 12 \text{ см}$ бўлган иккита ҳўлланган фотопластинкани бир-биридан (сурмасдан) ажратиш учун қандай куч қўйиш керак? Пластинкалар орасидаги сув қатламнинг қалинлиги 0,05 мм га тенг ва тўла ҳўлланиш деб ҳисоблансин.

7.66. Бир-биридан 0,25 мм масофада жойлашган иккита вертикал ясси-параллел шиша пластинкаларнинг орасига суюқлик қўйилган. Агар пластинкалар орасидаги суюқлик 3,1 см га кўтарилганлиги маълум бўлса, суюқликнинг зичлиги топилсин ($\alpha = 30 \text{ дина/см}$). Суюқлик тўла ҳўлловчи деб ҳисоблансин.

7.67. Иккита горизонтал ясси-параллел шиша пластинкалар орасида 5 г симоб жойлашган бўлиб, юқориги пластинканинг устига 5 кГ юк қўйилганда пластинкаларнинг оралиги 0,087 мм га тенг бўлиб қолган. Юкка нисбатан симобнинг оғирлигини назарга олмасдан, симобнинг сирт таранглик коэффициенти топилсин. Симобни тўла ҳўлловчи деб ҳисоблансин.

7.68. Очиқ капилляр найчада бир томчи сув бор. Капилляр найча вертикал ҳолда турганда томчи: 1) 2 см, 2) 4 см ва 3) 2,98 см узунликдаги сув устун ҳосил қилади. Капилляр найчанинг ички диаметри 1 мм га тенг, Бу ҳолларнинг ҳар бирида юқориги ва пастки менисклар-

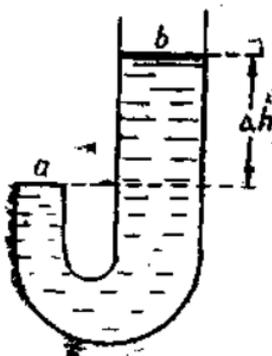
нинг эгрилик радиуслари топилсин. Сув тўла ҳўлловчи деб ҳисоблансин.

7.69. Диаметри $d = 2$ мм бўлган горизонтал капилляр найчага $h = 10$ см узунликдаги сув устунчаси ҳосил бўлгунча сув сўрилган. Агар капилляр найча вертикал ҳолда қўйилса, ундан неча грамм сув оқиб тушади? Сувни тўла ҳўлловчи деб ҳисоблансин.

Қўрсатма. Пастки менискнинг эгрилик радиуси капилляр найчанинг радиусига тенг бўлганда, капиллярда туриб қолган сув устуни узунлигининг энг катта қиймати мос келишлигини назарда тутиш керак. (Олдинги масаланинг ечилишига қаранг.)

7.70. Ички радиуси $r = 0,6$ мм га тенг бўлган очиқ вертикал капилляр найчада спирт устунчаси бор. Капилляр найчанинг пастки учида спирт устунчасининг қавариқ мениски ҳосил бўлади. Пастки менискнинг R радиуси: 1) $3r$, 2) $2r$ ва 3) r ларга тенг бўлганда спирт устунчасининг h баландлиги топилсин. Спирт тўла ҳўлловчи деб ҳисоблансин.

7.71. 14-расмда тасвирланган, иккала учи очиқ най керосин билан тўлдирилган. Най a ва b учларининг ички радиуси мос равишда $r_1 = 0,5$ мм ва $r_2 = 0,9$ мм га тенг. Керосин сатҳларининг Δh фарқи қандай бўлганда, найнинг a учидаги мениск:



14-расм.

1) $R_x = r_1$ эгрилик радиуси бо-тиқ, 2) ясси, 3) $R_x = r_2$ эгрилик радиуси қавариқ, 4) $R_x = r_2$ эгрилик радиуси қавариқ бўлади? Керосин тўла ҳўлловчи деб ҳисоблансин.

7.72. Сувли кенг идишга капилляр найча туширилганда, ундаги сувнинг сатҳи идишдаги сувнинг сатҳидан $h = 2$ см баландда бўлган.

Капилляр найчанинг ички радиуси $r = 0,5$ мм га тенг. Капилляр найчадаги менискнинг R эгрилик радиуси топилсин. Сув тўла ҳўлловчи деб ҳисоблансин.

7.73. Деворлари тўла ҳўлланувчи ареометр сувда сузиб юрибди. Ареометрнинг цилиндрсимон вертикал найчасининг диаметри $d = 9$ мм га тенг. Агар сувнинг юзига бир неча

томчи спирт томизилса, ареометрнинг ботиш чуқурлиги қанчага ўзгаради?

7.74. Ареометр зичлиги $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ ва сирт таранглик коэффициенти $\alpha = 30 \text{ дина/см}$ бўлган суюқликда сузиб юрибди. Суюқлик ареометр деворларини тўла ҳўллайдди. Ареометрнинг цилиндрсимон вертикал найчасининг диаметри $d = 9 \text{ мм}$ га тенг. Агар ареометр мойланганлиги сабабли бу суюқлик билан тўла ҳўлланмовчи бўлиб қолса, ареометрнинг ботиш чуқурлиги қанчага ўзгаради?

7.75. 10 г шакар ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) $0,5 \text{ л}$ сувда эритилганда, эритманинг осмотик босими $1,52 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ га тенг. Эритма қандай температурада бўлган? Шакар молекулалари диссоциацияланмайди.

7.76. 87°C температурада бу эритманинг осмотик босими $1,65 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ га тенг. Сувнинг қанча молекуласи эритмада эритилган модданинг битта молекуласига тўғри келади? Диссоциацияланиш бўлмайди.

7.77. $0,5 \text{ л}$ сувда 2 г ош тузи эритилган. Ош тузи молекулаларининг диссоциация даражаси 75% га тенг. 17°C температурада эритманинг осмотик босими топилсин.

7.78. Ош тузи сувда эритилганда молекулаларининг диссоциация даражаси 40% га тенг бўлган. 27°C температурада бу эритманинг осмотик босими $1,21 \text{ кг/см}^2$ га тенг. Ош тузининг қанча миқдори 1 л сувда эритилган?

7.79. 18°C температурада $2,5 \text{ г}$ ош тузи 1 л сувда эритилган. Эритманинг осмотик босими $1,6 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ га тенг. 1) Бу ҳолда ош тузи молекулаларининг диссоциация даражаси қандай? 2) 1 см^3 эритмада эритилган модданинг қанча заррачаси бўлади?

7.80. 40 г шакар ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) $0,5 \text{ л}$ сувда эритилган. Эритманинг температураси 50°C га тенг. Эритма устидаги тўйинган сув буғининг босими нимага тенг?

7.81. 30°C температурада эритма устидаги тўйинган буғнинг босими $31,5 \text{ мм. с.м. уст.}$ га тенг. 60°C температурада бу эритма устидаги тўйинган буғнинг эластиклиги топилсин.

7.82. Эритма устидаги тўйинган буғнинг эластиклиги соф сув тўйинган буғининг эластиклигидан $1,02$ марта кичик. Эритма модданинг битта молекуласига сувнинг қанча молекуласи тўғри келади?

7.83. Учувчан бўлмаган (нелетуче) моддadan 100 г

олиб 1 л сувда эритилган. Эритманинг температураси 90°C га, эритма устидаги тўйинган бугнинг босими 515,9 мм сим. уст. га тенг. Эритилган модданинг бир киломоль мас-саси аниқлансин.

7.84. Учувчан бўлмаган модданинг бир киломоль мас-саси $\mu = 60$ кг/кмоль сувда эритилган. Эритманинг температураси 80°C га, эритма устидаги тўйинган бугнинг босими 353 мм сим. уст. га тенг. Эритманинг осмотик босими топилсин.

8-§. Қаттиқ жисмлар

Босим dp га ўзгарганда эриш температурасининг dT га ўзгариши Клаузиус — Клапейрон тенгламаси билан ифодаланади

$$dT = T \frac{V_c - V_k}{q_0} dp,$$

бунда q_0 — молекуляр эриш иссиқлиги, V_c — бир киломоль суюқликнинг ҳажми, V_k — бир киломоль қаттиқ жисмнинг ҳажми ва T — эриш температураси.

Жуда паст бўлмаган температураларда қаттиқ жисмлар учун Дюлонг ва Пти қонуни ўринли бўлиб, унга асосан барча химиявий содда кристалл қаттиқ жисмларнинг атом иссиқлик сифимлари тахминан $3R = 25 \times 10^8$ ж/кг-атом·град = 6 кал/г-атом·град га тенг.

Иссиқлик ўтказувчанлик натижасида Δt вақтда кўчирилган иссиқлик миқдори қуйидаги формуладан аниқланади:

$$Q = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot \Delta t,$$

бунда $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ эса ΔS юзга тик йўналишдаги температуранинг градиенти, λ — иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини.

Биринчи яқинлашишда қаттиқ жисмнинг температураси ортган сари унинг узунлиги ҳам температурага нисбатан чизиқли равишда ортади, яъни

$$l_t = l_0 (1 + a \cdot t),$$

бунда l_t — жисмнинг t температурадаги узунлиги, l_0 — унинг 0°C температурадаги узунлиги ва a — қаттиқ жисмларнинг иссиқликдан чизиқли узайиш коэффициенти.

Қаттиқ изотроп жисмлар учун $a = \frac{1}{3} b$ бўлиб, бунда b — қаттиқ жисмнинг иссиқликдан ҳажм кенгайиш коэффициенти.

Гук қонунига асосан бўйга чўзилиш (ёки бир томонлама сиқилиш) деформациясида стержень узунлигининг нисбий ўзгариши

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha p_{||} = \frac{1}{E} p_{||},$$

бунда $p_{||}$ — солиштирма нагрузка (юк), яъни $p_{||} = \frac{F}{S}$ бўлиб, бунда F — чўзувчи (сиқувчи) куч, S — стержень кўндаланг кесимининг юзи ва α — эластиклик коэффициенти. $E = \frac{1}{\alpha}$ катталик эластиклик модули (Юнг модули) дейилади.

Бўйга узайганда стержень қалинлигининг нисбий ўзгариши

$$\frac{\Delta d}{d} = \beta p_{||},$$

бунда β — кўндаланг сиқилиш коэффициенти.

$$\sigma = \frac{\beta}{\alpha}$$

катталик Пуассон коэффициенти дейилади.

Стерженьни (симни) қандайдир φ бурчакка бураш учун қуйидаги жуфт куч моменти қўйилиши керак:

$$M = \frac{\pi N r^4 \varphi}{2l},$$

бунда l — симнинг узунлиги, r — унинг радиуси ва N — сим материалининг силжиш модули дейилади.

8.1. 2 кмоль муз эриганда энтропиянинг ўзгариши 22,2 кж/град га тенг. Ташқи босим $1 \cdot 10^5$ н/м² га кўтарилса, муз эриш температурасининг қанчага ўзгариши топилсин.

8.2. 10^6 н/м² босимда қалайнинг эриш температураси 231,9°С га, 10^7 н/м² босимда эса у 232,2°С га тенг. Суюқ қалайнинг зичлиги 7,0 г/см³. 1 кмоль қалай эриганда энтропиянинг ўзгариши топилсин.

8.3. Бесим 1 кг/см^2 га ўзгарганда темирнинг эриш температураси $0,012^\circ$ ўзгарса, темир эриганда бир киломоль ҳажмининг ўзгариши топилсин.

8.4. Дюлонг ва Пти қонунидан фойдаланиб: 1) миснинг, 2) темирнинг, 3) алюминийнинг солиштирма иссиқлик сифими топилсин.

8.5. Агар $0,025 \text{ кг}$ оғирликдаги металл шарчани 10°C дан 30°C гача иситиш учун 117 ж иссиқлик сарфланган бўлса, Дюлонг ва Пти қонунидан фойдаланиб, шарча қандай материалдан ясалганлиги топилсин.

8.6. Дюлонг ва Пти қонунидан фойдаланиб, алюминийнинг солиштирма иссиқлик сифими платинанинг солиштирма иссиқлик сифимидан неча марта кўплиги топилсин.

8.7. 400 м/сек тезлик билан қўрғошин ўқ деворга урилади ва унда тикилиб қолади. Ўқ кинетик энергиясининг 10% уни иситишга сарф бўлади деб ҳисоблаб, ўқнинг неча градусга исinganлиги топилсин. Қўрғошиннинг солиштирма иссиқлик сифими Дюлонг ва Пти қонунидан топилсин.

8.8. Мис (қалинлиги $d_1 = 9 \text{ мм}$) ва темир (қалинлиги $d_2 = 3 \text{ мм}$) пластинкалар устма-уст тахланган. Мис пластинканинг ташқи сирти $t_1 = 50^\circ\text{C}$ ўзгармас температурада, темирнинг ташқи сирти эса $t_2 = 0^\circ\text{C}$ температурада сақланади. Пластинкалар бир-бирига тегиб турган сиртининг t_3 температураси топилсин. Пластинкаларнинг юзи қалинлигига нисбатан жуда катта.

8.9. Девор ташқи сиртининг температураси $t_1 = -20^\circ\text{C}$, ички сиртининг температураси эса $t_2 = +20^\circ\text{C}$ ва унинг қалинлиги 40 см . Агар деворнинг ҳар 1 м^2 юзидан 1 соатда 110 ккал иссиқлик ўтиб турса, девор материалининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентиги топилсин.

8.10. Полининг юзи $4 \times 5 \text{ м}$ ва баландлиги 3 м бўлган хона тўртта ғишт девори орқали бир минутда қанча иссиқлик йўқотади? Хонанинг температураси $t_1 = 15^\circ\text{C}$, ташқи температура эса $t_2 = -20^\circ\text{C}$. Ғиштнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентиги $0,002 \text{ ккал/град}\cdot\text{см}\cdot\text{сек}$, деворнинг қалинлиги 50 см . Пол ва шип орқали йўқотилган иссиқлик ҳисобга олинмасин.

8.11. Темир стерженнинг бир учи 100°C температурада сақланади, иккинчи учи эса музга тегиб туради. Стерженнинг узунлиги 14 см , кўндаланг кесимининг юзи эса 2 см^2 .

Стержень шундай изоляцияланганка, унинг айланма сирти орқали йўқолган иссиқлик миқдори назарга олинмаса ҳам бўлади. 1) Стержень бўйлаб иссиқликнинг оқиш тезлиги, 2) 40 минутда эриган музнинг миқдори топилсин.

8.12. Узунлиги 50 см, кўндаланг кесимининг юзи 10 см^2 бўлган мис стержень учларидаги температураларининг фарқи 15°C бўлса, 1 сек да ундан ўтган иссиқлик миқдори топилсин. Иссиқликнинг исрофи назарга олинмасин.

8.13. Сув тўлдирилган 15 см диаметрли алюминий кастрюлька плитага қўйилган. Сув қайнаб ҳар минутда 300 г сув буги ҳосил бўлади. Агар кастрюлька тубининг қалинлиги 2 мм бўлса, кастрюлька туби ташқи сиртининг температураси топилсин. Иссиқликнинг исрофи назарга олинмасин.

8.14. 9 см радиусли металл цилиндрик идишга 0°C температурали муз тўлдирилган. Бу идиш 1 см қалинликдаги пўкак қатлами билан иссиқликдан изоляцияланган. Агар ташқи ҳавонинг температураси 25°C бўлса, идишдаги муз қанча вақтда эрийди? Иссиқлик фақат ўртача радиуси 9,5 см бўлган идишнинг ён сирти орқали кириб туради деб ҳисоблансин.

8.15. Кўндаланг кесимининг юзи $S = 10 \text{ см}^2$ бўлган стерженни $t_1 = 0^\circ\text{C}$ дан $t_2 = 30^\circ\text{C}$ гача иситганда чўзилмаслиги учун, унинг учларига қандай куч қўйилиши керак?

8.16. 1 мм радиусли пўлат симга юк осилган. Сим 20°C да қанча чўзилган бўлса, бу юк таъсирида ҳам шунча чўзилади. Юкнинг оғирлиги топилсин.

8.17. 150°C температурали мис сим иккита қўзғалмас девор орасига таранг қилиб тортилган. Совиганда сим қандай температурада узилади? Гук қонуни симнинг узилишига қадар ўринли деб ҳисоблансин.

8.18. Бирор металлни 0°C дан 500°C гача иситилганда, унинг зичлиги 1,027 марта камайган. Температураларнинг берилган интервалида бу металлнинг иссиқликдан чиқиқли узайиш коэффициентини ўзгармас ҳисоблаб, унинг қиймати топилсин.

8.19. Ҳар қандай температурада пўлат стержень мис стержендан 5 см узун бўлиши учун пўлат ва мис стерженларнинг 0°C температурадаги узунликлари қандай бўлиши керак?

8.20. 0°C температурадаги оғирлиги 1 кг бўлган мис бўлағини иситиш учун 33 кал иссиқлик сарф қилинган.

Буида унинг ҳажми неча марта кенгайган? Миснинг иссиқлик сифими Дюлонг ва Пти қонунидан топилсин.

8.21. Кўндаланг кесимиининг юзи $1,5 \text{ мм}^2$ бўлган мис симга $4,5 \text{ кг}$ куч таъсир қилгандагина қолдиқ деформациянинг бошланганлиги кузатишган. Сим материалининг эластиклик чегараси қандай?

8.22. Пўлат трос 1 Т юк осилганда узилиб кетмаслиги учун унинг диаметри энг ками билан қандай бўлиши керак?

8.23. Вертикал осилган мис симнинг узунлиги қанча бўлганда у ўз оғирлиги таъсирида узила бошлайди?

8.24. Олдинги масала кўрғошини сим учун ечилсин.

8.25. Денгиз чуқурлигини ўлчаш учун пароходдан пўлат тросга осилган тош туширилган. Тош оғирлигини троснинг оғирлигига нисбатан ҳисобга олмасдан бу усулда энг кўпи билан қандай чуқурликни ўлчаш мумкинлиги топилсин. Денгиз сувининг зичлиги 1 г/см^3 га тенг деб олинсин.

8.26. Бинонинг тоmidан узунлиги 40 ва диаметри 2 мм бўлган 2 мм пўлат сим осилиб турибди. 1) Бу сим узилиб кетмаслиги учун унга энг кўпи билан қандай юк осилсин керак? 2) Бу симга 70 кг оғирликдаги одам осилса, сим қанчага чўзилади? 3) Одам симни қўйиб юборса, қолдиқ деформация юз берадими? Пўлатнинг эластиклик чегараси $2,94 \times 10^8 \text{ н/м}^2$ га тенг деб олинсин.

8.27. 1 мм диаметрли пўлат симга оғирлиги 981 н бўлган юк осилган. Юкли сим мувозанат вазиятидан ўтишда узилиб кетмаслиги учун, уни энг кўпи билан қандай бурчакка оғдириш керак?

8.28. Узунлиги 50 см ва диаметри 1 см бўлган темир симга 1 кг оғирликдаги тош осилган. Бу юкли сим узилиб кетмаслиги учун уни вертикал текисликда энг кўпи билан секундига неча мартадан текис айлантириш мумкин?

8.29. Узунлиги 1 м бўлган бир жинсли мис стержень бир учидан ўтувчи вертикал ўқ атрофида бир текисда айлантирилади. Қандай тезлик билан айланганда стержень узилиб кетади?

8.30. Бир жинсли стержень ўртасидан ўтувчи вертикал ўқ атрофида текис айланади. Стержень учининг тезлиги 380 м/сек га етганда стержень узилиб кетади. Стержень материалининг мустаҳкамлик чегараси топилсин. Стержень материалининг зичлиги 7900 кг/м^3 га тенг.

8.31. Узунлиги 1 м ва радиуси 1 мм бўлган пўлат симга 100 кГ юк осилган. Симнинг чўзилиш иши нимага тенг?

8.32. Узунлиги 42 см ва радиуси 3 мм бўлган резинка шнурдан рогатка тайёрланган. Рогаткадан отаётган бола резинка шнурни 20 см га чўзган. Агар рогаткадан 20 м/сек тезлик билан отилиб чиққан тошнинг оғирлиги 0,02 кГ эканлиги маълум бўлса, бу резинканинг Юнг модули топилсин. Резинка чўзилганда шнурнинг кўндаланг кесмининг ўзгариши назарга олинмасин.

8.33. Узунлиги 50 см ва диаметри 1 мм бўлган резинка шланг бор. Агар резинка учун Пуассон коэффиценти 0,5 га тенг бўлса, шлангни 10 см га чўзгандаги унинг ички диаметри топилсин.

8.34. 15-расмда узунлиги ва кўндаланг кесими бир хил бўлган AB темир ва CD мис симлар вертикал осиб қўйилган, BD стерженнинг узунлиги 80 см.

BD стержень горизонтал вазиятда қолиши учун, унга $P = 20$ кГ юкни B нуқтадан қандай x масофада осиб керак?

8.35. Узунлиги 10 см ва радиуси 0,1 мм бўлган симни $10'$ бурчакка буриш учун керак бўлган жуфт кучнинг моменти топилсин. Сим материалининг силжиш модули $5 \cdot 10^3$ кГ/мм² га тенг.

8.36. Гальванометрнинг кўзгучаси $L = 10$ см узунликдаги $d = 0,01$ мм диаметрли симга осилган. Шуъла кўзгучадан 1 м узунликдаги шкалада 1 мм га силжиган бўлса, симни буровчи момент топилсин. Сим материалининг силжиш модули $4 \cdot 10^{11}$ дина/см² га тенг.

8.37. $10'$ бурчакка буралган, узунлиги 5 см ва диаметри $4 \cdot 10^{-3}$ см бўлган симнинг потенциал энергияси топилсин. Сим материалининг силжиш модули $5,9 \cdot 10^{11}$ дина/см² га тенг.

8.38. Гальванометр ўраמידан электр токи ўтаётганда унинг рамкасига маҳкамланган кўзгучага $2 \cdot 10^{-6}$ дина/см га тенг бўлган буровчи момент таъсир қилади: бунда рамка кичик ϕ бурчакка буралади. Рамкани буриш учун сарф бўлган иш $8,7 \cdot 10^{-16}$ ж га тенг. Кўзгучадан қайтган шуъла гальванометрдан 1 м масофада жойлашган шкала бўйлаб қандай масофага силжийди?



15-расм.

8.39. Сим чўзилганда ҳажми ўзгармаслиги учун Пуассон коэффициентининг қиймати топилсин.

8.40. $\rho = 1000 \text{ кг/см}^3$ босим остида сиқилган цилиндрик мис стержень зичлигининг нисбий ўзгариши топилсин. Мис учун Пуассон коэффициенти $\sigma = 0,34$ га тенг.

8.41. Узунлиги 5 м бўлган темир сим вертикал осилган. Симга 10 кг юк осилган бўлса, унинг ҳажми қанчага ўзгаради? Темир учун Пуассон коэффициенти 0,3 га тенг.

III БОБ

ЭЛЕКТР ВА МАГНЕТИЗМ

ЭЛЕКТР ВА МАГНИТ БИРЛИКЛАРИ

Бирликлар халқаро системасининг ташкилий қисми электр ва магнит катталикларини ўлчаш учун белгиланган МКСА (ГОСТ 8033-56) системасидир.

Бу системанинг асосий бирликлари метр (*м*), килограмм (*кг*), секунд (*сек*) ва ампер (*а*) дир. МКСА системасининг ҳосиллавий бирликлари физик катталиклар орасидаги боғланишни кўрсатувчи қонушга асосан келиб чиқади. Масалан, электр миқдорининг бирлиги кулон (*к*), ток кучи 1 а бўлганда ўтказгичнинг кўндаланг кесмидан 1 сек да ўтаётган электр миқдори $q = It$ тенгламадан аниқланади, яъни $1 \text{ к} = 1 \text{ а} \cdot 1 \text{ сек}$. Потенциаллар айирмасининг бирлиги — вольт (*в*), $P = U \cdot I$ тенгламадан аниқланади, бу ерда P — токнинг қуввати. Бундан $1 \text{ в} = \frac{1 \text{ ом}}{1 \text{ а}}$. Худди шу йўл билан қолган ҳосиллавий катталикларнинг бирликларини МКСА системадан топиш мумкин (12-жадвалга қarang).

МКСА бирликлар системасининг қўлланиши формулаларнинг рационализация қилиниши (соддалаштирилиши) билан боғлиқдир. Электр ва магнит ҳодисалари назариясига тегишли бўлган кўпчилик тенгламаларга 4π совли кўпайтувчи кирди (масалан, Гаусс теоремаси, ясси конденсатор сизими, соленоид ичидаги магнит майдони кучланганлиги ва ҳ. к.). Тенгламаларнинг рационализация қилиниши электротехника ва радиотехникада жуда кўп қўлланиладиган формулаларда бу кўпайтмани киритмасликни мақсад қилиб қўяди, шу билан бирга, 4π кўпайтувчи бошқа, кам қўлланиладиган, унинг қатнашиши геометрик мулоҳазалар билан тушунтирилиши мумкин бўлган формулаларга кир-

ди. ГОСТ халқаро системадаги электр ва магнит birlikларини электромагнит майдони тенгламаларининг рационализация қилинган шакли учун белгилади. Бунга мос ҳолда III боб параграфларига тегишли кириш қисмидаги ҳамма тенгламалар рационализациялашган шаклда берилган.

ГОСТ 8033-56 да, МКСА системасидан ташқари, электр ва магнит ўлчовлари учун СГС системаси (Гаусс системаси) ни ҳам қўллаш мумкинлиги кўрсатилган. Шунинг учун масала шартларида берилган сон қийматлар ҳар доим МКСА системада берилмайди. Бироқ, ягона системани қўллаш билан боғлиқ бўлган афзалликни эътиборга олиб, олдинги боблардаги каби, масалалар фақат МКСА системасидаги birlikларда ечилади. Бунинг учун масалалар шartiда берилган сон қийматларни МКСА системадаги birlikларга айлантириш зарур. 13- жадвалда ГОСТ 8033-56 га мувофиқ СГС ва МКСА системаларидаги баъзи birlikлар орасидаги муносабат кўрсатилган.

СГС системада кўпчилик birlikларнинг номи бўлмаганлиги учун, бирор физик катталиқ birlikини шу система символига мос индекс билан ифодалаймиз. Масалан, ток кучининг birlikи $СГС_I$ билан, сизим birlikи $СГС_C$ билан ва ҳ. к. ифодаланади.

12- жадвал

Миқдор ва унинг ифодаси	Бирлиكنи аниқлашда хизмат қилувчи тенглама	Ўлчов birlikи	Бирлиكنинг қисқартрилган белгиси	Миқдорнинг ўлчамлиги
Асосий birlikлар				
Узунлик l	—	метр	$м$	L
Масса m	—	килограмм	$кг$	M
Вақт t	—	секунд	$сек$	T
Электр ток кучи I	—	ампер	$а$	I
Ҳосиллави birlikлар				
Электр миқдори	$q = It$	кулон ёки ампер-секунд	$к(а \cdot сек)$	TI
Электр силжшининг оқими (электр индукция оқими)	$\Psi = ND = \Sigma q$	кулон	$к$	TI

12-жадвалнинг давоми

Электр зарядининг чиқиқли зичлиги	$\tau = \frac{q}{l}$	кулон бўлинган метр	к/м	$L^{-1}Tl$
Электр зарядининг сирт зичлиги	$\sigma = \frac{q}{S}$	кулон бўлинган метр квадрат	к/м ²	$L^{-1}Tl$
Электр силжishi (электр индукцияси)	$D = \sigma$	бўлинган метр квадрат	к/м ²	$L^{-1}Tl$
Электр зарядининг ҳажм зичлиги	$\delta = \frac{q}{V}$	кулон бўлинган метр куб	к/м ³	$L^{-1}Tl$
Потенциаллар айирмаси; электр юритувчи куч	$\Delta U = \frac{A}{q}$	вольт	в	$L^{-2}MT^{-2}I^{-1}$
Электр майдонининг кучланганлиги	$E = \frac{U}{l}$	вольт бўлинган метр	в/м	$LMT^{-2}I^{-1}$
Электр қариндиги	$R = \frac{U}{I}$	ом	ом	$L^2MT^{-2}I^{-2}$
Солиқтирма электр қариндиги	$\rho = \frac{RS}{l}$	ом-метр	ом·м	$L^3MT^{-2}I^{-2}$
Электр сифими	$C = \frac{q}{U}$	фарада	ф	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$
Ток зичлиги	$j = \frac{I}{S}$	ампер бўлинган метр квадрат	а/м ²	$L^{-2}I$
Магнит индукциясининг оқими	$d\Phi = Edt$	вебер тесла (квадрат метрда вебер)	вб тл	$L^2MT^{-2}I^{-1}$ $MT^{-2}I^{-1}$
Магнит индукцияси	$B = \frac{\Phi}{S}$			
Индуктивлик	$ L = \frac{E}{di/dt}$	генри	гн	$L^2MT^{-2}I^{-2}$
Магнит майдон кучланганлиги	$H = \frac{I}{2\pi r}$	ампер бўлинган метр	а/м	$L^{-1}I$
Тоқли контур (стрелка) нинг магнит моменти	$p = IS$	ампер-метр квадрат	а·м ²	L^2I

13-жадвалда электромагнит майдон тенгламаларининг рационализация қилинмаган шакли учун СГС системасидаги бирликлар билан рационализация қилинган шакли учун МКСА системасидаги бирликлар орасидаги муносабатлар берилган. Рационализация қилинмаган ва рационализация қилинган тенгламалар орасидаги боғланишни иловалардан қаралсин.

Муҳитнинг нисбий диэлектрик киритувчанлиги $\epsilon = \frac{\epsilon'}{\epsilon_0}$ ни киритамиз, бунда ϵ' — муҳитнинг абсолют диэлектрик киритувчанлиги бўлиб, унинг сон қиймати муҳитнинг хоссасига ва бирликлар системасининг тапганишига боғлиқ; ϵ_0 — вакуумнинг диэлектрик киритувчанлиги. ϵ_0 катталикни электрик доимий дейлиб, унинг сон қиймати фақат ўлчов бирликлари системасининг тапгаб олинишига боғлиқ. У ҳолда ҳамма тенгламаларда ϵ' ўринга сон жиҳатидан унга тенг бўлган ϵ_0 катталикни олишимиз мумкин, бунда ϵ_0 электрик доимий ва ϵ — муҳитнинг вакуумга нисбатан диэлектрик киритувчанлик қиймати, яъни диэлектрик киритувчанлигининг жадвалдаги одатдаги қийматидир. СГС системасида $\epsilon_0 = 1$ ва $\epsilon' = \epsilon$. МКСА системасида $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi c^2} \times 10^7 \frac{\phi}{м} = 8,85 \cdot 10^{-12} \phi/м$ ($c \approx 3 \cdot 10^9$ м/сек).

13-жадвал

Микдор	Ўлчов бирлиги ва унинг СИ бирликлари билан боғланиши
Ток кучи	$1СГС_I = \frac{10}{c} a = \frac{1}{3} 10^{-9} a$
Электр миқдори	$1СГС_Q = \frac{10}{c} \kappa = \frac{1}{3} 10^{-9} \kappa$
Электр силжишининг оқими (электр индукция оқими)	$1СГС_\psi = \frac{10}{4\pi c} \kappa = \frac{1}{4\pi \cdot 3} 10^{-9} \kappa$
Электр силжиши (электростатик индукция)	$1СГС_D = \frac{10^5}{4\pi c} \kappa = \frac{1}{4\pi c \cdot 3} 10^{-5} \kappa/м^2$
Электр зарядининг сирт зичлиги	$1СГС_\sigma = \frac{10^5}{c} \kappa/м^2 = \frac{1}{3} 10^{-5} \kappa/м^2$

Потенциаллар айир-
маси

Электр майдонининг
кучланганлиги

Электр қаршилиги

Солиштирма электр
қаршилиги

Электр сифими

Ток зичлиги

Магнит индукцияси-
нинг оқими

Магнит индукцияси

Индуктивлик

Магнит майдони куч-
ланганлиги

$$1 \text{СГС}U = c \cdot 10^{-8} \text{ в} = 3 \cdot 10^8 \text{ в}$$

$$1 \text{СГС}E = c \cdot 10^{-6} \text{ в/м} = 3 \cdot 10^4 \text{ в/м}$$

$$1 \text{СГС}R = c^2 \cdot 10^{-9} \text{ ом} = 9 \cdot 10^{11} \text{ ом}$$

$$1 \text{СГС}p = c^2 \cdot 10^{-11} \text{ ом} \cdot \text{м} = 9 \cdot 10^9 \text{ ом} \cdot \text{м}$$

$$1 \text{СГС}C = \frac{1}{c^2} \cdot 10^9 \text{ ф} = \frac{1}{9} \cdot 10^{-11} \text{ ф}$$

$$1 \text{СГС}j = \frac{10^9}{c} \text{ а/м}^2 = \frac{1}{3} \cdot 10^{-5} \text{ а/м}^2$$

$$1 \text{СГС}\Phi = 1 \text{ максвелл (мкс)} = 10^{-8} \text{ вб}$$

$$1 \text{СГС}B = 1 \text{ гаусс (гс)} = 10^{-4} \text{ тл}$$

$$1 \text{СГС}L = c^2 \cdot 10^{-9} \text{ гн} = 9 \cdot 10^{11} \text{ гн}^*$$

$$1 \text{СГС}H = 1 \text{ эрстед (э)} = \frac{1}{4\pi} \cdot 10^{-3} \text{ а/м}$$

Изоҳ. Бу жадвалда Бруглик тизлисининг бўлиқдаги қиймати сантиметр бўлигача секунд билан ифодаланган, яъни $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/сек.

* Индуктивлик бирлигини аниқловчи тенглама сифатида ёки $\mathcal{E} = -L \frac{dI}{dt}$ тенгламани ёки $\Phi = LI$ тенглама (СГС системада $\Phi = \frac{1}{c} LI$) ни олиш мумкин. Биринчи тенгламадан $|L| = \frac{\mathcal{E} dt}{dI}$ эга бўламиз ва

$$\text{у ҳолда } 1 \text{ гн} = \frac{1 \text{ в} \cdot 1 \text{ сек}}{1 \text{ а}} = \frac{\left(\frac{1}{c} \cdot 10^8 \text{СГС}U\right) \cdot 1 \text{ сек}}{\frac{c}{10} \text{СГС}I} = \frac{1}{c^2} \cdot 10^9 \text{СГС}L, \text{ бук-}$$

дан $1 \text{СГС}L = c^2 \cdot 10^{-9} \text{ гн}$. Бу муносабат, ГОСТ 8033-56 га мос ҳолда 13-жадвалда келтирилган. Иккинчи тенглама олигача эса $L = \frac{c\Phi}{I}$ ва у ҳолда

$$1 \text{ гн} = \frac{c \cdot 1 \text{ вб}}{1 \text{ а}} = \frac{c(10^8 \text{СГС}\Phi)}{\frac{c}{10} \text{СГС}I} = 10^9 \text{СГС}L,$$

бундан $1 \text{СГС}L = 10^{-9} \text{ гн}$. Бу муносабат физика дарсликларининг деярли ҳаммасида келтирилади. Балки ГОСТ охириги муносабатга асосан ўзгарар. Бу масала китобда СГС_L бирлигидан фойдаланмаймиз, индуктивликни фақат СИ системасидаги бирликда—генрида ифодалаймиз.

Худди шунга ўхшаш муҳитнинг абсолют магнит киритувчанлиги μ' ўрнига сон жиҳатидан унга тенг бўлган $\mu_0\mu$ катталикни оламиз, бунда μ_0 — магнит доимийси ва μ — муҳитнинг вакуумга нисбатан магнит киритувчанлигининг қиймати, яъни магнит киритувчанлигининг одатдаги жадвалдаги қийматидир. СГС системасида

$$\mu_0 = 1 \text{ ва } \mu' = \mu.$$

МКСА системасида

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ гн/м} = 12,57 \cdot 10^{-7} \text{ гн/м}.$$

Масалалар ечишга доир мисоллар

1-масала. Агар ҳаводаги шарча $U = 4\text{СГС}_U$ потенциалга зарядланиб, сиртидаги заряднинг сирт зичлиги $\sigma = 0,138 \frac{\text{СГС}_q}{\text{см}^2}$ бўлса, унинг радиуси топилсин.

Ечилиши. Шарчанинг заряди q , унинг сигими C ва унинг потенциали U

$$C = \frac{q}{U} \quad (1)$$

муносабат орқали боғланади, бунда

$$q = \sigma \cdot 4\pi r^2. \quad (2)$$

Бундан ташқари, шар сигими

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r. \quad (3)$$

(1), (2) ва (3) дан

$$r = \frac{\epsilon_0\epsilon U}{\sigma}$$

келиб чиқади. Бизда $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ ф/м}$, $\epsilon = 1$, $U = 4\text{СГС}_U = 12 \cdot 10^2 \text{ в}$, $\sigma = 0,138 \cdot \frac{\text{СГС}_q}{\text{см}^2} = \frac{0,138}{3} \cdot 10^6 \text{ к/м}^2$ эди.

Бу қийматларни (4) даги ўрнига қўйсак,

$$r = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 12 \cdot 10^2 \cdot 3}{0,138 \cdot 10^6} \text{ м} = 23 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 2,3 \text{ см}$$

чиқади.

2-масала. Ясси конденсаторда электр индукцияси (электр силжиши) 10^{-6} к/м^2 га тенг бўлса, шу конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлиги қанчага тенг бўлади?

Ечилиши. Маълумки $D = \epsilon_0 \epsilon E$, $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$. демак,

$$D = \epsilon_0 \epsilon \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \sigma, \quad (1)$$

яъни электр майдонининг индукцияси сон жиҳатдан конденсатор пластинкаларидаги зарядлар сирт зичлигига тенг. Бунда $D = 10^{-5} \text{ К/м}^2$. Демак, $\sigma = 10^{-5} \text{ К/м}^2$. Энди D ва σ қийматларини СГС системадаги бирликка келтирамиз. 13-жадвалдан:

$$1 \text{ СГС}_D = \frac{10^6}{4\pi\epsilon} \text{ К/м}^2 \text{ ёки } 1 \text{ К/м}^2 = \frac{4\pi\epsilon}{10^6} = \text{СГС}_D. \quad (2)$$

У ҳолда

$$D = 10^{-5} \text{ К/м}^2 = 10^{-5} \frac{4\pi\epsilon}{10^6} \text{ СГС}_D = 37,7 \text{ СГС}_D. \quad (3)$$

Энди $\sigma = 10^{-5} \text{ К/м}^2$. 13-жадвалдан $1 \text{ К} = \frac{c}{10} \text{ СГС}_q$. Бундан ташқари, $1 \text{ м} = 10^2 \text{ см}$, у ҳолда

$$1 \text{ К/м}^2 = \frac{c \cdot \text{СГС}_q}{10 \cdot 10^4 \text{ см}^2} = 3 \cdot 10^5 \frac{\text{СГС}_q}{\text{см}^2} \quad (4)$$

ва

$$\sigma = 10^{-5} \text{ К/м}^2 = 10^{-5} \cdot 3 \cdot 10^5 \frac{\text{СГС}_q}{\text{см}^2} = 3 \frac{\text{СГС}_q}{\text{см}^2}. \quad (5)$$

Шундай қилиб, D ва σ катталиклари фақат рационализация қилинган МКСА системасидагина сон жиҳатдан тенг бўлади. Рационализация қилинмаган СГС системасида уларнинг сон қийматлари мос келмайди. Шунинг учун «квадрат метрни кулон» — бирлигини СГС системасига ўтказишда, яна қандай катталиқда шундай ўлчам борлигига аҳамият берини керак, чунки (2) ва (4) га мувофиқ

$$1 \text{ К/м}^2 = 1 \text{ МКСА}_D = \frac{4\pi\epsilon}{10^6} \text{ СГС}_D$$

ш

$$1 \text{ К/м}^2 = \text{МКСА}_\sigma = 3 \cdot 10^5 \frac{\text{СГС}_q}{\text{см}^2}$$

3-масала. Ҳарқандай узун галтақдан $I = 4 \text{ а}$ ток ўтказилганда, шу галтақдаги магнит индукцияси оқими $\Phi = 250 \text{ мкс}$ бўлган. Галтақ кўндаланг кесимининг юзи $S = 5 \text{ см}^2$. Шу галтақнинг узунлик бирлигига тўғри келган ўрамлар сонни қанча бўлади?

Ечилиши. Соленоиддаги магнит индукциясининг оқими $\Phi = \mu_0 \mu I n S$ формуладан аниқланади, бундан

$$n = \frac{\Phi}{\mu_0 \mu I S}. \quad (1)$$

Бизда $\Phi = 250 \text{ мкс} = 250 \cdot 10^{-8} \text{ вб}$; $\mu_0 \approx 12,57 \cdot 10^{-7} \text{ гн/м}$, $\mu = 1$, $I = 4 \text{ а}$, $S = 5 \text{ см}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Бу қийматларни (1) га қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$n = \frac{250 \cdot 10^{-8}}{12,57 \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}} = 1000 \text{ м}^{-1}.$$

4-масала. Ясси конденсатор даврий равишда аккумуляторлар батареясидан потенциаллар айирмаси $U = 80 \text{ в}$ гача зарядланади ва соленоид (ўзаксиз) орқали разрядланади. Конденсатор секундига 100 марта алмаштириб уланади. Конденсатор пластинкаларининг юзи $S = 100 \text{ см}^2$, пластинкалар оралиғи $d = 4,7 \text{ мм}$. Пластинкалар орасидаги фазо парафин ($\epsilon = 2,1$) билан тўлдирилган. $l = 25 \text{ см}$ узунликдаги соленоид $N = 250$ ўрамга эга. Соленоиддаги магнит индукциясининг ўртача қиймати топилсин.

Ечилиши. Конденсаторнинг ҳар бир разрядланишида соленоиддан $q = CU$ электр миқдори ўтади, бунда C — ясси конденсатор сифми бўлиб, $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$ га тенг. Соленоиддан ўтувчи токнинг ўртача кучи $I = qn$ га тенг, бунда n — конденсаторнинг бир секунддаги разрядланиш сони. Соленоид ичидаги магнит майдони кучланганлиги $H = I \frac{N}{l}$ га тенг. Соленоиддаги магнит индукцияси $B = \mu_0 \mu H$ га тенг. Бу тенгламалардан қуйидаги натижавий формула ҳосил бўлади:

$$B = \frac{\mu_0 \mu \epsilon_0 \epsilon \cdot S U n N}{ld}. \quad (1)$$

Бизда $\mu_0 = 12,57 \cdot 10^{-7} \text{ гн/м}$, $\mu = 1$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ ф/м}$, $\epsilon = 2,1$, $S = 100 \text{ см}^2 = 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $U = 80 \text{ в}$, $n = 100 \frac{1}{\text{сек}}$, $N = 250$, $l = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$ ва $d = 4,7 \text{ мм} = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Бу қийматларни (1) га қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$B = \frac{12,57 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2,1 \cdot 10^{-2} \cdot 80 \cdot 10^2 \cdot 250}{0,25 \cdot 4,7 \cdot 10^{-3}} \text{ тл} = 3,97 \cdot 10^{-10} \text{ тл}.$$

13- жадвалдан фойдаланиб, жавобни гауссларда ифодалаш мумкин

$$B = 3,97 \cdot 10^{-6} \text{ эс.}$$

9- §. Электростатика

Кулон қонуни бўйича орасидаги масофага нисбатан ўлчамлари кичик бўлган иккита зарядланган жисмнинг ўзаро таъсир кучи

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

формула билан аниқланади, бунда q_1 ва q_2 — жисмларнинг электр зарядлари, r — улар орасидаги масофа, ϵ — муҳитнинг нисбий диэлектрик киритувчанлиги ва ϵ_0 — электрик доимий бўлиб, МКСА системада $8,85 \cdot 10^{-12}$ ф/м га тенг.

Электр майдони кучланганлиги

$$E = \frac{F}{q}$$

формула билан аниқланади, бунда F — заряд q га таъсир этувчи куч.

Нуқтавий заряднинг майдон кучланганлиги

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

Бир қанча зарядлар майдонининг (масалан диполь майдонининг) кучланганлиги геометрик қўшиш қондаси бўйича топилади.

Гаусс теоремаси бўйича ихтиёрий ёпиқ сирт орқали ўтган кучланганлик оқими

$$N_E = \frac{\sum q}{\epsilon_0\epsilon}$$

га тенг, бундан $\sum q$ — шу сирт ичидаги зарядларнинг алгебраик йиғиндиси. Мос равишда ихтиёрий ёпиқ сирт орқали ўтган электр индукциясининг оқими

$$N_D = \sum q$$

га тенг.

Гаусс теоремаси ёрдамида зарядланган ҳар хил жисмлар ҳосил қилган электр майдонининг кучланганлигини топиш мумкин.

Зарядланган чексиз узун ип майдонининг кучланганлиги

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon a}$$

га тенг, бунда τ — ипдаги заряднинг чизиқли зичлиги ва a — нуқтанинг ипдан узоқлиги. Агар ип чекли узунликка эга бўлса, у ҳолда ип ўртасидан унга ўтказилган перпендикуляр чизиқда a узоқликда ётган нуқтадаги майдонининг кучланганлиги

$$E = \frac{\tau \sin \theta}{2\pi\epsilon_0\epsilon a}$$

га тенг бўлиб, бунда θ — ипга ўтказилган нормал йўналиши билан текширилаётган нуқтадан ип учига туширилган радиус-вектор орасидаги бурчак.

Зарядланган чексиз текислик майдонининг кучланганлиги

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$$

га тенг, бунда σ — текисликдаги заряднинг сирт зичлиги.

Агар текислик R радиусли диск шаклида бўлса, у ҳолда диск марказидан унга ўтказилган перпендикуляр чизиқда a узоқликда ётган нуқтадаги майдонининг кучланганлиги,

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \left(1 - \frac{a}{\sqrt{R^2 + a^2}} \right)$$

га тенг.

Қарама-қарши ишора билан зарядланган иккита параллел чексиз текислик майдонининг (яъни конденсатор майдонининг) кучланганлиги

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon}$$

га тенг.

Зарядланган шар майдонининг кучланганлиги

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

га тенг, бунда q — радиуси R бўлган шар сиртидаги заряд, r — шар марказидан зарядгача бўлган оралиқ бўлиб, бунда $r > R$.

Майдоннинг D электростатик индукцияси

$$D = \epsilon_0 \epsilon E = \sigma$$

тенгликдан топилади.

Электр майдонининг иккита нуқтаси орасидаги потенциаллар айирмаси мусбат заряд бирлигини бир нуқтадан иккинчи нуқтага кўчиришда бажарилган ишдан топилади.

$$U_1 - U_2 = \frac{A}{q}.$$

Нуқтавий заряд майдонининг потенциали

$$U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

га тенг, бунда r — заряддан то потенциали аниқланадиган нуқтагача бўлган оралиқ.

Электр майдони кучланганлиги ва потенциалнинг ўзаро боғланиши

$$E = - \frac{dU}{dr}$$

формула билан ифодаланади.

Бир жиқсли майдон — ясси конденсатор майдони бўлганда

$$E = \frac{U}{d},$$

бунда U — ясси конденсатор пластинкалари орасидаги потенциаллар айирмаси, d — пластинкалар оралиғи.

Яккаланган ўтказгичнинг потенциали унинг заряди билан

$$q = CU$$

тенглик орқали боғланади, бунда C — ўтказгичнинг сифими. Ясси конденсаторнинг сифими

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d},$$

бунда S — конденсатор ҳар бир пластинкасининг юзи.

Сферик конденсаторнинг сифими

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon rR}{R-r}$$

га тенг, бунда r — ички сферанинг радиуси ва R — ташқи сферанинг радиуси. Хусусий ҳолда, $R = \infty$ бўлса

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r$$

яккаланган шар сифими бўлади.

Цилиндрик конденсаторнинг сифми

$$C = \frac{2\pi \epsilon_0 \epsilon L}{\ln R/r}$$

га тенг, бунда L — коаксиал (ўқи умумий бўлган) цилиндрларнинг баландлиги, r ва R — мос равишда ички ва ташқи цилиндрларнинг радиуслари.

Конденсаторлар системасининг сифми қуйидагиларга тенг: конденсаторлар параллел уланганда

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots;$$

кетма-кет уланганда эса

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

Зарядланган якка ўтказгичнинг энергияси қуйидаги уч формуладан биттаси орқали топилиши мумкин:

$$W = \frac{1}{2} qU, \quad W = \frac{1}{2} CU^2, \quad W = \frac{q^2}{2C};$$

ясси конденсатор бўлган хусусий ҳолда,

$$W = \frac{\epsilon_0 \epsilon SU^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 Sd}{2} = \frac{\sigma^2 Sd}{2\epsilon_0 \epsilon},$$

бунда S — ҳар бир пластинканинг юзи, σ — пластинкалардаги заряднинг сирт зичлиги, U — пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси.

$$W_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} = \frac{ED}{2}$$

катталик электр майдон энергиясининг ҳажмий зичлиги дейилади.

Ясси конденсатор пластинкаларининг тортишиш кучи

$$F = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 S}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon SU^2}{2d^2} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0 \epsilon}.$$

9. 1. Водород атомининг ядроси билан электрони орасидаги тортишиш кучи топилсин. Водород атомининг радиуси $0,5 \cdot 10^{-8}$ см, ядро заряди электрон зарядига миқдор жиҳатдан тенг ва қарама-қарши ишоралидир.

9. 2. Ҳавода бир-биридан 20 см узоқликда турган иккита нуқтавий заряд бирор куч билан ўзаро таъсир қилади. Ёгда бу зарядлар шундай куч билан ўзаро таъсир қилиши учун, уларни қандай узоқликда жойлаштириш керак?

9.3. Иккита нуқтавий заряд ўзаро таъсир кучининг улар орасидаги масофага боғланиш графиги чизилсин.

График $2 \leq r \leq 10$ см интервалда 2 см оралиқ билан чизилсин. Зарядлар миқдори мос равишда $2 \cdot 10^9$ κ ва $3 \cdot 10^{-9}$ κ.

9.4. Иккита протоннинг ньютон тортишиш кучи уларнинг кулон итаришиш кучидан неча марта кичик? Протоннинг заряди сон жиҳатдан электрон зарядига тенг.

9.5. Натрий атомини бомбардимон қилаётган протон унинг ядросига $6 \cdot 10^{-12}$ см гача яқин келди деб ҳисоблаб, протон билан натрий ядросининг электростатик итаришиш кучи топилсин. Натрий ядросининг заряди протон зарядидан 11 марта кўп. Натрий атоми электрон қобигининг таъсири ҳисобга олинмасин.

9.6. Ҳар бирининг оғирлиги 0,2 κГ бўлган иккита зарядланган металл шарча бир-бирдан бирор оралиқда турибди. Агар шу оралиқда уларнинг электростатик энергияси ўзаро гравитацион таъсир энергиясидан миллион марта катталиги маълум бўлса, шарчаларнинг заряди топилсин.

9.7. Заряди q ва массаси m бўлган иккита заррачанинг электростатик ўзаро таъсир энергияси уларнинг гравитацион ўзаро таъсир энергиясидан неча марта катта? Масалани: 1) электронлар учун, 2) протонлар учун ечилсин.

9.8. Иккита нуқтавий заряд потенциал электростатик энергиясининг улар оралиғига боғланиш графиги $2 \leq r \leq 10$ см интервалда ҳар 2 см оралиқда қилиб чизилсин. Зарядлар $q_1 = 10^{-9}$ κ ва $q_2 = 3 \cdot 10^{-9}$ κ; $\epsilon = 1$. График икки ҳол учун чизилсин: 1) зарядлар бир хил ишорали, 2) зарядлар турли хил ишорали.

9.9. Иккита $q_1 = 8 \cdot 10^{-9}$ κ ва $q_2 = -6 \cdot 10^{-9}$ κ нуқтавий заряд ўртасида ётган нуқтадаги электр майдон кучланганлиги топилсин. Зарядлар оралиги $r = 10$ см; $\epsilon = 1$.

9.10. Ҳар бир учиди 7 СГС_q заряд турган квадратнинг марказига манфий заряд жойлаштирилган. Агар ҳар зарядга таъсир этувчи шаттавий куч нолга тенг бўлса, марказдаги заряднинг миқдори қанча?

9.11. Муфтазам олтибурчакнинг учларига учта мусбат ва учта манфий заряд жойлаштирилган. Ҳар бир заряднинг миқдори $q = 4,5$ СГС_q. Олтибурчакнинг томони 3 см. Бу зарядларни турли комбинацияларда жойлаштириб, олтибурчак марказидаги электр майдонни кучланганлиги топилсин.

9.12. Олдинги масала шартида олтибурчак учларига жойлаштирилган зарядларнинг ҳаммаси мусбат бўлган ҳол учун ечилсин.

9.13. $q_1 = 22,5$ СГС_q ва $q_2 = -44,0$ СГС_q бўлган иккита нуқтавий заряднинг оралиги 5 см. Мусбат заряддан 3 см ва манфий заряддан 4 см узоқликда жойлашган нуқтадаги майдонининг кучланганлиги топилсин.

9.14. Радиуси ва оғирлиги бир хил бўлган иккита шарча ипларга осилган бўлиб, уларнинг сиртлари бир-бирига тегиб туради. Шарчаларга $q_0 = 4 \cdot 10^{-7}$ к заряд берилгандан кейин шарчалар ўзаро итаришиб, бир-биридан 60° бурчакка узоқлашади. Осилиш нуқтасидан то шарчанинг марказигача бўлган оралиқ 20 см. Шарчанинг оғирлиги топилсин.

9.15. Радиуси ва оғирлиги бир хил бўлган иккита шарча ипларга осилган бўлиб, уларнинг сиртлари бир-бирига тегиб туради. Осилиш нуқтасидан шарчанинг марказигача бўлган оралиқ 10 см. Ҳар бир шарчанинг оғирлиги $5 \cdot 10^{-13}$ кГ. Ипларнинг таранглиги 0,098 н га тенг бўлиши учун шарчаларга қанча заряд бериш керак?

✓ 9.16. 9.14- масаладаги шарчалар керосинга туширилганда иплар бир-биридан 54° га узоқлашади деб ҳисоблаб, шарчалар материалининг зичлиги топилсин.

9.17. Радиуси ва оғирлиги бир хил бўлган зарядланган иккита шарчани бир хил узунликдаги ипларга осиб; зичлиги ρ_1 ва диэлектрик киритувчанлиги ϵ бўлган суюқ диэлектрикка туширилади. Ҳавода ва диэлектрикда ипларнинг бир-биридан узоқлашиш бурчаги бир хил бўлиши учун шарчалар материалининг зичлиги қанча бўлиши керак?

9.18. 16- расмда AA — зарядланган чексиз текислик бўлиб, заряднинг сирт зичлиги $4 \cdot 10^{-9}$ к/см² ва B — массаси 1 г ва заряди 3СГС_q бўлган (бу заряд билан текислик зарядининг ишораси бир хил) зарядланган шарча. Шарча осилган ип AA текислик билан қандай бурчак ташкил қилади?

9.19. 16- расмдаги AA — зарядланган чексиз текислик ва B — текислик заряди билан бир хил ишорада бўлган $P = 4 \cdot 10^{-5}$ кГ оғирликдаги ва $q = 6,67 \cdot 10^{-10}$ к зарядли шарча.

Шарча осилган ипнинг таранглиги $F = 4,9 \cdot 10^{-4}$ н. AA текисликдаги заряднинг сирт зичлиги топилсин.

9.20. Қуйидаги ҳолларда 2 СГС_q зарядга таъсир этувчи куч топилсин. Бу заряд: 1) заряднинг чизиқли зичлиги $2 \cdot 10^{-9} \text{ к/см}$ бўлган ипдан 2 см узоқликда жойлашган, 2) заряднинг сирт зичлиги $2 \cdot 10^{-9} \text{ к/см}^2$ бўлган текислик майдонида жойлашган, 3) заряднинг сирт зичлиги $2 \cdot 10^9 \text{ к/см}^2$ бўлган 2 см радиусли шарнинг сиртидан 2 см узоқликда жойлашган. Бу уч ҳолнинг ҳаммасида муҳитнинг диэлектрик киритувчанлиги 6 га тенг.

9.21. 1) 100 СГС_q нуқтавий заряд, 2) заряднинг чизиқли зичлиги $1,67 \cdot 10^{-8} \text{ к/см}$ бўлган чексиз узун ип ва 3) заряднинг сирт зичлиги $2,5 \cdot 10^{-9} \text{ к/см}^2$ бўлган чексиз текислик ҳосил қилган электр майдонлари кучланганлигининг масофага боғланиш эгри чизиғини битта графикда чизилсин. Чизиқлар $1 \leq r \leq 5 \text{ см}$ интервалда, 1 см ораликда чизилсин.

9.22. Бир валентли нондан $2 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ узоқликдаги электр майдонининг кучланганлиги аниқлансин. Ионнинг заряди нуқтавий деб ҳисоблансин.

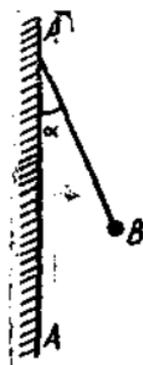
9.23. Зарядланган чексиз текисликнинг электр майдони шу майдонга киритилган зарядланган чексиз узун ипнинг ҳар метрига қандай куч билан таъсир қилади? Ипдаги заряднинг чизиқли зичлиги $3 \cdot 10^{-8} \text{ к/см}$ ва текисликдаги заряднинг сирт зичлиги $2 \cdot 10^{-9} \text{ к/см}^2$.

9.24. $3 \cdot 10^{-8} \text{ к/см}$ чизиқли зичликда, бир хил ишорада зарядланган ва бир-биридан 2 см узоқликда бўлган иккита чексиз узун иплар (узунлик бирлигида) қандай куч билан итаришади? Бу ипларни бир-бирига 1 см гача яқинлаштириш учун (узунлик бирлигида) қандай иш бажариш керак?

9.25. Бир хил ишорада зарядланган иккита ип бир-биридан $a = 10 \text{ см}$ узоқликда жойлаштирилган. Иплардаги заряднинг чизиқли зичлиги $\tau_1 = \tau_2 = 10^{-7} \text{ к/см}$. Ҳар қайси ипдан 10 см узоқликда бўлган нуқтадаги патижавий электр майдони кучланганлигининг миқдори ва йўналиши топилсин.

9.26. Бир хил ишорада зарядланган ва бир хил $3 \cdot 10^{-8} \text{ к/см}^2$ сирт зичликка эга бўлган иккита чексиз текислик (юз бирлигида) қандай куч билан итаришади?

9.27. Диаметри 1 см бўлган мис шар ёғ ичига жой-



16-расм.

лаштирилган. Ёғнинг зичлиги $\rho = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Агар бир жинсли электр майдонида шар ёғ ичида муаллақ бўлса, шарнинг заряди қанча бўлади?

Электр майдони вертикал юқорига йўналган бўлиб, унинг кучланганлиги $E = 36000 \text{ в/см}$.

9.28. Горизонтал ҳолатдаги ясси конденсатор пластинкалари орасида зарядланган симоб томчиси мувозанат ҳолатда турибди. Электр майдонининг кучланганлиги $E = 600 \text{ в/см}$. Томчи заряди $2,4 \cdot 10^{-9} \text{ СГС}_q$ га тенг. Томчининг радиуси топилсин.

9.29. Чекли узунликдаги зарядланган ипнинг ҳосил қилган электр майдони охириги ҳолда 1) чексиз узайтирилган ип электр майдонига, 2) нуқтавий заряд электр майдонига айланиши кўрсатилсин.

9.30. Зарядланган ипнинг узунлиги 25 см га тенг. Ипдан қандай энг қисқа ораликда (ипнинг ўртасига туширилган перпендикулярда ётган нуқта учун) электр майдонини чексиз зарядланган ип майдони деб қараш мумкин? Бундай фараз қилишда хатолик 5% дан ортмаслиги керак?

Кўрсатма. Қилинган хато $\delta = \frac{E_2 - E_1}{E_2}$, бунда E_2 — чексиз узун ипнинг майдон кучланганлиги ва E_1 — чекли узунликдаги ипнинг майдон кучланганлиги.

9.31. Зарядланган чексиз узун ипдан 5 см узоқликда жойлашган A нуқтадаги электр майдон кучланганлиги 1500 в/см га тенг. 1) Агар A нуқта ип ўртасига туширилган перпендикулярда ётса, ипнинг қандай чекли узунлигида кучланганликнинг топилган қиймати 2% гача аниқликда тўғри бўлади? 2) Ипнинг узунлиги 20 см бўлса, A нуқтадаги электр майдон кучланганлиги қанча бўлади? Ипдаги заряднинг чизиқли зичлиги чексиз узун ипдаги заряднинг чизиқли зичлигига тенг деб ҳисоблансин. 3) Ипдаги заряднинг чизиқли зичлиги топилсин.

9.32. Симдан қилинган $R = 10 \text{ см}$ радиусли ҳалқанинг заряди $q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ к}$. 1) Ҳалқа ўқида ва унинг марказидан $L = 0, 5, 10$ ва 15 см узоқликда турган нуқталардаги электр майдонининг кучланганлиги топилсин. $E = f(L)$ графиги чизилсин. 2) Ҳалқа марказидан қандай d узоқликда электр майдони кучланганлиги максимал бўлади?

9.33. Зарядланган ҳалқа ўқидаги электр майдон куч-

ланганлиги ҳалқа марказидан $L = L_{\max}$ узоқликда бўлганда максимал қийматга эга бўлади. Ҳалқа марказидан $L = 0,5L_{\max}$ узоқликда жойлашган нуқтадаги электр майдон кучланганлиги максимал кучланганликдан неча марта кичик бўлади?

9.34. Зарядланган дискнинг ҳосил қилган электр майдони охириги ҳолда 1) чексиз катта текислик электр майдонига ва 2) нуқтавий заряд электр майдонига айланиши кўрсатилсин.

9.35. Зарядланган дискнинг диаметри 25 см га тенг. Дискдан унинг марказидан нормал бўйлаб қандай энг қисқа ораликда электр майдонини чексиз катта текислик майдони деб қараш мумкин? Бундай фараз қилишда хатолик 5% дан ортмаслиги керак.

Кўрсатма. Қилинган хато $\delta = \frac{E_2 - E_1}{E_2}$, бунда E_1 — дискнинг электр майдон кучланганлиги, E_2 — чексиз текисликнинг майдон кучланганлиги.

9.36. Зарядланган дискдан (унинг марказидан нормал бўйича) $a = 5$ см узоқликда жойлашган A нуқтадаги электр майдон кучланганлигини топиш талаб қилинади. 1) A нуқтадаги электр майдон чексиз катта текислик электр майдонига нисбатан 2% дан ортмаслиги учун дискнинг радиуси қандай чекли қийматга эга бўлиши мумкин? 2) Дискнинг R радиуси a масофадан 10 марта катта бўлса, A нуқтадаги майдон кучланганлиги қандай бўлади? 3) Бу нуқтадаги топилган кучланганлик чексиз катта текислик майдон кучланганлигидан неча марта кичик бўлади?

9.37. Турли хил ишорада зарядланган, зарядининг сирт зичлиги бир хил бўлган иккита параллел диск бир-биридан $h = 1$ см ораликда жойлаштирилган. 1) Дисклар марказлари орасидаги майдон ясси конденсатор майдонига нисбатан 5% дан ортмаслиги учун дискларнинг радиуси қандай чекли қийматга эга бўлиши мумкин? 2) $\frac{R}{h} = 10$ бўлганда бу нуқталар орасидаги майдонини ясси конденсатор майдонига тенг деб олсак, қанча хато қилган бўламиз?

9.38. 40 мг массали, 10^{-9} к мусбат зарядли шарча 10 см/сек тезлик билан ҳаракатланади. Бу шарча $4\pi\epsilon_0$ га тенг бўлган мусбат нуқтавий зарядга қанча масофагача яқинлашиши мумкин?

9.39. 10^8 см/сек нисбий тезлик билан қарама-қарши ҳаракатланаётган иккита электрон бир-бирига қанча масофагача яқинлашиши мумкин?

9.40. Протон (водород атомининг ядроси) $7,7 \cdot 10^8$ см/сек тезлик билан ҳаракатланмоқда. Бу протон алюминий атомининг ядросига энг кам билан қанча масофагача яқинлашиши мумкин? Алюминий атом ядросининг заряди $q = Ze_0$, бунда Z — Менделеев жадвали бўйича атомнинг тартиб номери ва e_0 — сои жиҳатдан электрон зарядига тенг бўлган протон заряди. Протоннинг массаси водород атомининг массасига тенг деб ҳисоблансин. Протон ва алюминий атомининг ядроси нуқтавий зарядлар деб ҳисоблансин. Алюминий атоми электрон қобиғининг таъсири ҳисобга олинмасин.

9.41. Қўзғалмас натрий ядросини α -заррача ёрдамида парчалашда, улар орасидаги итариш кучи 14 кГ га етди. 1) α -заррачаси натрий атоми ядросига қандай масофагача яқинлашади? 2) α -заррачанинг тезлиги қанча бўлган? Натрий атоми электр қобиғининг таъсири ҳисобга олинмасин.

9.42. Зарядлари $q_1 = 20$ СГС_q ва $q_2 = 40$ СГС_q бўлган иккита шарча бир-биридан $r_1 = 40$ см узоқликда турибди. Уларни бир-бирига $r_2 = 25$ см гача яқинлаштириш учун қанча иш бажариш керак?

9.43. 1 см радиусли, $4 \cdot 10^{-8}$ к зарядли шар ёр ичига жойлаштирилган. Шар сиртидан $x = 1, 2, 3, 4$ ва 5 см узоқликдаги майдон нуқталаридаги $U = f(x)$ боғланиш графиги чизилсин.

9.44. 1 см радиусли зарядланган шар марказидан 10 см узоқликдаги майдон нуқтасининг потенциали топилсин. Масалани қуйидаги ҳоллар учун ечилсин: 1) шар зарядининг сирт зичлиги 10^{-11} к/см², 2) шарнинг потенциали 300 вольтга тенг.

9.45. Чексизликдаги $2 \cdot 10^{-8}$ к га тенг нуқтавий зарядни зарядининг сирт зичлиги $\sigma = 10^{-9}$ к/см² бўлган, 1 см радиусли шар сиртидан 1 см узоқликдаги нуқтага келтиришда қандай иш бажарилади?

9.46. Массаси 1 г ва заряди 10^{-8} к бўлган шарча потенциали 600 вольтга тенг бўлган A нуқтадан потенциали полга тенг бўлган нуқтага кўчирилди. Агар шарча B нуқтада 20 см/сек тезликка эришган бўлса, унинг A нуқтадаги тезлиги қандай бўлган?

9. 47. U потенциаллар айирмаси 1, 5, 10, 100, 1000 в га тенг бўлган ораликдан ўтаётганда электроннинг оладиган тезлиги v топилсин.

9. 48. Радиоактив емирилишда полоний атомининг ядросидан α -заррача $1,6 \cdot 10^9$ см/сек тезлик билан учиб чиқади. α -заррачанинг кинетик энергияси ва α -заррачани худди шундай тезликда ҳайдаб чиқаришдаги майдон потенциалларининг айирмаси топилсин.

9. 49. Зарядланган чексиз узун ипдан $r_1 = 4$ см ораликда $q = 2\text{СГС}_q$ нуқтавий заряд турибди. Майдон таъсирида заряд $r_2 = 2$ см ораликка силжийди, бунда $A = 50$ эрг иш бажарилади. Ипдаги заряднинг чизиқли зичлиги топилсин.

9. 50. Мусбат зарядланган чексиз узун ип электр майдони ҳосил қилган. Шу майдон таъсирида α -заррача ипдан $x_1 = 1$ см узоқликдаги нуқтадан $x_2 = 4$ см узоқликдаги нуқтага қараб ҳаракатланиб тезлигини $2 \cdot 10^8$ м/сек дан $3 \cdot 10^8$ м/сек га ўзгартирди. Ипдаги заряднинг чизиқли зичлиги топилсин.

9. 51. Зарядининг чизиқли зичлиги $2 \cdot 10^{-9}$ к/см бўлган мусбат зарядланган чексиз узун ип электр майдони ҳосил қилган. Майдоннинг таъсирида электрон ипга 1 см наридан 0,5 см гача яқинлашганда қандай тезликка эришади?

9. 52. Зарядланган чексиз текислик яқинида $q = 2\text{СГС}_q$ нуқтавий заряд турибди. Майдоннинг таъсири натижасида заряд куч чизиқлари бўйлаб 2 см силжийди ва бунда $A = 50$ эрг иш бажарилади. Текисликдаги заряднинг сирт зичлиги топилсин.

9. 53. Ясси конденсатор пластинкалари орасидаги потенциаллар айирмаси 90 в. Ҳар бир пластинканинг юзи 60 см^2 ва заряди 10^{-9} к. Пластинкалар бир-биридан қанча масофада туриши топилсин.

9. 54. Ясси конденсатордан сезгир микротарози сифатида фойдаланиш мумкин. Пластинкаларининг оралиги $d = 3,84$ мм бўлган горизонтал ўрнатилган ясси конденсатор пластинкалари орасида $q = 1,44 \cdot 10^{-9}$ СГС $_q$ зарядли заррача турибди. Заррачанинг муаллақ туриб қолиши учун конденсатор пластинкалари потенциалларининг айирмаси $U = 40$ в бўлиши керак. Заррачанинг массаси топилсин.

9. 55. Пластинкаларининг оралиги $d = 1$ см бўлган горизонтал ўрнатилган ясси конденсатор пластинкалари орасида $m = 5 \cdot 10^{-11}$ г массали зарядланган томчи турибди.

Электр майдони бўлмаганда томчи ҳавонинг қаршилигини енгиб, бирор ўзгармас тезлик билан тушади. Агар конденсатор пластинкалари орасида $U = 600$ в потенциаллар айирмаси ҳосил қилинса, томчи икки марта секин тушади. Томчининг заряди топилсин.

9.56. Иккита вертикал пластинкалар орасида, улардан бир хил узоқликда тушаётган чанг заррачасининг тезлиги ҳавонинг қаршилиги туфайли ўзгармас бўлиб, $v = 2$ см/сек га тенг. Пластинкаларга $U = 3000$ вольт потенциаллар айирмаси берилгандан қанча вақт ўтгач, чанг пластинкалардан бирига тушади? Чанг заррачаси пластинкага теккунча вертикал бўйлаб қандай I масофани ўтади? Пластинкалар оралиги $d = 2$ см, чангнинг массаси $m = 2 \cdot 10^{-9}$ г ва унинг заряди $q = 6,5 \cdot 10^{-17}$ к.

9.57. Олдинги масалани ишқаланиш бўлмаган ҳол (вакуум конденсатор) учун ечилсин.

9.58. Пластинкаларининг оралиги $d = 1$ см бўлган горизонтал ҳолда турган ясси конденсатор ичида зарядланган ёр томчиси бор. Электр майдон бўлмаганда томчи $v_1 = 0,011$ см/сек тезлик билан пастга тушади. Пластинкаларга $U = 150$ в потенциаллар айирмаси берилса, томчи $v_2 = 0,043$ см/сек тезлик билан тушади. Томчининг радиуси ва унинг заряди топилсин. Ҳавонинг ёпишқоқлик коэффициентини $\eta = 1,82 \cdot 10^{-6}$ н·сек/м²; ёғнинг зичлиги томчи тушаётган газ зичлигидан $\Delta\rho = 900$ кг/м³ га каттадир.

9.59. Бир-биридан 1 см узоқликда турган иккита вертикал пластинка орасида 0,1 г массали маржон шарчаси ишга осилиб турибди. Пластинкаларга 1000 в потенциаллар айирмаси берилгандан кейин шарчадан ип 10° бурчакка бурилди. Шарчанинг заряди топилсин.

9.60. $2,22 \cdot 10^{-10}$ к зарядга эга бўлган совун пуфакчаси горизонтал ясси конденсаторнинг майдонида муаллоқ турибди. Пуфакчанинг массаси 0,01 г ва пластинкалар оралиги 5 см. Конденсатор пластинкалари орасидаги потенциаллар айирмаси топилсин.

9.61. Ясси конденсатор пластинкаларининг оралиги 4 см. Мусбат пластинкадан протон ва манфий пластинкадан электрон бир вақтда ҳаракатлана бошласа, улар мусбат пластинкадан қандай масофада тўқнашади?

9.62. Ясси конденсатор пластинкаларининг оралиги 1 см га тенг. Пластинкаларнинг биридан бир вақтда протон ва

α -заррача ҳаракатлана бошлайди. Протон бир пластинкадан иккинчисигача бўлган йўлни босиб ўтган вақт оралигида α -заррача қандай масофани босиб ўтади?

9. 63. Электрон ясси конденсаторнинг бир пластинкаси-дан иккинчисигача бўлган ораликни ўтганда 10^8 см/сек тезликка эришган. Пластинкаларнинг оралиги 5,3 мм. 1) Пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси, 2) конденсатор ичидаги электр майдон кучланганлиги, 3) пластинкалардаги заряднинг сирт зичлиги топилсин.

9. 64. Бир-биридан 2 см узоқликда турган, потенциаллари айирмаси 120 в бўлган иккита параллел пластинкалар орасида электр майдони ҳосил бўлади. Электрон бу майдон таъсирида майдон куч чизиқлари бўйлаб 3 мм масофани ўтганда қандай тезликка эришади?

9. 65. Бир жинсли электр майдонида электрон 10^{14} см/сек² тезлашиш олади. 1) Электр майдон кучланганлиги, 2) бошланғич тезлиги нолга тенг бўлгандаги электроннинг 10^{-6} сек да олган тезлиги, 3) бу вақт ичида электр майдон кучининг бажарган иши ҳамда 4) бунда электроннинг ўтган потенциаллар айирмаси топилсин.

9. 66. Электрон ясси конденсаторнинг бир пластинкаси-дан иккинчисига учаётир. Пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси 3 кВ, пластинкалар оралиги 5 мм. 1) Электронга таъсир этувчи куч, 2) электроннинг тезлашиши, 3) электроннинг иккинчи пластинкага учиб келиш тезлиги, 4) конденсатор пластинкаларидаги зарядларнинг сирт зичлиги топилсин.

9. 67. Электрон ясси конденсатор пластинкалари орасига, уларга параллел равишда ва ҳар биридан бир хил узоқликда қандайдир тезлик билан учиб киради. Конденсатор пластинкалари потенциалларининг айирмаси 300 в га тенг. Пластинкалар оралиги $d = 2$ см; конденсаторнинг узунлиги $l = 10$ см. Электрон конденсатордан учиб чиқиб кетмаслиги учун максимал бошланғич тезлиги v_0 қандай бўлиши керак? Бу масала α -заррача учун ҳам ечилсин.

9. 68. Электрон горизонтал ҳолдаги ясси конденсатор пластинкалари орасига, уларга параллел равишда ва ҳар биридан бир хил узоқликда учиб киради. Пластинкалар оралиги $d = 4$ см, конденсатордаги электр майдонининг кучланганлиги $E = 1$ в/см. 1) Электрон пластинкалар орасига учиб киргандан қаича вақт кейин у пластинкалардан

бирига тушади? 2) Электрон 60 в потенциаллар айирмаси билан тезлантирилса, у конденсатор бошидан қандай узоқликда пластинкага тушади?

9. 69. Электрон горизонтал ҳолдаги ясси конденсатор пластинкалари орасига параллел равишда $9 \cdot 10^{-6}$ м/сек тезлик билан учиб киради. Электроннинг конденсатор ичидаги ҳаракат бошидан 10^{-8} сек ўтгандан кейинги тўла, нормал ва тангенциал тезланишлари топилсин. Пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси 100 в, пластинкалар оралиги 1 см.

9. 70. Бир хил тезлик билан ҳаракатланаётган протон ва α -заррача ясси конденсатор пластинкалари орасига параллел равишда учиб киради. Конденсатор майдони таъсирида протоннинг четланиши α -заррача четланишидан қанча ортиқ бўлади?

9. 71. Бирдай потенциаллар айирмасида тезлаштирилган протон ва α -заррача ясси конденсатор пластинкалари орасига учиб киради. Конденсатор майдони таъсирида протоннинг четланиши α -заррача четланишдан қанча ортиқ бўлади?

9. 72. Электрон ясси горизонтал конденсатор пластинкалари орасига, уларга параллел равишда $v_x = 10^7$ м/сек тезлик билан учиб киради. Конденсатордаги майдон кучланганлиги $E = 100$ в/см, конденсатор узунлиги $l = 5$ см. Электрон конденсатор ичидан учиб чиқаётгандаги тезлигининг катталиги ва йўналиши топилсин.

9. 73. $U = 300$ в потенциаллар айирмасида тезлаштирилган электронлар оқими зарядланмаган горизонтал ясси конденсаторнинг пластинкалари орасидан параллел равишда ўтаётганда, конденсатор четидан $l_1 = 12$ см узоқликда ўрнаштирилган флуоресценцияланувчи экранда ёруғ доғ ҳосил қилади. Конденсатор зарядланганда экрандаги доғ $y = 3$ см га силжийди. Конденсатор пластинкаларига берилган U_1 потенциаллари айирмаси топилсин. Конденсаторнинг узунлиги $l = 6$ см ва пластинкаларининг оралиги $d = 1,4$ см.

9. 74. Электрон ясси горизонтал конденсатор пластинкалари орасида уларга параллел равишда $3,6 \cdot 10^4$ км/сек тезлик билан ҳаракатланаётир. Конденсатор ичидаги майдон кучланганлиги 37 в/см. Конденсатор пластинкаларининг узунлиги 20 см. Электрон конденсатор ичидаги ҳаракати вақтида у электр майдони таъсирида вертикал йўналишда қанчага силжийди?

9. 75. Протон ясси горизонтал конденсатор пластинкалари орасига, уларга параллел равишда $1,2 \cdot 10^6$ м/сек тезлик билан учиб киради. Конденсатор ичидаги майдон кучланганлиги 30 в/см; конденсатор пластинкаларининг узунлиги 10 см. Конденсатор ичидан чиқаётган протоннинг тезлиги унинг бошланғич тезлигидан неча марта катта бўлади?

9. 76. Бир-бирдан 5 мм узоқликда турган конденсатор пластинкалари орасига 150 в потенциаллар айирмаси берилган. Пластинкалардан бирига қалинлиги 3 мм бўлган чинни ясси-параллел пластинка ёпишиб турибди. Ҳаводаги ва чиннидаги электр майдон кучланганлиги топилсин.

9. 77. Ер шарининг сифими топилсин. Ер шарининг радиусини 6400 км деб олинсин. Ер шарига 1 к электр миқдори берилса, унинг потенциали қанчага ўзгаради?

9. 78. 2 см радиусли шарча 2000 в потенциалгача мафий зарядланади. Зарядлашда шарчага берилган зарядни ташкил қилган ҳамма электронларнинг умумий массаси топилсин.

9. 79. Ҳар бирининг заряди 10^{-10} к бўлган 1 мм радиусли саккизта томчи қўшилиб, битта катта томчи ҳосил қилган. Катта томчининг потенциали топилсин.

9. 80. Бир хил $R = 1$ см радиусли ва бир хил $P = 4 \cdot 10^{-5}$ кГ оғирликдаги иккита шарча сиртлари бир-бирига тегадиган қилиб ипларга осиб қўйилган. Шарчалар зарядланганда иплар қандайдир бурчакка ажраб, ипларнинг таранглик кучи $F = 4,9 \cdot 10^{-4}$ н га тенг бўлиб қолди. Шарчаларни осиб қўйилган нуқтасидан ҳар бир шарча марказигача бўлган оралиқ 10 см бўлганда зарядланган шарчаларнинг потенциали топилсин.

9. 81. 792 в потенциалгача зарядланган шарча зарядининг сирт зичлиги $3,33 \cdot 10^{-7}$ к/м². Шарчанинг радиуси топилсин.

9. 82. 1) Нормал босимда ҳавода разряд электр майдонининг кучланганлиги $E_0 = 30$ кв/см бўлганда содир бўлса, шар радиуси R билан унинг ҳавода зарядланиши мумкин бўлган максимал потенциали V орасидаги муносабат, 2) диаметри 1 м бўлган шарнинг максимал потенциали топилсин.

9. 83. Бир хил $R = 1$ см радиусли ва $P = 0,15$ кГ оғирликдаги иккита шарча бир хил $V = 3$ кв потенциалга

ча зарядланган бўлиб, улар бир-биридан r_1 оралиқда турибди. Шунда уларнинг тортишиш (гравитацион) энергияси 10^{-11} ж га тенг. Шарчалар улар оралиғи r_2 га тенг бўлгунча яқинлаша боради. Шарчаларни яқинлаштириш учун бажарилган иш $2 \cdot 10^{-6}$ ж. Шарчалар яқинлашгандан кейинги уларнинг электростатик энергияси топилсин.

9. 84. Ҳар бир пластинкасининг юзи 1 м^2 бўлган ясси ҳаво оралиқли конденсатор пластинкаларининг оралиғи $1,5 \text{ мм}$. Шу конденсаторнинг сифими топилсин.

9. 85. Олдинги масаладаги конденсатор 300 в потенциалга зарядланган. Конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлиги топилсин.

9. 86. $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ мкф}$ сифимли конденсатор ясаш учун $0,05 \text{ мм}$ қалинликдаги парафин шимдирилган қоғознинг икки томонига стаинол доирачаларни ёпиштирилган. Бу доирачаларнинг диаметри топилсин.

9. 87. Ҳаво оралиқли ясси конденсатор пластинкаларининг юзи 100 см^2 ва уларнинг оралиғи 5 мм . Пластинкаларга 300 в потенциаллар айирмаси берилган. Конденсаторни электр кучланиши манбаидан узиб қўйиб, пластинкалар орасига эбонит тўлдирилади. 1) Эбонит тўлдирилгандан кейин пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси қандай бўлади? 2) Эбонит тўлдирилгунча ва тўлдирилгандан кейин конденсаторнинг сифими қандай бўлади? 3) Эбонит тўлдирилгунча ва тўлдирилгандан кейин конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлиги қандай бўлади?

9. 88. Олдинги масала электр кучланиши манбаини узмасдан конденсатор пластинкаларининг орасига изолятор тўлдирилгандаги ҳол учун ечилсин.

9. 89. Бир-биридан $d_1 = 1 \text{ см}$ узоқликдаги ясси конденсатор пластинкалари орасига $U = 300 \text{ в}$ потенциаллар айирмаси берилган. Пластинкалар орасидаги бўшлиққа ҳар бирининг қалинлиги $d_1 = 0,5 \text{ см}$ бўлган шиша ва парафин ясси-параллел пластинкалари жойлаштирилган. 1) Ҳар бир қатламдаги электр майдонининг кучланиш қили, 2) ҳар бир қатламда потенциалнинг тушиши, 3) пластинкаларнинг юзи $S = 100 \text{ см}^2$ бўлгандаги конденсаторнинг сифими, 4) пластинкалардаги заряднинг сирт зичлиги топилсин.

9. 90. Бир-биридан $d = 1 \text{ см}$ узоқликдаги ясси конденсатор пластинкалари орасига $U = 100 \text{ в}$ потенциаллар айирмаси берилган. Пластинкаларнинг бирига $9,5 \text{ мм}$ қалин-

ликдаги кристалл бромли таллий ($\epsilon = 173$) ясси-параллел пластинкаси ёпиштирилган конденсаторни кучланиш манбаидан узиб қўйиб, кристалл пластинкани олиб ташланади. Шундан кейин конденсатор пластинкалари орасидаги потенциаллар айирмаси қандай бўлади?

9. 91. Коаксиал электр кабели ингичка симлардан ва унга нисбатан концентрик равишда ўралган цилиндрик қобикдан иборат бўлиб, уларнинг орасида изолятор бўлади. Агар кабель ичидаги ингичка сим радиуси 1,3 см, қобикнинг радиуси 3,0 см ва изоляторнинг диэлектрик киритувчанлиги 3,2 бўлса, кабель узунлик бирлигининг сифими (мкф/м да) топилсин.

9. 92. Коаксиал кабель ингичка симларининг радиуси 1,5 см, қобигининг радиуси 3,5 см. Ингичка симлар ва қобик орасига 2300 в потенциаллар айирмаси берилган. Кабель ўқидан 2 см узоқликдаги электр майдонини кучланганлиги ҳисоблансин.

9. 93. Ҳаво оралиқли цилиндрик конденсатор ички цилиндрининг радиуси $r = 1,5$ см, ташқи цилиндрининг радиуси эса $R = 3,5$ см. Цилиндрлар орасига $U = 2300$ в потенциаллар айирмаси берилган. Бу конденсатор майдонининг таъсирида ҳаракатланаётган электрон цилиндр ўқидан $l = 2,5$ см узоқликдан $l_2 = 2$ см узоқликкача ўтишда қандай тезликка эришади?

9. 94. Цилиндрик конденсатор 3 мм радиусли ички цилиндр, икки қатлам изолятор ва $R = 1$ см радиусли ташқи цилиндрдан иборат. $d_1 = 3$ мм қалинликдаги биринчи изолятор қатлами ички цилиндрга тегиб туради. Қатламлардаги потенциаллар тушишининг нисбати топилсин.

9. 95. Фотография ҳодисаларни текширишда сферик конденсатор ишлатилади. Бу конденсатор 1,5 см диаметрли металл шар—марказий катоддан ва 11 см диаметрли ички сирти кумушланган сферик қолба—аноддан иборат. Қолбадан ҳаво сўриб олинади. Бу конденсаторнинг сифими топилсин.

9. 96. Қуйидаги ҳолларда 3 см радиусли шарнинг потенциали топилсин: 1) шарга 10^{-9} к заряд берилган, 2) бу шарни бошқа бир 4 см радиусли ва ерга уланган шар ичига концентрик равишда жойлаштирилган.

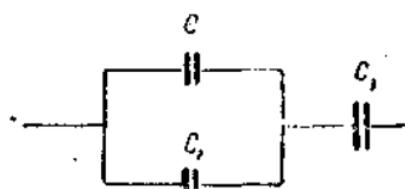
9. 97. $R = 10$ см ва $R_2 = 10,5$ см радиусли иккита концентрик сферадан иборат бўлган сферик конденсаторнинг сифими топилсин. Сфералар орасидаги бўшлиқ ёғ билан

тўлдирилган. Ёгга жойлаштирилган шар худди шундай сифимга эга бўлиши учун, унинг радиуси қанча бўлиши керак?

9. 98. Ҳаво оралиқли сферик конденсатор ички шарининг радиуси $R_1 = 1$ см, ташқи шарининг радиуси эса $R_2 = 4$ см. Шарлар орасига $U = 3000$ в потенциаллар айирмаси берилган. Шарлар марказидан $x = 3$ см узоқликдаги электр майдонининг кучлашганлиги топилсин.

9. 99. Ҳаво оралиқли сферик конденсатор ички шарининг радиуси $R_1 = 1$ см, ташқи шарининг радиуси эса $R_2 = 4$ см. Шарларга $U = 3000$ в потенциаллар айирмаси берилган. Шарлар марказига $r_1 = 3$ см узоқликдан $r_2 = 2$ см узоқликкача яқинлашаётган электрон қандай тезликка эришади?

9. 100. 17-расмдаги конденсаторлар системасининг сифими топилсин. Ҳар бир конденсаторнинг сифими $0,5$ мкф.



17-расм.

9. 101. Электромтр ёрдамида икки конденсаторнинг сифими солиштирилган. Бунинг учун конденсаторлар $U_1 = 300$ в ва $U_2 = 100$ в потенциалгача зарядланиб, ўзаро параллел уланган. Бунда конденсатор қопламаларини орасидаги потенциаллар айирмаси электромтр

билан ўлчанганда 250 в га тенг бўлган. Сифимлар нисбати $\frac{C_1}{C_2}$ топилсин.

9. 102. A ва B нуқталар орасидаги потенциаллар айирмаси $0,02$ СГС_У га тенг (18 расм). Биринчи конденсаторнинг сифими 2 мкф, иккинчисиники эса 4 мкф. Ҳар бир конденсатор қопламаларидаги заряд ва потенциаллар айирмаси топилсин.

9. 103. Бир конденсаторнинг сифими ўзгармас бўлиб у $3,33 \cdot 10^{-9}$ ф га тенг, иккинчисиники 20 СГС_С дан 500 СГС_С гача ўзгариб турса, улардан тузилган системанинг сифими қандай чегарада ўзгара олади?



18-расм.

9. 104. Ҳар бирининг сифими 10 нф дан 450 нф гача ўзгара оладиган ўзгарувчан сифимли икки конденсатордан тузилган системанинг сифими қандай чегарада ўзгара олади?

9. 105. 20 мкф сифмля конденсатор 100 в потенциалгача зарядланган. Шу конденсаторнинг энергияси топилсин.

9. 106. 1 м радиусли шар 30000 в потенциалгача зарядланган. Зарядланган шарнинг энергияси топилсин.

9. 107. Керосинга ботирилган шарнинг потенциали 4500 в ва зарядининг сирт зичлиги 3,4 СГС/см². Шарнинг 1) радиуси, 2) заряди, 3) сифми ва 4) энергияси топилсин.

9. 108. 3000 в потенциалгача зарядланган 10 см радиусли *A* шарни кучланиш манбаидан узиб (сифми ҳисобга олинмайдиган) сим билан олдин узоқлаштирилган зарядсиз *B* шарга уланади, сўнгра *B* шардан узилгандан сўнг узоқлаштирилган зарядсиз *C* шарга уланади. *C* ва *B* шарларнинг радиуси 10 см. 1) *A* шарнинг бошланғич энергияси, 2) улангандан кейин *A* ва *B* шарларнинг энергияси ва уланишдаги разряд иши, 3) улангандан кейинги *A* ва *C* шарларнинг энергияси ва уланишдаги разряд иши топилсин.

9. 109. Бирининг заряди 10^{-8} к, радиуси 3 см бўлган ва иккинчисининг радиуси 2 см, потенциали 9000 в бўлган иккита металл шарча бир-бирига сим билан уланган (симнинг сифми жуда кичик бўлганлиги учун уни ҳисобга олмаслик мумкин). 1) Биринчи шарчанинг разрядда олдинги потенциали, 2) иккинчи шарчанинг разрядда олдинги заряди, 3) ҳар бир шарчанинг разряддан олдинги энергияси, 4) биринчи шарчанинг разряддан кейинги потенциали ва заряди, 5) иккинчи шарчанинг разряддан кейинги потенциали ва заряди, 6) сим билан уланган шарчаларнинг энергияси, 7) разряд иши топилсин.

9. 110. 2 см радиусли зарядланган *A* шар 3 см радиусли зарядланмаган *B* шарга тегизилади. Кейин шарларни бир-биридан ажратилганда *B* шарнинг энергияси 0,4 ж га тенг бўлиб қолади. Тегизилгунча *A* шарда қанча заряд бўлган?

9. 111. Ҳар бирининг юзи 100 см² бўлган конденсатор пластинкалари ўзаро $3 \cdot 10^{-3}$ кГ куч билан тортилади. Пластинкаларнинг ораси слюда билан тўлдирилган. 1) Пластинкалардаги заряд, 2) пластинкалар орасидаги майдон кучланганлиги, 3) майдоннинг ҳажм бирлигидаги энергияси топилсин.

9. 112. Ясси конденсатор пластинкалари орасига юпқа слюда пластинкаси қўйилган. Электр майдони кучланганли-

ги 10 кВ/см бўлганда бу пластинкага қандай босим таъсир қилади?

9. 113. Абсолют электрометр пастки пластинкаси қўзғалмас бўлиб, юқориги пластинкаси эса терозиннинг шайинига осилган ясси конденсатордир. Конденсатор зарядсиз бўлганда пластинкаларнинг оралиги $d = 1 \text{ см}$. Терозиннинг бошқа палласига $P = 5,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ юк қўйилганда ҳам пластинкалар оралиги $d = 1 \text{ см}$ ҳолда қолиши учун пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси қандай бўлиши керак? Пластинкаларнинг юзи $S = 50 \text{ см}^2$.

9. 114. Ҳар бирининг юзи 100 см^2 бўлган конденсатор пластинкалари потенциалларининг айирмаси 280 в . Пластинкалардаги заряднинг сирт зичлиги $4,95 \cdot 10^{-11} \text{ к/см}^2$. 1) Конденсатор ичидаги майдоннинг кучланганлиги, 2) пластинкалар оралиги, 3) электроннинг конденсаторнинг бир пластинкасидан то иккинчи пластинкасигача бўлган масофани ўтишидаги олган тезлиги, 4) конденсаторнинг энергияси, 5) конденсаторнинг сифими, 6) конденсатор пластинкаларининг ўзаро тортивиш кучи топилсин.

9. 115. Ясси конденсатор пластинкаларининг юзи 100 см^2 ва уларнинг оралиги 5 мм . Конденсаторни разрядлаганда $4,19 \cdot 10^{-3} \text{ ж}$ иссиқлик ажралиб чиққан бўлса, конденсатор пластинкаларига қандай потенциаллар айирмаси берилганлиги аниқлансин.

9. 116. Пластинкаларининг оралиги 2 см бўлган ясси ҳаво оралиқли конденсатор 3000 в потенциалгача зарядланган. Электр қуввати манбаини узмасдан туриб пластинкаларни бир-биридан 5 см гача узоқлаштирсак, конденсатор майдонининг кучланганлиги қандай бўлади? Конденсаторнинг пластинкалари сурилишидан олдинги ва сурилишидан кейинги энергияси топилсин. Ҳар бир пластинканинг юзи 100 см^2 .

9. 117. Олдинги масала олдин кучланиш манбаини узиб, сўнг конденсатор пластинкаларини бир-биридан узоқлаштириш шартида ечилясин.

9. 118. Пластинкаларининг юзи 100 см^2 ва уларнинг оралиги 1 мм бўлган ясси конденсатор 100 в гача зарядланган, сўнг пластинкалар 25 мм гача бир-биридан узоқлаштирилган. Пластинкаларни узоқлаштиришдан олдин кучланиш манбаи: 1) узилмаган, 2) узилган ҳоллар учун конденсаторнинг пластинкаларини узоқлаштиришдан олдинги ва узоқлаштирилгандан кейинги энергияси топилсин,

9. 119. Ясси конденсатор диэлектрик билан тўлдирилган бўлиб, унинг пластинкаларига бирор потенциаллар айирмаси берилиши натижасида энергияси $2 \cdot 10^{-5}$ ж га тенг бўлади. Сўнгра конденсаторни кучланиш манбандан узиб қўйиб, диэлектрикни конденсатор ичидан олиб ташланади. Диэлектрикни олиб ташлаш учун электр майдон кучини енгинда бажарилган керак бўлган иш $7 \cdot 10^{-6}$ ж га тенг. Диэлектрикнинг диэлектрик киритувчанлиги топилсин.

9. 120. Пластинкаларининг оралиги 5 мм га тенг бўлган конденсатор 6 кВ потенциалгача зарядланган. Пластинкаларининг юзи $12,5 \text{ см}^2$ га тенг. Пластинкалар қуйидаги икки хил усул билан бир-биридан 1 см гача узоқлаштирилади: 1) конденсатор кучланиш манбаи билан уланганга қолади ва 2) пластинкаларни узоқлаштиришдан олдин кучланиш манбандан узиб қўйилади. Иккала ҳолдаги: а) конденсатор сифмининг ўзгариши, б) электродлар юзи бўйлаб ўтаётган кучланганлик оқимининг ўзгариши ва в) электр майдони энергияси ҳажм зичлигининг ўзгариши топилсин.

9. 121. Қуйидаги ҳолларда нуқтадаги электр майдони энергиясининг ҳажм зичлиги топилсин: 1) нуқта 1 см радиусли зарядланган шар сиртидан 2 см узоқликда, 2) чексиз зарядланган текислик экинида ва 3) зарядланган чексиз узун ипдан 2 см узоқликда жойлашган. Шар ва текисликдаги заряднинг сирт зичлиги $1,67 \cdot 10^{-6} \text{ К/м}^2$ ва ипдаги заряднинг чизиқли зичлиги $1,67 \cdot 10^{-7} \text{ К/м}$. Учала ҳол учун муҳитнинг диэлектрик киритувчанлигини 2 га тенг деб олинсин.

9. 122. Оралиги $d = 3 \text{ см}$ бўлган ясси конденсатор пластинкаларига $U = 1000 \text{ в}$ потенциаллар айирмаси берилган. Пластинкалар ораси диэлектрик ($\epsilon = 7$) билан тўлдирилган. а) Боғланган (қутбланган) зарядларнинг сирт зичлиги ва б) диэлектрик тўлдирилганда пластинкалардаги заряд сирт зичлигининг қанчага ўзгариши топилсин. Масала қуйидаги икки шароитда ечилсин: 1) пластинкалар ораси конденсатор кучланиш манбаига уланган вақтида диэлектрик билан тўлдирилган, 2) пластинкалар ораси конденсатор кучланиш манбандан узиб қўйилгандан кейин диэлектрик билан тўлдирилган.

9. 123. Ясси конденсатор пластинкаларининг ораси электрланиш коэффициенти (диэлектрик сингдирувчанлиги)

0,08 га тенг бўлган диэлектрик билан тўлдирилган. Пластинкаларга 4 кВ потенциаллар айирмаси берилган. Пластинкалардаги ва диэлектрикдаги заряднинг сирт зичлиги топилсин. Пластинкалар оралиги 5 мм га тенг.

9. 124. Ясси конденсатор пластинкаларининг орасига шиша қўйилган. Пластинкалар оралиги 4 мм га тенг. Пластинкаларга 1200 в кучланиш берилган. 1) Шишадаги майдон кучланганлиги, 2) конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлиги, 3) шишадаги боғланган заряднинг сирт зичлиги ва 4) шишанинг электрланиш коэффициенти топилсин.

9. 125. Ясси конденсатор пластинкаларининг ораси ёғ билан тўлдирилган. Пластинкалар оралиги 1 см га тенг. Ёғдаги боғланган (қутбланган) зарядларнинг сирт зичлиги $6,2 \cdot 10^{-10}$ к/см га тенг бўлиши учун, шу конденсатор пластинкаларига қанча потенциаллар айирмаси бериш керак?

9. 126. Ясси конденсатор пластинкалари орасига шиша пластинка киритилган. Конденсатор пластинкаларининг юзи 100 см^2 га тенг. Конденсатор пластинкалари бир-бирига $4,9 \cdot 10^{-3}$ н га тенг куч билан тортилиб, шиша пластинкани қисиб туради. Шиша сиртидаги боғланган зарядларнинг сирт зичлиги топилсин.

9. 127. Ясси конденсатор пластинкалари орасида парафин бор. Конденсаторни кучланиш манбаига улаганда пластинкаларнинг парафинга бўлган босими 5 н/м^2 га тенг бўлган. 1) Парафиндаги электр майдонининг кучланганлиги ва электр индукция, 2) парафиндаги боғланган зарядларнинг сирт зичлиги, 3) конденсатор пластинкаларидаги зарядларнинг сирт зичлиги, 4) парафиндаги электр майдони энергиясининг ҳажм зичлиги ва 5) парафиннинг электрланиш коэффициенти топилсин.

9. 128. Ясси конденсатор пластинкалари бир-биридан 2 мм узоқликда жойлашган бўлиб, улар ораси бутунлай диэлектрик билан тўлдирилган. Пластинкаларга 600 в потенциаллар айирмаси берилган. Электр манбаини узиб қўйиб, диэлектрикни конденсатор ичидан олиб ташланганда пластинкалардаги потенциаллар айирмаси 1800 в гача ортади. 1) Диэлектрикдаги боғланган зарядларнинг сирт зичлиги ва 2) диэлектрикнинг электрланиш коэффициенти топилсин.

9. 129. Ясси конденсатор пластинкалар орасидаги 20 см^2 ҳажмдаги фазо диэлектрик билан тўлдирилган ($\epsilon = 5$). Конденсатор пластинкалари кучланиш манбаига уланган. Шунда диэлектрикдаги боғланган зарядларнинг сирт зичлиги $8,35 \cdot 10^{-6} \text{ К/м}^2$ га тенг. Конденсатордан диэлектрикни олиб ташлаш учун электр майдони кучини енгилда қанча иш бажарилади? Масалани қуйидаги икки ҳол учун ечилсин: 1) диэлектрик конденсатор электр манбаига уланган вақтда олиб ташланган, 2) диэлектрик конденсатор кучланиш манбаидан узиб қўйилгандан кейин олиб ташланган.

10-§. Электр токи

Ток кучи I сои жиҳатдан ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан вақт бирлигида ўтган электр миқдорига тенг:

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Агар $I = \text{const}$ бўлса, у ҳолда

$$I = \frac{q}{t}$$

Электр токининг зичлиги

$$j = \frac{I}{S},$$

бунда S — ўтказгич кўндаланг кесимининг юзи.

Бир жинсли ўтказгич қисмидан ўтаётган ток кучи Ом қонунига бўйсунди:

$$I = \frac{U}{R},$$

бунда U — ўтказгич қисмининг учларидаги потенциаллар айирмаси, R — шу қисмининг қаршилиги.

Ўтказгич қаршилиги

$$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{l}{\sigma S},$$

бунда ρ — ўтказгичнинг солиштирма қаршилиги, σ — солиштирма ўтказувчанлиги ёки электр ўтказувчанлиги, l — узунлиги, S — кўндаланг кесимининг юзи.

Металларнинг солиштирма қаршилиги температурага қуйидагича боғланади:

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t),$$

бунда ρ_0 — температура 0°C бўлгандаги солиштирма қаршилиқ ва α — қаршилиқнинг температура коэффициенти.

Занжирнинг бир қисмида электр токининг бажарган иши қуйидагича топилади:

$$A = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R} t.$$

Берк занжир учун Ом қонуни қуйидаги кўринишда бўлади:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r},$$

бунда \mathcal{E} — генераторнинг э. ю. к., R — ташқи қаршилиқ ва r — ички қаршилиқ (генератор қаршилиги).

Занжирдаги тўла қувват

$$P = \mathcal{E} I.$$

Тармоқланган занжир учун Кирхгофнинг иккита қонуни мавжуд.

Биринчи қонун: «Тугунда учрашувчи ток кучларининг алгебраик йиғиндиси нолга тенг»:

$$\sum I = 0.$$

Иккинчи қонун: «Ҳар қандай берк контурда занжирнинг айрим қисмларидаги потенциаллар тушишининг алгебраик йиғиндиси, шу контурдаги э. ю. к. ларнинг алгебраик йиғиндисига тенг»:

$$\sum IR = \sum \mathcal{E}.$$

Кирхгоф қонунидан фойдаланганда қуйидаги қондаларга амал қилиш керак: схемада тегишли қаршилиқлардаги тоқларнинг йўналишини ихтиёрий равишда стрелкалар билан кўрсатилди. Контурни ихтиёрий йўналиш бўйича айланилганда, йўналиши айланиш йўналишига мос бўлган тоқларни мусбат, йўналиши айланиш йўналишига қарама-қарши бўлган тоқларни эса манфий деб ҳисоблаймиз. Айланиш йўналиши бўйича потенциалларни орттирувчи э. ю. к. ни мусбат деб оламиз, яъни генератор ичида минусдан плюсга

томон юрилса, э. ю. к. мусбат бўлади. Тузилган тенгламаларни ечиш натижасида аниқланган миқдор манфий чиқиши мумкин. Агар тоқлар аниқланса, унинг манфий қиймати занжир бўйлаб ҳақиқий йўналишга тескари йўналишда эканлигини кўрсатади. Қаршилиқ аниқланганда эса унинг манфий қиймати нотўғри натижа беришини кўрсатади (чунки ом қаршилиги ҳар вақт мусбат бўлади). Бундай ҳолда берилган қаршилиқда токнинг йўналишини ўзгартриш ва масалани шу шартга мувофиқ ечиш зарур.

Электролитлардаги электр тоқи учун Фарадейнинг қонунини қўллаш ўринлидир.

Фарадейнинг биринчи қонуни бўйича электролиз вақтида ажралиб чиққан модда массаси

$$M = Kit = Kq,$$

бунда q — электролитдан ўтган электр миқдори, K — модданинг электрохимиявий эквиваленти.

Фарадейнинг иккинчи қонуни бўйича электрохимиявий эквивалент химиявий эквивалентга пропорционалдир, яъни

$$K = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{Z},$$

бунда A — бир кг-атом массаси, Z — валентлик, $\frac{A}{Z}$ — кг-эквивалент массаси ва F — Фарадей сони бўлиб, у сон жиҳатдан $9,65 \cdot 10^7$ к/кг-эке га тенгдир.

Электролитнинг солиштирма электр ўтказувчанлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \alpha \cdot C \cdot ZF(u_+ + u_-),$$

бунда α — диссоциация даражаси, C — концентрация, яъни ҳажм бирлигидаги кг моллар сони, Z — валентлик, F — Фарадей сони, u_+ ва u_- — ионларнинг ҳаракатчанлиги. Бунда $\alpha = \frac{nD}{n}$ ҳажм бирлигида диссоциацияланган молекулалар сонининг шу ҳажм бирлигида эритилган модда молекулаларининг умумий сонига бўлган нисбатидир. $\eta = CZ$ эквивалент концентрация дейилади. У ҳолда $\Lambda = \frac{\sigma}{\eta}$ — эквивалент электр ўтказувчанлик бўлади.

Газдан ўтаётган ток зичлиги j унча катта бўлмаганда Ом қонунини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$j = qn(u_+ + u_-)E = \sigma E,$$

бунда E — майдоннинг кучланганлиги, σ — газнинг солиштирма ўтказувчанлиги, q — ион заряди, u_+ ва u_- — ионларнинг ҳаракатчанлиги ва n — газ ҳажми бирлигидаги ҳар икки ишорали ионлар сони (жуфт ионлар сони). Бунда

$n = \sqrt{\frac{N}{\gamma}}$ бўлиб, N — ионлаштирувчи модданинг вақт бирлиги ичида ҳажм бирлигида ҳосил қилган жуфт ионлар сони, γ — молизация коэффициенти.

Газда тўйиниш токи мавжуд бўлса, бу токнинг зичлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$j_{\tau} = Nqd,$$

бунда d — электродлар оралиги.

Электрон металлдан узилиб чиқиши учун кинетик энергияси қуйидагича бўлиши керак:

$$\frac{mv^2}{2} \geq A,$$

бунда A — электроннинг металлдан чиқишда бажарган иши.

Термоэлектрон эмиссия (солиштирма эмиссия) бўлганда тўйиниш токининг зичлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$j_e = BT^2 e^{-\frac{A}{kT}}.$$

бунда T — катоднинг абсолют температураси, A — чиқиш иши, k — Больцман доимийси ва B — ҳар хил металллар учун ҳар хил бўлган ўзгармас миқдор (эмиссия доимийси.)

10. 1. Ток кучи I вақт t га қараб $I = 4 + 2t$ тенглама бўйича ўзгаради, бунда I амперларда ва t секундларда ифодаланган. 1) Ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан $t_1 = 2$ сек дан $t_2 = 6$ сек гача вақт оралигида ўтадиган электр миқдори ва 2) шу вақт оралигида ўтказгич кўндаланг кесимидан шунча электр миқдори ўтиши учун ўзгармас токнинг кучи қанча бўлиши кераклиги аниқлансин.

10. 2. Лампали реостат параллел уланган бешта электр лампочкадан иборат. 1) Ҳамма лампочка ёнгандаги, 2) а) битта лампочка буралиб ўчирилгандаги, б) иккитаси ўчирилгандаги, в) учтаси ўчирилгандаги, г) тўрттаси ўчи-

рилгандаги реостат қаршилиги топилсин. Ҳар бир лампочканинг қаршилиги 350 ом.

10. 3. Қаршилиги 40 ом бўлган печь ясаш учун, радиуси 2,5 ом ли чинни цилиндрга диаметри 1 мм ли ниҳром симдан неча қават ўраш керак?

10. 4. Мис сим ўралган ғалтакнинг қаршилиги $R = 10,8$ ом, мис симнинг оғирлиги $P = 3,41$ кг. Ғалтакка ўралган симнинг узунлиги ва диаметри d топилсин.

10. 5. Диаметри 1 см, оғирлиги 1 кг бўлган темир стерженнинг қаршилиги топилсин.

10. 6. Мис ва алюминийдан қилинган икки цилиндрик ўтказгичнинг узунлиги ва қаршилиги бир хил бўлса, мис сим алюминий симдан неча марта оғир бўлади?

10. 7. Электр лампочкаси вольфрам ипининг қаршилиги 20°C да 35,8 ом га тенг. 120 в кучланишли электр тармоғига уланган лампочка толасидан 0,33 а ток ўтса, унинг температураси қанча бўлади? Вольфрам қаршилигининг температура коэффициенти $4,6 \cdot 10^{-3}$ град $^{-1}$ га тенг.

10. 8. Темир симли реостат, миллиамперметр ва ток генератори кетма-кет уланган. Реостатнинг қаршилиги 0°C да 120 ом га, миллиамперметрнинг қаршилиги эса 20 ом га тенг. Миллиамперметр 22 ма ни кўрсатиб турибди. Реостат 50°C гача қизиганда миллиамперметр қанча ни кўрсатади? Темир қаршилигининг температура коэффициенти $6 \cdot 10^{-3}$ град $^{-1}$ га тенг. Генераторнинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10. 9. Мис симли ғалтак чулғамининг қаршилиги 14°C да 10 ом га тенг. Токка улангандан кейин чулғамнинг қаршилиги 12,2 ом га тенг бўлиб қолади. Чулғам қанча температурагача қизийди? Мис қаршилигининг температура коэффициенти $4,15 \cdot 10^{-3}$ град $^{-1}$ га тенг.

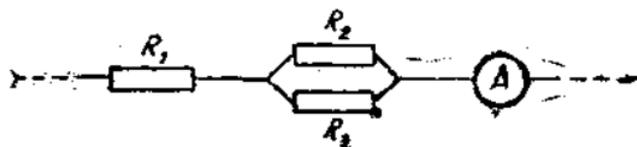
10. 10. Узунлиги 500 м ва диаметри 2 мм бўлган мис симдан ўтаётган токнинг кучи 2 а га тенг бўлса, ундаги потенциалнинг тушиши топилсин.

10. 11. Амперметр 3 а ни кўрсатади; $R_1 = 4$ ом, $R_2 = 2$ ом, $R_3 = 4$ ом (19-расм); R_1 , R_2 ва R_3 қаршиликларида потенциалнинг тушиши ҳамда R_2 ва R_3 қаршиликлардан ўтаётган токнинг кучи топилсин.

10. 12. Электр юритувчи кучи 1,1 в, ички қаршилиги 1 ом бўлган элемент 9 ом ли ташқи қаршиликка уланган. 1) Занжирдаги ток кучи, 2) ташқи занжирдаги потенциал.

нинг тушиши, 3) элементнинг ичидаги потенциалнинг тушиши, 4) элемент қандай фойдали иш коэффициент билан ишлаши топилсин.

10. 13. Олдинги масаладаги занжир учун ташқи занжирдаги потенциал тушишининг ташқи қаршиликка боғлиқлик графиги чизилсин. Ташқи қаршилик $0 \leq R \leq 10$ ом интервалда ҳар 2 ом дан олинсин.



19-расм.

10. 14. Электр юритувчи кучи 2 в бўлган элементнинг ички қаршилиги $0,5$ ом. Занжирдаги ток кучи $0,25$ а бўлганда элемент ичидаги потенциалнинг тушиши ва занжирнинг ташқи қаршилиги топилсин.

10. 15. Элементнинг электр юритувчи кучи $1,6$ в га, ички қаршилиги $0,5$ ом га тенг. Ток кучи $2,4$ а бўлганда элементнинг ф. и. к. қанча бўлади?

10. 16. Элементнинг электр юритувчи кучи 6 в га тенг, ташқи қаршилик $1,1$ ом бўлганда занжирдаги ток кучи 3 а га тенг. Элемент ичидаги потенциалнинг тушиши ва унинг қаршилиги топилсин.

10. 17. Элементнинг қаршилиги ташқи қаршиликдан n марта кичик бўлса, унинг учларидаги потенциалнинг тушиши элемент э. ю. к. нинг қанча қисмини ташкил қилади?

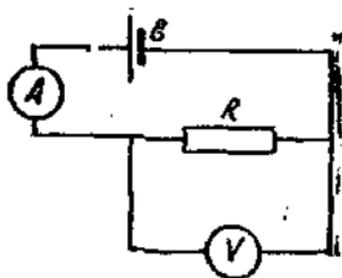
Масала: 1) $n = 0,1$, 2) $n = 1$, 3) $n = 10$ шартлар учун ечилсин.

10. 18. Элемент, реостат ва амперметр кетма-кет уланган. Элементнинг э. ю. к. 2 в ва ички қаршилиги $0,4$ ом. Амперметр 1 а ни кўрсатади, элементнинг ф. и. к. топилсин.

10. 19. Электр юритувчи кучи 2 в, ички қаршилиги $0,3$ ом бўлган иккита бир хил элемент бор. 1) Ташқи қаршилик $0,2$ ом, 2) ташқи қаршилик 16 ом бўлганда энг кўп ток кучи олиш учун элементларни қандай улаш керак

(кетма-кетми ёки параллелми)? Ток кучи ҳар бир ҳол учун алоҳида топилсин.

10.20. Вольтметрнинг қаршилигини чексиз катта деб ҳисоблаб, 20-расмдаги схемада амперметр ва вольтметрнинг кўрсатиши бўйича реостат қаршилиги R аниқланади. Ҳақиқатда вольтметр қаршилиги R_V га тенг бўлганда топилган қаршиликнинг нисбий хатолиги аниқлансин. Масалани $R_V = 1000$ ом ва R қуйидагиларга тенг бўлгандаги ҳол учун ечилсин: 1) 10 ом, 2) 100 ом, 3) 1000 ом.

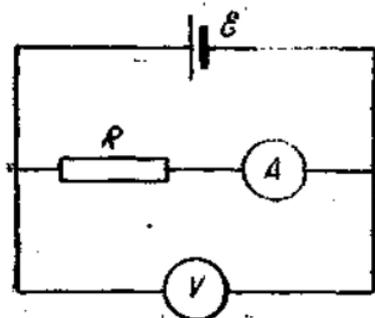


20-расм.

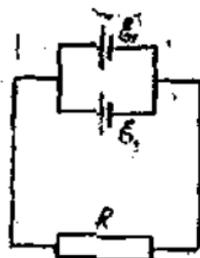
10.21. Амперметрнинг қаршилигини чексиз кичик деб ҳисоблаб, 21-расмдаги схемада амперметр ва вольтметрнинг кўрсатиши бўйича реостат қаршилиги R аниқланади. Ҳақиқатда амперметр қаршилиги R_A га тенг бўлганда топилган қаршиликнинг нисбий хатолиги аниқлансин. Масалани $R_A = 0,2$ ом ва R қуйидагиларга тенг бўлгандаги ҳол учун ечилсин: 1) 1 ом, 2) 10 ом, 3) 100 ом.

10.22. 22-расмдаги қаршилик $R = 1,4$ ом, \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 — иккита элемент бўлиб, ҳар бирининг э. ю. к. 2 в га тенг. Бу элементларнинг ички қаршилиги тегишлича $r_1 = 1$ ом ва $r_2 = 1,5$ ом га тенг. Ҳар бир элементдаги ва бутун занжирдаги ток кучи топилсин.

10.23. 23-расмдаги қаршилик $R = 0,5$ ом, \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 иккита элемент бўлиб, ҳар бирининг э. ю. к. 2 в га тенг.



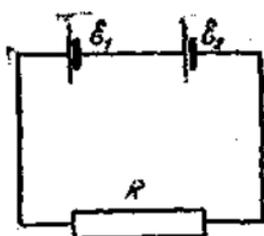
21-расм.



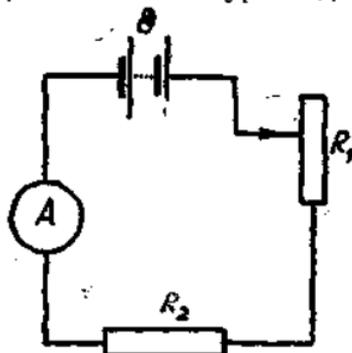
22-расм.

Бу элементларнинг ички қаршилиги тегишлича $r_1 = 1$ ом ва $r_2 = 1,5$ ом. Ҳар бир элемент қисқичларидаги потенциаллар айирмаси топилсин.

10.24. 24-расмдаги схемада э. ю. к. 20 в га тенг бўлган \mathcal{E} батарея ҳамда R_1 ва R_2 реостатлар берилган. R_1 реостат уланмаганда амперметр 8 а ни кўрсатади; R_1



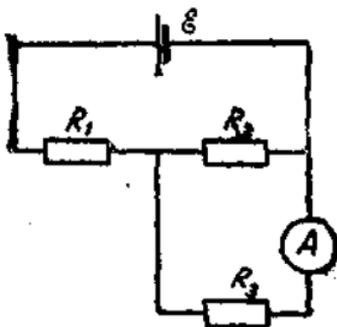
23- расм.



24- расм.

уланганда эса 5 а ни кўрсатади. Реостатларнинг қаршилиги ва R_1 реостат тўла уланганда потенциалларнинг тушиши топилсин. Батарея ва амперметр қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.25. Элемент, амперметр ва қаршилик кетма-кет уланган. Қаршилик узунлиги 100 м ва кўндаланг кесими 2 мм^2 бўлган мис симдан ясалган, амперметр қаршилиги 0,05 ом; амперметр 1,43 а ни кўрсатади. Қаршилик узунлиги 57,3 м ва кўндаланг кесими 1 мм^2 бўлган алюминий симдан ясалганда эса амперметр 1 а ни кўрсатади. Элементнинг э. ю. к. ва ички қаршилиги топилсин.



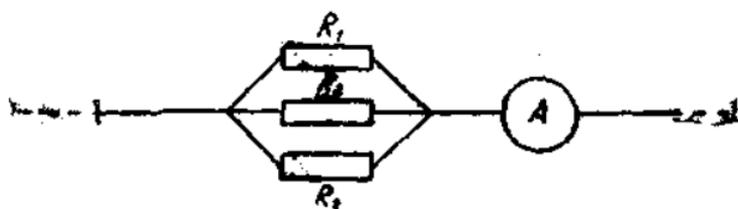
25- расм.

10. 26. 25-расмдаги схемада амперметр кўрсатган ток кучи аниқлансин. Берк контурда элемент қисқичларидаги кучланиш 2,1 в га тенг: $R_1 = 5$ ом, $R_2 = 6$ ом ва $R_3 = 3$ ом. Амперметр қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.27. 26- расмдаги схемада $R_2 = 20$ ом, $R_3 = 15$ ом ва R_1 қаршиликдан ўтаётган ток кучи 0,3 а га тенг. Ампер-

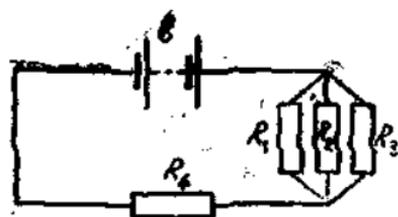
метр $0,8 \text{ а}$ ни кўрсатиб турган бўлса, R_1 қаршилиги қанча бўлади?

10. 28. 27-расмда э. ю. к. 100 в бўлган \mathcal{E} батарея ва $R_1 = R_3 = 40 \text{ ом}$, $R_2 = 80 \text{ ом}$ ва $R_4 = 34 \text{ ом}$ бўлган қарши-

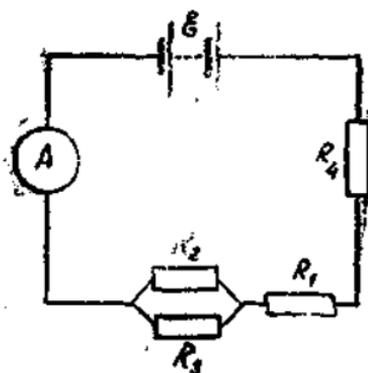


26- расм.

ликлар берилган. 1) R_2 қаршиликдан ўтувчи ток кучи ва 2) шу қаршиликдаги потенциалнинг тушиши топилсин. Батареянинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.



27- расм.



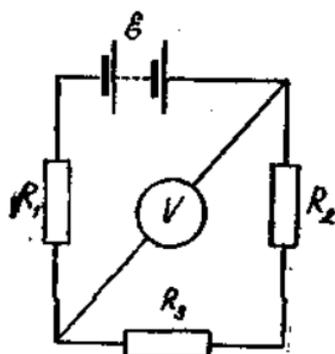
28- расм.

10. 29. 28-расмда э. ю. к. 120 в бўлган \mathcal{E} батарея ва $R_2 = 20 \text{ ом}$, $R_4 = 25 \text{ ом}$ қаршиликлар кўрсатилган. R_1 қаршиликдаги потенциалнинг тушиши 40 в га тенг. Амперметр 2 а ни кўрсатади. R_3 қаршилик топилсин. Батарея ва амперметр қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10. 30. 1) 28-расмдаги схемада $\mathcal{E} = 10 \text{ в}$, $r = 1 \text{ ом}$ ва ф. и. к. $0,8$ бўлса, амперметр қанча ток кучини кўрсатади? 2) R_1 қаршиликдаги потенциалнинг тушиши 4 в га ва R_4 қаршиликда 2 в га тенг бўлганда R_2 қаршиликдаги потенциалнинг тушиши қанча бўлади?

10.31. 29- расмда э. ю. к. 100 в бўлган \mathcal{E} батарея ҳамда $R_1=100$ ом, $R_2=200$ ом ва $R_3=300$ ом қаршиликлар берилган. Вольтметр қаршилиги 2000 ом бўлганда у қанча кучланишни кўрсатади? Батарея қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.32. 29- расмдаги схемада $R_1=R_2=R_3=200$ ом, вольтметрнинг кўрсатиши 100 в, вольтметрнинг қаршилиги $R_V=1000$ ом бўлгандаги батареянинг э. ю. к. топилсин. Батарея қаршилиги ҳисобга олинмасин.

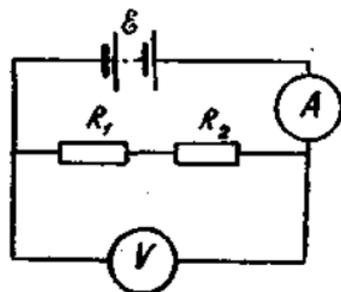


29- расм.

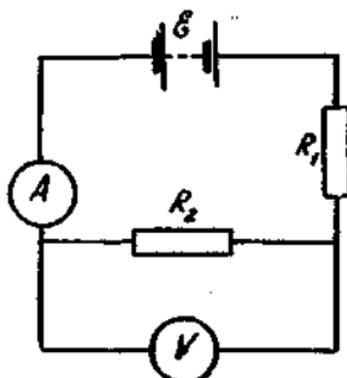
10.33. 30—33- расмларда тасвирланган схемалардаги амперметр ва вольтметр кўрсатишлари топилсин. Вольтметрнинг қаршилиги 1000 ом, батареянинг э. ю. к. 110 в, $R_1=400$ ом, $R_2=600$ ом. Батарея ва амперметр қаршиликлари ҳисобга олинмасин.

10.34. Қаршилиги 0,16 ом бўлган амперметрга қаршилиги 0,04 ом бўлган шунт уланган. Амперметр 8 а ни кўрсатади. Магистралдаги ток кучи топилсин.

10.35. 10 а токка мўлжалланган, қаршилиги 0,18 ом ва шкаласи 100 га бўлинган амперметр берилган. 1) Шу



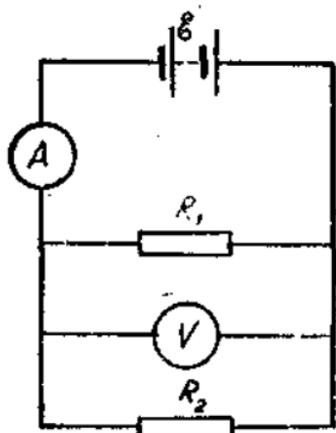
30- расм.



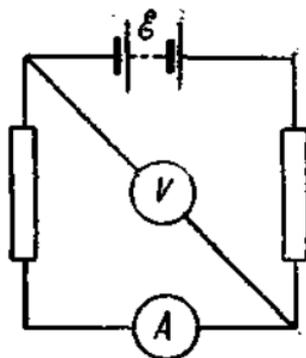
31- расм.

амперметрда 100 а гача бўлган токни ўлчаш учун қандай қаршилик олиш ва уни қандай улаш керак? 2) Бунда амперметр шкаласи бўлинималарининг қиймати қандай ўзгаради?

10.36. 30 в гача бўлган потенциаллар айирмасини ўлчашга мўлжалланган, шкаласи 150 га бўлинган ва қаршилиги 2000 ом бўлган вольтметр берилган. 1) Шу вольтметрда 75 в ли потенциаллар айирмасини ўлчаш учун қандай қаршилик олиш ва уни қандай улаш керак? 2) Бунда вольтметр шкаласи бўлинмаларининг қиймати қандай бўлади?



32- расм.



33- расм.

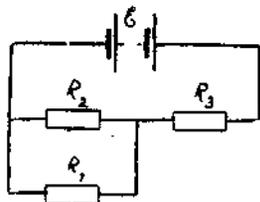
10.37. 0 дан 15 ма гача шкалали миллиамперметр қаршилиги 5 ом га тенг. 1) 0 дан 0,15 а гача бўлган ток кучини ва 2) 0 дан 150 в гача бўлган потенциаллар айирмасини ўлчаш учун асбобга қанча қаршилик қандай комбинацияда уланади?

10.38. Қуввати 40 вт бўлган 120 в ли лампочка берилган. Лампочка 220 в кучланишли тармоқда нормал ёниши учун унга кетма-кет қандай қўшимча қаршилик улаши керак? Шундай қаршиликни ясаш учун диаметри 0,3 мм бўлган нихром симдан неча метр олиш керак?

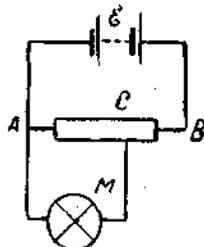
10.39. 110 в кучланишга мўлжалланган ва қуввати мос равишда 40, 40 ва 80 вт бўлган учта лампочка берилган. Шу лампочкалар нормал ёниши учун 220 в кучланишли тармоққа қандай уланади? Лампочкалар нормал ёнганда улардан ўтадиган ток кучи топилсин. Лампочкаларнинг улашиш схемаси чизилсин.

10.40. Генератордан 100 м узоқликдаги лабораторияда 10 а ток қабул қилувчи иситувчи электр асбоби уланган.

10. 56. 36-расмда қаршилик $R_1 = 100$ ом, шу қаршиликда ажралган қувват $P = 16$ вт. Генераторнинг ф. и. к. 80%. R_3 қаршиликдаги потенциалнинг тушиши 40 в га тенг бўлса, генераторнинг э. ю. к. топилиши.



36-расм.



37-расм.

10. 57. 37-расмда э. ю. к. 120 в бўлган батарея \mathcal{E} , AB — қаршилиги 120 ом бўлган потенциометр ва M — лампочка берилган. Лампочка ёнганда қаршилиги 30 ом дан 300 ом гача ўзгаради. Сирпангич контакт C потенциометр ўртасида турганда лампочка учларидаги потенциаллар айирмаси қанчага ўзгаради? Бунда лампочканинг қуввати қанчага ўзгаради?

10. 58. A ва B нуқталар орасидаги потенциаллар айирмаси 9 в га тенг. Қаршиликлари 5 ва 3 ом бўлган иккита ўтказгич берилган. Ўтказгичлар A ва B нуқталар орасига 1) кетма-кет ва 2) параллел уланганда ҳар бир ўтказгичдан 1 секундда ажраладиган иссиқлик миқдори топилиши

10. 59. Бирининг қаршилиги 360 ом, иккинчисиники 240 ом бўлган иккита лампочка тармоққа параллел уланган. Қайси лампочка кўпроқ ва неча марта ортиқ қувват олади?

10. 60. K калориметр қаршилиги $R_1 = 60$ ом ли спиралга эга. R_1 қаршилик занжирга 38-расмда кўрсатилгандек уланган. Амперметр 6 а ни кўрсатса, калориметрдаги 480 г сув 5 мин давомида неча градусга исийди? Қаршилик $R_2 = 30$ ом. Генератор ва амперметр қаршиликлари ҳамда иссиқлик исрофи ҳисобга олинмасин.

10. 61. 3 вт·соат электр энергияси сарфлаб қанча сув қайнатиш мумкин? Сувнинг бошланғич температураси 10°C. Иссиқликнинг исрофи ҳисобга олинмасин.

10. 62. 1) 1 л сув 5 минутда қайнайдиган бўлса, электр чойнағининг иситгичи неча ватт истеъмол қилади? 2) Тармоқ кучланиши 120 в бўлса, иситгичнинг қаршилиги қанча бўлади? Сувнинг бошланғич температураси 13,5°C. Иссиқликнинг исрофи ҳисобга олинмасин.

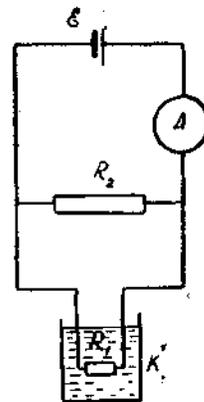
10. 63. Қуввати 0,5 кВт бўлган плита устида ичига 16°C температурали 1 л сув қуйилган чойнак турибди. Чойнакдаги сув плита токка улангандан 20 мин ўтгач қайнади. Бундай чойнакнинг исиши, нурланиш ва ҳоказо учун қанча иссиқлик йўқолган бўлади?

10. 64. Электр кастрюлька ҳар бирининг қаршилиги 20 ом бўлган иккита иситгич секциядан тузилган. Бошланғич температураси 16°C бўлган 2,2 литр сув. 1) битта секция уланганда, 2) иккала секция кетма-кет уланганда ва 3) иккала секция параллел уланганда қанча вақтда қайнайди? Тармоқ кучланиши 110 в, иситгичнинг ф. и. к. 85%.

10. 65. Электр чойнакнинг иккита чулғами бор. Чулғамлардан биттаси уланганда чойнакдаги сув 15 минутда, иккинчиси уланганда 30 минутда қайнайди. Иккала чулғам кетма-кет уланганда чойнакдаги сув қанча вақтда қайнайди? Параллел уланганда-чи?

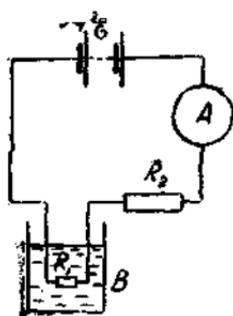
10. 66. 39-расмдаги схемада э. ю. к. 120 в бўлган \mathcal{E} батарея, $R_2 = 10$ ом қаршилик ҳамда B — электр чойнак берилган. Амперметр 2 а ни кўрсатса, температураси 4°C бўлган 0,5 л сув қанча вақтда қайнайди? Батарея ва амперметрнинг қаршиликлари ҳисобга олинмасин. Чойнакнинг ф. и. к. 76%.

10. 67. 40-расмдаги схемада э. ю. к. 110 в бўлган \mathcal{E} батарея ва 500 г керосин солинган K калориметр берилган. Амперметр 2 а ни, вольтметр 10,8 в ни кўрсатганда: 1) Спиралнинг қаршилиги қанча бўлади? 2) Агар R_1 спиралдан 5 мин давомида ток ўтганда керосин 5°C га исиса, керосиннинг солиштирма иссиқлик сифими қанчага тенг?

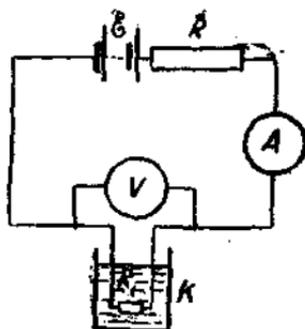


38-расм.

Спиралдан ажралган иссиқликнинг 80 проценти керосинни иситишга сарфланган деб ҳисоблансин. 3) Реостатнинг қаршилиги R қанчага тенг? Батарея ва амперметрнинг қаршилиги ҳисобга олинмасин. Вольтметрнинг қаршилиги чексиз катта деб ҳисоблансин.



39- ра



40- расм.

10.68. Иситгич 23°C температурадаги 4,5 литр сувни қайнатгунча 0,5 *квт-соат* энергия сарфлаган. Иситгичнинг ф. и. к. топилсин.

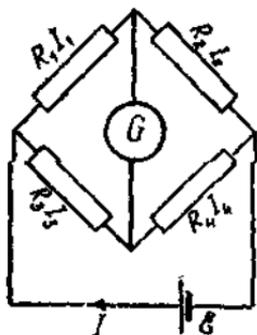
10.69. Уй 120 в кучланишли тармоққа уланган электр печка билан иситилади. Уй суткасига 20800 ккал иссиқлик йўқотади. Уйнинг температурасини бирдай сақлаш талаб қилинади. 1) Печканинг қаршилиги, 2) печка иситгичини яшаш учун диаметри 1 мм бўлган нихром симдан қанча метр олиш кераклиги ва 3) печканинг қуввати топилсин.

10.70. 1 л сифимга эга бўлган сувли термостатнинг температураси 26 *вт* қувватли иситгич ёрдамида ўзгармас ҳолда сақланади, шу қувватнинг 80 проценти сувни иситишга сарф бўлади. Иситгични узиб қўйилса, 10 минутда термостатдаги сувнинг температураси қанча градустга пасаяди?

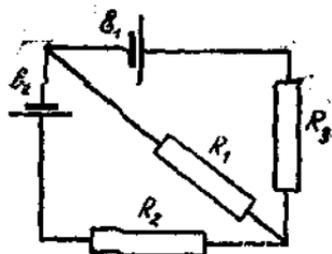
10.71. 120 вольтли иккита лампочка 0,5 а ток истеъмол қилиб, ҳар кунни 6 соатдан ёнади. Бундан ташқари, кунда ф. и. к. 80% бўлган иситгич бошланғич температураси 10°C бўлган 3 л сувни қайнатади. 1 *квт-соат* энергия 4 тийин туради, бир ой (30 кун) да сарфланган энергия учун тўланадиган пул ҳисоблансин.

10.72. Урамларининг қаршилиги 16 ом бўлган электр чойнакда 9°C ли 600 см^3 сув бўлиб, уни тоқдан узиб қўйиш унитилган. Қанча вақтдан кейин сув буғланиб кетади? Тармоқнинг кучланиши 120 в, чойнакнинг ф. и. к. 60%.

10.73. Симобли диффузион насосда ҳар минутда 100 г симоб буғланади. Агар насос иситгичи 127 в кучланишли



41-расм.



42-расм.

тармоққа уланса, иситгичнинг қаршилиги қанчага тенг бўлиши керак? Симобнинг буғга айланиш иссиқлигини $2,96 \times 10^6 \text{ Ж/кг}$ га тенг деб олинсин.

10.74. Қўндаланг кесимининг юзи $S_1 = 3 \text{ мм}^2$ бўлган мис симдан иборат занжирга қўндаланг кесимининг юзи $S_2 = 1 \text{ мм}^2$ бўлган қўрошни симдан сақлагич уланган. Бу сақлагич занжирда қисқа туташув бўлганда ўтказгичларнинг температураси қанча кўтарилиши учун мўлжалланган? Қисқа туташув туфайли кам вақтли процессда ажралган ҳамма иссиқлик занжирни иситишга кетади деб ҳисоблансин. Сақлагичнинг бошланғич температураси $t_0 = 17^{\circ}\text{C}$ га тенг.

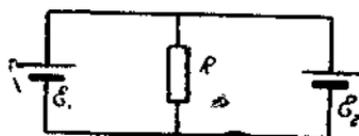
10.75. Ток зичлиги 30 а/см^2 бўлганда бирлик ҳажмдаги мис симдан ҳар секундда ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдори топилсин.

10.76. Уитстон кўпригидаги (41-расм) генераторнинг э. ю. к. 2 в, $R_1 = 30 \text{ ом}$, $R_2 = 45 \text{ ом}$ ва $R_3 = 200 \text{ ом}$. Гальванометрдан ўтаётган ток кучи нолга тенг. Ҳар бир тармоқдаги ток кучи топилсин. Генераторнинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

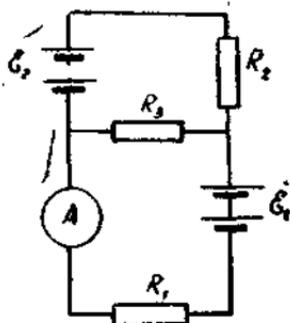
10.77. 42- расмдаги схемада бирининг э. ю. к. 2,1 в, иккинчисиники 1,9 в бўлган иккита элемент ҳамда $R_1 = 45$ ом, $R_2 = 10$ ом ва $R_3 = 10$ ом қаршиликлар берилган. Занжирнинг ҳамма қисмидаги ток кучи топилсин. Элементларнинг ички қаршиликлари ҳисобга олинмасин.

10.78. Э. ю. к. лари $\mathcal{E}_1 = 1,4$ в ва $\mathcal{E}_2 = 1,2$ в ҳамда ички қаршиликлари $r_1 = 0,6$ ом ва $r_2 = 0,4$ ом бўлган иккита элемент ўзаро параллел уланган. Элементларнинг қисқичларидаги потенциаллар айирмаси топилсин.

10.79. 43- расмдаги схемада ички қаршиликлари тегишлича $r_1 = 1$ ом ва $r_2 = 2$ ом, ҳар бирининг э. ю. к. лари 2 в дан бўлган иккита элемент \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2



43- расм.



44- расм.

берилган. \mathcal{E}_1 дан ўтаётган ток кучи 1 а га тенг бўлса, ташқи R қаршилик қанчага тенг бўлади? \mathcal{E}_2 дан ўтаётган I_2 ток кучи топилсин. R қаршиликдан ўтаётган I_R ток кучи топилсин.

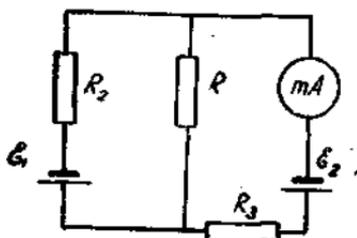
10.80. Олдинги масалани $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 4$ в, $r_1 = r_2 = 0,5$ ом ва $I_1 = 2$ а бўлган ҳол учун ечилсин.

10.81. 44- расмдаги схемада $\mathcal{E}_1 = 110$ в, $\mathcal{E}_2 = 220$ в ҳамда $R_1 = R_2 = 100$ ом, $R_3 = 500$ ом қаршиликлар берилган. Амперметрнинг кўрсатиши аниқлаңсин. Батареялар ва амперметрнинг ички қаршилиги ҳисобга олинмасин.

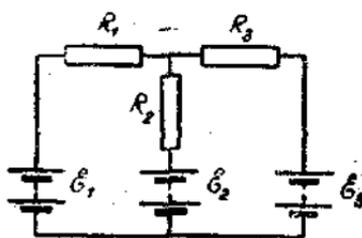
10.82. 44- расмдаги схемада $\mathcal{E}_1 = 2$ в, $\mathcal{E}_2 = 4$ в $R_1 = 0,5$ ом ва R_2 қаршиликдаги потенциалнинг тушиши 1 в га тенг. Амперметрнинг кўрсатишнни топинг. Элементларнинг ички ва амперметр қаршиликлари ҳисобга олинмасин.

10.83. 44- расмдаги схемада $\mathcal{E}_1 = 30$ в, $\mathcal{E}_2 = 10$ в, $R_2 = 20$ ом, $R_3 = 10$ ом. Амперметрдан 1 а ток ўтади. R_1 қаршилик топилсин. Батарея ва амперметр қаршиликлари ҳисобга олинмасин.

10.84. 45- расмдаги схемада $\mathcal{E}_1 = 2$ в, $\mathcal{E}_2 = 1$ в, $R_1 = 10^3$ ом, $R_2 = 500$ ом, $R_3 = 200$ ом ва миллиамперметрнинг қаршилиги $R_A = 200$ ом бўлса, mA миллиамперметр қанча ток кучини кўрсатади? Элементларнинг ички қаршилиги ҳисобга олинмасин.



45- расм.



46- расм.

10.85. 45- расмдаги схемада $\mathcal{E} = 1$ в, $\mathcal{E}_2 = 2$ в, $R_3 = 1500$ ом, $R_A = 500$ ом ва R_2 қаршилиқдаги потенциалнинг тушиши 1 в га тенг бўлса, миллиамперметр қанча ток кучини кўрсатади? Элементларнинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

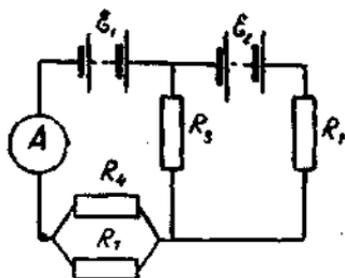
10.86. 46- расмдаги схемада $\mathcal{E}_1 = 2$ в, $\mathcal{E}_2 = 4$ в, $\mathcal{E}_3 = 6$ в, $R_1 = 4$ ом, $R_2 = 6$ ом ва $R_3 = 8$ ом. Занжирнинг ҳамма қисмидаги ток кучи топилсин. Элементларнинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.87. 46- расмдаги схемада $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_3$, $R_1 = 20$ ом, $R_2 = 12$ ом ва R_2 қаршилиқдаги потенциалнинг тушиши 6 в га тенг. Занжирнинг ҳамма қисмидаги ток кучи ва R_3 қаршилиқ топилсин. Элементларнинг ички қаршилиги ҳисобга олинмасин.

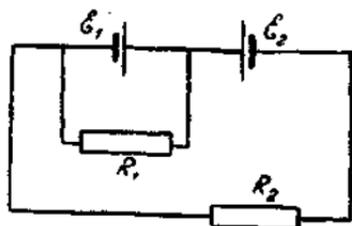
10.88. 46- расмдаги схэмада $\mathcal{E}_1 = 25$ в, R_1 қаршилиқдаги потенциалнинг тушиши 10 в га тенг бўлиб, бу R_3 қаршилиқдаги потенциалнинг тушишига тенг ва R_3 қаршилиқдаги потенциал тушишидан икки марта кўпдир. \mathcal{E}_2 ва \mathcal{E}_3 ларнинг қиймати топилсин. Батареяларнинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.89. 47- расмдаги схемада $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 100$ в, $R_1 = 20$ ом, $R_2 = 10$ ом, $R_3 = 40$ ом ва $R_4 = 30$ ом. Амперметрнинг кўрсатиши топилсин. Батареялар ва амперметр қаршиликлари ҳисобга олинмасин.

10.90. 47- расмдаги схемада $\mathcal{E}_1 = 2\mathcal{E}_2$, $R_1 = R_2 = 20$ ом, $R_3 = 15$ ом ва $R_4 = 30$ ом. Амперметр 1,5 а ни кўрсатади. \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 нинг қиймати ҳамда R_2 ва R_3 қаршиликдан ўтаётган I_2 ва I_3 ток кучлари топилсин. Батареялар ва амперметр қаршиликлари ҳисобга олинмасин.



47- расм.



48- расм.

10.91. 48- расмдаги схемада э. ю. к. лари 2 в дан ва ички қаршиликлари 0,5 ом дан бўлган иккита бир хил элемент \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 берилган. 1) $R_1 = 0,5$ ом қаршиликдан, 2) $R_2 = 1,5$ ом қаршиликдан ва 3) элемент \mathcal{E}_1 дан ўтаётган ток кучи топилсин.

10.92. 48- расмдаги схемада э. ю. к. лари ва ички қаршиликлари бир хил бўлган иккита элемент \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 ҳамда $R_2 = 1$ ом қаршилик берилган. \mathcal{E}_1 элемент қисқичларидаги потенциалларнинг тушиши 2 в бўлиб, у \mathcal{E}_2 элемент қисқичларидаги потенциаллар тушишидан икки марта кўп. R_2 қаршиликдаги потенциаллар тушиши \mathcal{E}_2 элементдаги потенциаллар тушишига тенг. Элементларнинг э. ю. к. ва ички қаршилиги топилсин.

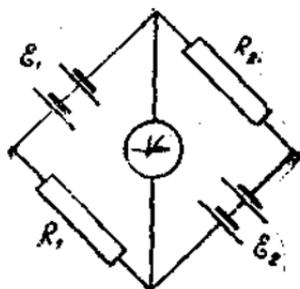
10.93. 49- расмдаги схемада $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 110$ в ҳамда $R_1 = R_2 = 200$ ом қаршиликлар берилган. Вольтметрнинг қаршилиги 1000 ом. Унинг кўрсатиши топилсин. Батареялар қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.94. 49- расмдаги схемада $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2$ ва $R_1 = R_2 = 100$ ом. Вольтметр 150 в ни кўрсатади. Вольтметр қаршилиги 150 ом. Батареяларнинг э. ю. к. топилсин. Батареялар қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.95. 50- расмдаги схемада $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 1,5$ в, $r_1 = r_2 = 0,5$ ом, $R_1 = R_2 = 2$ ом ва $R_3 = 1$ ом берилган.

Миллиамперметр mA нинг кўрсатиши топилсин. Миллиамперметрнинг қаршилиги 3 ом га тенг.

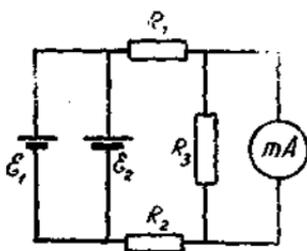
10.96. 51-расмдаги схемада қаршиликлари $R_1 = 3000 \text{ ом}$ ва $R_2 = 2000 \text{ ом}$ бўлган иккита вольтметр V_1 ва V_2 берилган; $R_3 = 3000 \text{ ом}$, $R_4 = 2000 \text{ ом}$, $\mathcal{E} = 200 \text{ в}$. 1) Калит K уланмагандаги ва 2) калит K улангандаги вольтметрларнинг кўрсатиши топилсин. Батареянинг қаршилиги ҳисобга олинмасин. Масалани Кирхгоф қонунларини қўллаб ечинг.



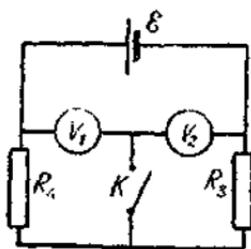
49- расм.

10.97. Мис хлорнинг сувдаги эритмаси (CuCl_2) ни электролиз қилишда қанча вақтдан кейин катодда $4,74 \text{ г}$ мис ажралди? Ток кучи 2 а га тенг.

10.98. Юзи 25 см^2 бўлган мис пластинка мис купоросини электролиз қилишда катодлик вазифасини бажаради. Бир оз вақт зичлиги $0,02 \text{ а/см}^3$ бўлган ток ўтказилгандан сўнг, пластинка массаси 99 мг га ортади. 1) Токнинг қанча вақт ўтганлиги ва 2) пластинкада ҳосил бўлган мис қатламнинг қалинлиги топилсин.



50- расм.



51- расм.

10.99. Мис купоросини электролиз қилинганда бир соатда $0,5 \text{ г}$ мис ажралди. Ҳар бир электроднинг юзи 75 см^2 га тенг. Ток зичлиги топилсин.

10.100. Водороднинг электрохимиявий эквиваленти топилсин.

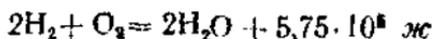
10.101. AgNO_3 эритмаси солинган электролитик ваннага кетма-кет уланган амперметр $0,90 \text{ а}$ ни кўрсатиб турибди. 5 минут ток ўтгандан сўнг 316 мг кумуш ажралиб чиққан бўлса, амперметрининг кўрсатиши тўғрими?

10.102. AgNO_3 ва CuSO_4 эритмаси солинган иккита электролитик ванна ўзаро кетма-кет уланган. 180 мг кумуш ажратишга кетган вақт ичида қанча мис ажралади?

10.103. Al_2O_3 эритмасидан электролиз усули билан алюминий олишда эритилган криолитдан, электродлардаги потенциаллар айирмаси 5 в бўлганда, $2 \cdot 10^4 \text{ а}$ ток ўтган. 1) 10^3 кг алюминий ажралиши учун кетган вақт, 2) бунга қанча электр энергияси сарфланганлиги топилсин.

10.104. Электролиз қилинганда AgNO_3 эритмасидан 500 мг кумуш ажралиши учун қанча электр энергияси сарфланиши керак? Электродлардаги потенциаллар айирмаси 4 в га тенг.

10.105. Водород ва кислороддан сув ҳосил бўлиш реакцияси вақтида



иссиқлик ажралади. Сув электролиз қилинганда водород ва кислородга ажралиши учун етарли бўлган энг кам потенциаллар айирмаси топилсин.

10.106. Азот кислотасининг жуда кучсиз эритмаси учун эквивалент электр ўтказувчанлик ҳисоблансин.

10.107. Азот кислотаси эритмасидан $I = 2 \text{ а}$ ток ўтаётир. Ҳар бир ишорали ион бир минутда қанча электр миқдорини ўтказади?

10.108. Бирор концентрацияда KCl эритмасининг эквивалент электр ўтказувчанлиги $122 \text{ см}^2/\text{ом} \cdot \text{г} \cdot \text{экв}$ ва шу концентрацияда солиштирма электр ўтказувчанлиги $0,00122 \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$, ҳар қанча суюлтирилганда ҳам эквивалент электр ўтказувчанлиги $130 \text{ см}^2/\text{ом} \cdot \text{г} \cdot \text{экв}$ га тенг бўлади. 1) Берилган концентрациядаги KCl нинг диссоциация даражаси, 2) эритманиннг эквивалент концентрацияси, 3) K^+ ва Cl^- ионларининг ҳаракатчанлиги йиғиндис топилсин.

10.109. Узунлиги 84 см ва кўндаланг кесимининг юзи 5 мм^2 бўлган пайча $0,1\text{N}$ концентрацияли AgNO_3 эритмаси билан тўлдирилган. Агар AgNO_3 ҳамма молекуласининг 81 проценти диссоциацияланса, эритманиннг қаршилиги топилсин.

10.110. Узунлиги $l = 2$ см ва кўндаланг кесимининг юзи $S = 7$ см² бўлган найча 0,05N концентрацияли KNO₃ эритмаси билан тўлдирилган. Агар шу эритманинг эквивалент электр ўтказувчанлиги $1,1 \cdot 10^{-3}$ м²/ом·кг-эқв бўлса, эритманинг қаршилиги топилсин.

10.111. Узунлиги 3 см ва кўндаланг кесимининг юзи 10 см² бўлган найча 1 м³ даги таркибда 0,1 к моль CuSO₄ бўлган эритма билан тўлдирилган. Эритманинг қаршилиги 38 ом. Эритманинг эквивалент электр ўтказувчанлиги топилсин.

10.112. Хлорид кислотаси децинормал эритмасининг солиштирма электр ўтказувчанлиги 0,035 ом⁻¹·см⁻¹ га тенг. Диссоциация даражаси топилсин.

10.113. Олдинги масаладаги эритманинг бирлик ҳажмда ҳар қайси ишорадаги ионлар сонн аниқлашсин.

10.114. Газ тўлдирилган идиш рентген нури билан ёритилганда унинг ҳар бир миллиметр ҳажмида секундига 10¹⁰ молекула ионлашди. Рекомбинация натижасида идишнинг 1 см³ ҳажмида 10⁸ мусбат ва шунча маъфий ион бўлиб мувозанатлашади. Рекомбинация коэффициентн топилсин.

10.115. Разряд трубкасининг 10 см оралиқдаги электродларига 5 в потенциаллар айирмаси берилган. Трубка ичидаги газ ионлашиб, унда 1 м³ ҳажмидаги жуфт ионлар сонн 10⁸ га тенг. Ионлар ҳаракатчанлиги $u_+ = 3 \cdot 10^{-2}$ м²/в × ×сек ва $u_- = 3 \cdot 10^2$ м²/в·сек. 1) Трубкадаги ток зичлиги ва 2) мусбат ионлар орқали тўла токнинг қанча қисми ўтишинн топинг.

10.116. Ионизацион камера электродлари ҳар бирининг юзи 100 см² ва улар оралиги 6,2 см. Агар ионизатор 1 см³ ҳажмда секундига ҳар қайси ишорали пондан 10⁹ тадан ҳосил қилса, камерадаги тўйиниш токи қанча бўлади? Ионлар бир валентли деб ҳисоблансин.

10.117. Олдинги масаладаги рекомбинация коэффициентн 10⁻⁶ бўлган ҳолда камеранинг 1 см³ ҳажмида ҳосил бўлиши мумкин бўлган жуфт ионлар сонн топилсин.

10.118. Узунлиги 84 см ва кўндаланг кесимининг юзи 5 мм² бўлган трубка, ҳар бир см³ мувозанат ҳолда 10⁷ жуфт ионли ионлаштирилган ҳаво билан тўлдирилган. Ионларнинг ҳаракатчанлиги $u_+ = 1,3 \cdot 10^{-4}$ м²/в·сек ва $u_- =$

$= 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$ бўлгандаги трубканинг қаршилиги топилин. Ионлар бир валентлик деб ҳисоблансин.

10.119. 10.116- масалада кўрсатилган ионизацион камерадаги электродлар потенциалларининг айирмаси 20 в бўлса, бу электродлар орасидан қанча ток ўтади? Ионларнинг ҳаракатчанлиги $u_+ = u_- = 1 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$ ва рекомбинация коэффициенти $\alpha = 10^{-6}$. Топилган ток тўйиниш токининг қанча қисмини ташкил қилади?

10.120. Электрон энг кам қандай тезлик билан ҳаракатланганда водород атомини ионлаштира олади. Водород атомининг ионизация потенциали 13,5 в.

10.121. Қандай температурада симоб атомлари ионизацияси учун етарли даражада илгарилама ҳаракат ўртача кинетик энергиясига эга бўлади? Симоб атомининг ионизация потенциали 10,4 в.

10.122. Гелий атомининг ионизация потенциали 24,5 в. Ионизация иш топилин.

10.123. 1) Цезий ва 2) платинадан ажралиб чиқиш учун бу металллардаги эркин электронлар тезлиги ками билан қанча бўлиши керак?

10.124. 2400°К температурадаги вольфрам температураси яна 100°К га орттирганда солиштирма термоэлектрон эмиссияси неча марта кўпаяди?

10.125. Торий аралашган вольфрамдан ясалган катоднинг иш температураси 1800°К бўлгандаги солиштирма эмиссияси шу температурадаги соф вольфрамдан ясалган катоднинг солиштирма эмиссиясидан неча марта кўп бўлади? Эмиссия донмийси B соф вольфрам учун $60 \text{ а/см}^2 \times \times \text{град}^2$, торий аралашган вольфрам учун эса $3 \text{ а/см}^2 \times \times \text{град}^2$ деб олинсин.

10.126. Соф вольфрам $T = 2500^\circ\text{К}$ температурада берадиган миқдордаги солиштирма эмиссияни торий аралашган вольфрам қандай температурада бериши мумкин? Керакли маълумотлар олдинги масаладан олинсин.

11-§. Электромагнетизм

Бю—Савар—Лаплас қонуни бўйича, I ток ўтаётган контур элементи dl фазоинг бирор A нуқтасида кучланганлиги

$$dH = \frac{I \sin \alpha \, dl}{4\pi r^2}$$

га тенг магнит майдони ҳосил қилади, бунда r — ток элементи dl дан A нуқтагача бўлган масофа, α — радиус-вектор r билан ток элементи dl орасидаги бурчак.

Бино — Савар — Лаплас қонунини турли кўринишдаги контурларга татбиқ қилиб, қуйидагиларни топиш мумкин:

Доиравий ток марказидаги магнит майдоннинг кучланганлиги

$$H = \frac{I}{2R},$$

бунда R — токли доиравий контурнинг радиуси.

Чексиз узун тўғри ўтказгич ҳосил қилган магнит майдоннинг кучланганлиги

$$H = \frac{I}{2\pi a},$$

бунда a — кучланганлик аниқланадиган нуқтадан токли ўтказгичгача бўлган масофа.

Доиравий ток ўқидаги магнит майдоннинг кучланганлиги

$$H = \frac{RI}{2(R^2 + a^2)^{3/2}},$$

бунда R — токли доиравий контурнинг радиуси ва a — кучланганлик аниқланадиган нуқтадан контур текислигигача бўлган масофа.

Чексиз узун соленоид ва тороид ичидаги магнит майдоннинг кучланганлиги

$$H = In,$$

бунда n — соленоиднинг (тороиднинг) узунлик бирлигидаги ўрамлари сони.

Чекли узунликка эга соленоид ўқидаги магнит майдоннинг кучланганлиги

$$H = \frac{In}{2}(\cos \beta_1 - \cos \beta_2),$$

бунда β_1 ва β_2 — соленоид ўқи билан текширилаётган нуқтадан соленоид учларига ўтказилган радиус-векторлар орасидаги бурчаклар.

Магнит индукцияси B магнит майдони кучланганлиги H билан қуйидагича боғланган:

$$B = \mu_{\text{сш}} H,$$

бунда μ — муҳитнинг нисбий магнит киритувчанлиги ва μ_0 магнит доимийси бўлиб, МКСА системада

$$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ гн/м} = 12,57 \cdot 10^{-7} \text{ гн/м}$$

га тенг.

Ферромагнит жисмлар учун $\mu = \varphi(H)$, демак, $B = f(H)$ бўлади.

$B = f(H)$ боғланишни билиш талаб қилинадиган масалаларни ечишда иловада кўрсатилган графикдан фойдаланиш зарур.

Магнит майдони энергиясининг ҳажм зичлиги

$$W_0 = \frac{HB}{2}.$$

Контурдан ўтувчи магнит индукцияси оқими

$$\Phi = BS \cos \varphi.$$

бунда S — контур кўндаланг кесимининг юзи, φ — контур текислигига туширилган нормал билан магнит майдони йўналиши орасидаги бурчак.

Тороиддан ўтувчи магнит индукцияси оқими

$$\Phi = \frac{INS\mu_0\mu}{l},$$

бунда N — тороид ўрамларининг умумий сони, l — тороиднинг узунлиги, S — тороид кўндаланг кесимининг юзи, μ — ўзак материалининг нисбий магнит киритувчанлиги ва μ_0 — магнит доимийси.

Агар тороидда ҳаволи бўшлиқ бўлса,

$$\Phi = \frac{IN}{\frac{l_1}{S\mu_0\mu_1} + \frac{l_2}{S\mu_0\mu_2}},$$

бунда l_1 — ҳаволи бўшлиқнинг узунлиги, l_2 — темир ўзакнинг узунлиги, μ_2 — унинг магнит киритувчанлиги ва μ_1 — ҳавонинг магнит киритувчанлиги.

Магнит майдонинда жойлашган ток ўтаётган ўтказгич элементи dl га Ампер кучи

$$dF = BI \sin \alpha dl$$

таъсир қилади, бунда α — ток йўналиши билан магнит майдонининг йўналиши орасидаги бурчак.

Токли берк контурга (ҳамда магнит стрелкасига) магнит майдонида айланиш momenti

$$M = pB \sin \alpha$$

га тенг бўлган жуфт куч таъсир қилади, бунда p — токли контурнинг (ёки магнит стрелкасининг) магнит momenti ва α — магнит майдонининг йўналиши билан контур (ёки стрелка ўқи) текислигига туширилган нормал орасидаги бурчак.

Токли контурнинг магнит momenti

$$p = IS,$$

бунда S — контур юзи, шу сабабли

$$M = BIS \sin \alpha.$$

I_1 ва I_2 ток ўтаётган иккита параллел тўғри ўтказгичлар ўзаро

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}$$

куч билан таъсир қилади, бунда l — ўтказгичлар узунлиги, d — ўтказгичлар ораллиги.

Токли ўтказгичнинг магнит майдонида силжиш иши

$$dA = Id\Phi,$$

бунда $d\Phi$ — ўтказгич ҳаракатида у билан кесишган магнит индукцияси оқими.

Магнит майдонида v тезлик билан ҳаракат қилаётган зарядланган заррачага таъсир этувчи куч қўйидаги Лоренц формуласидан аниқланади:

$$F = qBv \sin \alpha,$$

бунда q — заррача заряди, α — заррача ҳаракати йўналиши билан магнит майдони йўналиши орасидаги бурчак.

Магнит майдонига тик жойлаштирилган пластинка бўйлаб ток ўтаётганда, унда

$$U = K \frac{IB}{a} = \frac{IB}{nea}$$

кўндаланг потенциаллар айирмаси ҳосил бўлади, бунда a — пластинка қалинлиги, B — магнит майдони индукцияси ва $K = \frac{1}{ne}$ Холл донмиеси бўлиб, у ток ўтишига ёрдам

берувчи заррачалар концентрацияси n ва улар заряди e нинг тескари қийматидир.

K ва материалнинг солиштирма ўтказувчанлиги $\sigma = \frac{1}{\rho} = nei$ ни аниқлаб, ток ўтишига ёрдам берувчи заррачалар ҳаракатчанлиги u ни аниқлаш мумкин.

Электромагнит индукция ҳодисаси контур билан ўралган юздан ўтувчи магнит индукцияси оқими Φ нинг ҳар қандай ўзгаришида ҳам индукцион э. ю. к. ҳосил бўлишидир. Индукцион э. ю. к. нинг қиймати қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

Магнит индукцияси оқимини, контурнинг ўзидаги ток кучини камайтириш ёки кўпайтириш (ўзиндукция ҳодисаси) орқали ўзгартириш мумкин. Бунда ўзиндукцион э. ю. к. қуйидаги формуладан топилади:

$$\mathcal{E} = - L \frac{dI}{dt}$$

бунда L —контур индуктивлиги (ўзиндукция коэффициенти).

Соленоиднинг индуктивлиги

$$L = \mu_0 \mu n^2 l S,$$

бунда l —соленоид узунлиги, S —соленоид кўндаланг кесимининг юзи, n —соленоиднинг узунлик бирлигига тўғри келадиган ўрамлар сони.

Ўзиндукция ҳодисаси туфайли ток кучи э. ю. к. узилганда қуйидаги қонун бўйича камайиб боради:

$$I = I_0 e^{-\frac{R}{L} t},$$

э. ю. к. уланганда эса, ток кучи қуйидаги қонун бўйича ортиб боради:

$$I = I_0 (1 - e^{-\frac{R}{L} t}),$$

бунда R —занжир қаршилиги.

Токли контурнинг магнит энергияси

$$W = \frac{1}{2} LI^2.$$

Индукция оқимини қўшни контурдаги ток кучини ўзгартириш (ўзаро индукция ҳодисаси) орқали ҳам ўзгартириш мумкин. Бунда индукцияланган э. ю. к.

$$\mathcal{E} = -L_{12} \frac{dI}{dt}$$

га тенг бўлади, бунда L_{12} — контурларнинг ўзаро индуктивлиги.

Умумий магнит оқимига эга бўлган иккита соленоиднинг ўзаро индуктивлиги

$$L_{12} = \mu_0 \mu n_1 n_2 S l$$

га тенг бўлиб, бунда n_1 ва n_2 — соленоидларнинг узунлик бирлигидаги ўрамлар сони.

Индукцион ток ҳосил бўлганда ўтказгичнинг кўндаланг кесмида dt вақтда ўтадиган электр миқдори

$$dq = -\frac{1}{R} d\Phi$$

га тенг.

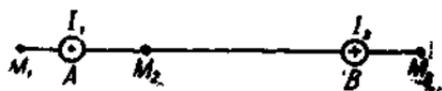
11.1. 5 а ток ўтаётган чексиз узун ўтказгичдан 2 см узоқликдаги нуқтада магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

11.2. 1 а ток ўтаётган, радиуси 1 см бўлган доирaviй сим ўрамини марказидаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

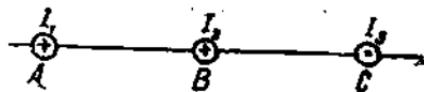
11.3. 52-расмда токли чексиз узунликдаги иккита тўғри ўтказгичнинг кесими тасвирланган. Ўтказгичлар АВ оралиги 10 см, $I_1 = 20$ а, $I_2 = 30$ а, $M_1A = 2$ см, $M_2A = 4$ см ва $BM_3 = 3$ см. I_1 ва I_2 тоқларнинг M_1 , M_2 ва M_3 нуқталарда ҳосил қилган магнит майдони кучланганлиги топилсин.

11.4. Олдинши масала тоқлар бир томонга йўналган ҳол учун ечилсин.

11.5. 53-расмда токли чексиз узунликдаги учта тўғри ўтказгичнинг кесими тасвирланган. Оралиқлар $AB = BC = 5$ см, $I_1 = I_2 = I$, $I_3 = 2I$. АС чизиқ-



52-расм.

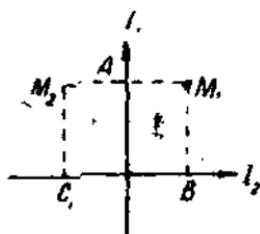


53-расм.

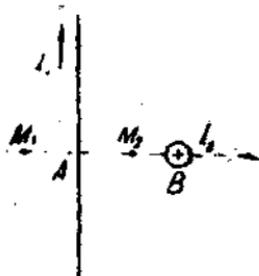
даги I_1 , I_2 ва I_3 тоқларнинг ҳосил қилган магнит майдон кучланганлиги нолга тенг бўлган нуқта топилсин.

11.6. Олдинги масала учала ток бир томонга йўналган ҳол учун ечилсин.

11.7. Чексиз узунликдаги иккита тўғри ўтказгич бир-бирига тик равишда бир текисликда ётади (54-расм). $I_1 =$



54-расм.



55-расм.

$= 2$ а ва $I_2 = 3$ а бўлганда M_1 ва M_2 нуқталардаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин. $M_1A = M_2A = 1$ см, $BM_1 = CM_2 = 2$ см.

11.8. Чексиз узунликдаги иккита тўғри ўтказгич бир-бирига тик бўлиб, ўзаро тик текисликларда ётади (55-расм). $I_1 = 2$ а ва $I_2 = 3$ а бўлганда M_1 ва M_2 нуқталардаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин. $M_1A = M_2A = 1$ см ва $AB = 2$ см.

11.9. Иккита тўғри узун ўтказгич бир-бирдан 10 см узоқликда жойлашган. Ўтказгичлардан қарама-қарши йўналишда $I_1 = I_2 = 5$ а ток ўтмоқда. Ҳар бир ўтказгичдан 10 см нарида турган нуқтадаги магнит майдони кучланганлигининг қиймати ва йўналиши топилсин.

11.10. Вертикал ҳолатда жойлашган ўтказгич бўйлаб юқоридан пастга $I = 8$ а ток ўтади. Ер ва ток магнит майдонлари қўшилишидан ҳосил бўлган майдоннинг кучланганлиги ўтказгичдан қандай r узоқликда юқорига вертикал йўналган бўлади? Ер майдонининг горизонтал ташкил втувчиси $H_2 = 0,2$ э.

11.11. Тоқли тўғри ўтказгичнинг AB кесмаси ўртасига ўтказилган перпендикулярда AB кесмадан 5 см узоқликда турган C нуқтадаги тоқли ўтказгич ҳосил қилган

магнит майдониинг кучланганлиги ҳисоблансин. Ўтказгичдан 20 а ток ўтади. AB кесма C нуқтадан 60° бурчак остида кўринади.

11.12. Олдинги масала ўтказгичдан ўтаётган ток кучи 30 а , AB кесма C нуқтадан 90° бурчак остида кўринганда ва C нуқта кесма ўртасидан ўтказилган перпендикулярда AB кесмадан 6 см узоқликда турган ҳол учун ечилсин.

11.13. Ток ўтаётган тўғри ўтказгич кесмасининг узунлиги 30 см . Шу ўтказгич ўртасидан ўтказилган перпендикулярда ётган нуқтадаги магнит майдониини қандай узоқликда чексиз узунликдаги тўғри токнинг магнит майдони деб қараш мумкин? Бундай қарашда хатолик 5% дан ортмаслиги лозим.

К ўрсатма. Қилинган хато $\delta = \frac{H_2 - H_1}{H_2}$, бунда H_1 — ток ўтаётган ўтказгич кесмасидан узоқликдаги майдон, H_2 — чексиз узунликдаги тўғри ўтказгичдан узоқликдаги майдон.

11.14. Ток ўтаётган чексиз узунликдаги тўғри ўтказгичдан 5 см узоқликда жойлашган C нуқтадаги магнит майдониинг кучланганлиги 400 а/м га тенг. 1) Ўтказгичнинг қандай чекли узунлигида кучланганликнинг бу қиймати 2% гача аниқликда тўғри бўлади? 2) Токли ўтказгичнинг узунлиги 20 см бўлганда C нуқтадаги магнит майдон кучланганлиги қанчага тенг бўлади? C нуқта шу ўтказгич ўртасидан ўтказилган перпендикулярда жойлашган.

11.15. Тўғри бурчакли қилиб эгилган ўтказгичдан 20 а ток ўтади. Бурчак учидан 10 см нарида, бурчак биссектрисасида ётган нуқтадаги магнит майдониинг кучланганлиги топилсин.

11.16. Кўндаланг кесими $S = 1,0 \text{ мм}^2$ бўлган мис симдан қилинган ҳалқа орқали ўтаётган 20 а ток ҳалқанинг марказида кучланганлиги $H = 2,24 \text{ э}$ га тенг магнит майдони ҳосил қилади. Ўтказгичнинг учлари қандай потенциаллар айирмасига уланганлиги топилсин.

11.17. Доиравий контур ўқида контур текислигидан 3 см наридаги магнит майдониинг кучланганлиги топилсин. Контур радиуси 4 см ва контурдаги ток 2 а .

11.18. Радиуси 11 см бўлган доиравий ўрам марказидаги магнит майдониинг кучланганлиги $0,8 \text{ э}$. Шу ўрам

Ўқида ўрам текислигидан 10 см наридаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

11.19. Ҳар бирининг радиуси 4 см бўлган иккита доиравий ўрам бир-биридан 0,1 м узоқликдаги параллел текисликларда жойлашган. Ҷрамлардан $I_1 = I_2 = 2$ а ток ўтаётир. Ҷрамлар ўқида ва улардан тенг узоқликда турган нуқтадаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин. Масалани қуйидаги ҳошлар учун ечилсин: 1) ўрамлардаги тоқлар бир хил йўналишда ўтаётир, 2) тоқлар қарама-қарши йўналишда ўтаётир.

11.20. Ҳар бирининг радиуси 4 см бўлган иккита доиравий ўрам бир-биридан 5 см узоқликдаги параллел текисликларда жойлашган. Ҷрамлардан $I_1 = I_2 = 4$ а ток ўтаётир. Ҷрамлардан бирининг марказидаги магнит майдони кучланганлиги топилсин. Масалани қуйидаги ҳошлар учун ечилсин: 1) ўрамлардаги тоқлар бир хил йўналишда ўтаётир, 2) тоқлар қарама-қарши йўналишда ўтаётир.

11.21. Диаметри 10 см бўлган доиравий ўрамдан 10 а ток ўтганда, шу ўрам ўқи бўйлаб магнит майдони кучланганлигининг тақсимланиши аниқлансин. x нинг $0 \leq x \leq 10$ см интервалдаги ҳар 2 см қийматида H қийматининг жадвали тузилсин ва тегишли масштабда график чизилсин.

11.22. Иккита доиравий ўрам бир-бирига тик бўлган иккита ўзаро перпендикуляр текисликларда жойлашиб, ўрамларнинг марказлари бир-бирига мос келади. Ҳар бир ўрамнинг радиуси 2 см ва улардан ўтаётган ток $I_1 = I_2 = 5$ а. Шу ўрамлар марказидаги магнит майдон кучланганлиги топилсин.

11.23. 1 м симдан квадрат рамка ясалган. Бу рамкадан 10 а ток ўтаётир. Шу рамка марказидаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

11.24. Доиравий сим ўрам марказида, ўрам учларидаги потенциаллар айирмаси U бўлганда, H магнит майдони ҳосил бўлади. Шу симдан радиуси икки марта катта қилиб ясалган ўрам марказида худди шундай магнит майдони кучланганлигини олиш учун, потенциаллар айирмасини қандай ўзгартириш керак?

11.25. Мунгазам кўпбурчак шаклидаги сим рамкадан $I = 2$ а ток ўтаётир. Шунда рамка марказида кучланганлиги $H = 33$ а/м бўлган магнит майдони ҳосил бўлади. Рамка ясалган симнинг узунлиги Δ топилсин.

11.26. Чексиз узун ўтказгич ўзига уринма ҳолда доиравий сиртмоқ ҳосил қилади. Ўтказгич бўйлаб 5 а ток ўтмоқда. Сиртмоқ марказида магнит майдони кучланганлиги 41 а/м бўлганда сиртмоқ радиуси қанча бўлади?

11.27. 30 см узунликдаги ғалтак 1000 ўрамдан иборат. Ғалтадан ўтаётган ток 2 а га тенг бўлса, ғалтак ичидаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин. Ғалтак диаметри унинг узунлигига нисбатан кичик деб ҳисоблансин.

11.28. Ғалтакка ўралган сим диаметри 0,8 мм. Ўрамлар бир-бирига зич жойлашган. Ғалтакни етарли узун деб ҳисоблаб, ток кучи 1 а бўлганда ғалтак ичидаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

11.29. Диаметри 1 мм га тенг симдан ички магнит майдонининг кучланганлиги 300 э бўлган соленоид ўраш керак. Симдан кўпи билан 6 а ток ўтади. Ўрамлар бир-бирига зич қилиб жойлаштирилса, соленоид неча қатламдан иборат бўлади? Ғалтак диаметри узунлигига нисбатан кичик деб ҳисоблансин.

11.30. Узунлиги 20 см ва диаметри 5 см бўлган соленоидда 12,6 э га тенг бўлган магнит майдон кучланганлиги олиш керак. 1) Шу соленоиднинг ампер-ўрамлар сони, 2) ўрамлари 0,5 мм диаметрли мис симдан қилинган бўлса, ўрамлар учларига қўйилган потенциаллар айирмаси топилсин. Соленоид майдонини бир жинсли деб ҳисоблансин.

11.31. Ғалтак марказидаги магнит майдони кучланганлигини чексиз узун соленоиднинг майдон кучланганлиги формуласи бўйича топиш мумкин бўлиши учун, ғалтак узунлигининг унинг диаметрига бўлган нисбати қанчага тенг бўлиши керак? Ҳисоблашда қилинган хато 5% дан ортмаслиги керак.

К ў р с а т м а. Қилинган хато $\delta = \frac{H_2 - H_1}{H_2}$, бунда H_2 — чексиз узун ғалтак ичидаги магнит майдонининг кучланганлиги ва H_1 — чекли узунликдаги ғалтак ичидаги майдон кучланганлиги.

11.32. 11.30- масаладаги соленоидни чексиз узун деб қабул қилсак, соленоид марказидаги магнит майдонининг кучланганлигини топишда қанча хато қилган бўламиз?

11.33. Узунлиги 3 см ва диаметри 2 см бўлган соленоид ўқи бўйлаб магнит майдони кучланганлигининг тақсимлавиши топилсин. Соленоиддан ўтаётган ток кучи 2 а,

Ғалтак 100 ўрамга эга. x нинг $0 \leq x \leq 3$ см интервалдаги ҳар 0,5 см қийматида H қийматининг жадвали тузилсин ва тегишли масштабда график чизилсин.

11.34. 10^{-6} ф сифимли конденсатор э. ю. к. 100 в бўлган батареядан даврий равишда зарядланади ва ғалтак орқали разрядланади. Ғалтак ҳалқа шаклида бўлиб, ўрамлар сони 32 ва диаметри 20 см, шу билан бирга, ҳалқа текислиги магнит меридиани текислигида ётади. Ғалтакнинг марказига горизонтал жойлаштирилган магнит стрелкаси 45° бурчакка бурилган. Конденсатор секундига 100 марта узилиб-уланади. Тажрибанинг шу берилганлари орқали Ер магнит майдони кучланганлигининг горизонтал ташкил этувчиси топилсин.

11.35. Сифими 10 мкф бўлган конденсатор 120 в потенциаллар айирмаси берувчи батареядан даврий равишда зарядланади ва 10 см узунликдаги 200 ўрамли соленоид орқали разрядланади. Соленоид ички магнит майдони кучланганлигининг ўртача қиймати 3,02 э. Конденсатор секундига неча марта узилиб уланади? Соленоид диаметрининг узунлигига нисбатан кичик деб ҳисоблансин.

11.36. Кучланганлиги 1000 э бўлган бир жинсли магнит майдонида квадрат рамка жойлашган. Рамка текислиги майдон йўналиши билан 45° бурчак ҳосил қилади. Рамканинг томонлари 4 см. Рамкадан ўтувчи магнит оқими топилсин.

11.37. Индукцияси 0,05 тл бўлган магнит майдонида 1 м узунликдаги стержень айланмоқда. Айланиш ўқи стерженнинг бир учидан ўтган бўлиб, у магнит майдонининг куч чизиқларига параллел. Стерженнинг ҳар бир айланишида у билан кесишувчи магнит индукциясининг оқими топилсин.

11.38. Юзи 16 см² бўлган рамка бир жинсли магнит майдонида 2 ай/сек тезлик билан айланмоқда. Айланиш ўқи рамка текислигида бўлиб, магнит майдонининг куч чизиқларига тик жойлашган. Магнит майдонининг кучланганлиги $7,96 \cdot 10^4$ а/м. 1) Рамкадан ўтувчи магнит оқимининг вақтга боғланиши, 2) магнит оқимининг энг катта қиймати топилсин.

11.39. Темирдан қилинган намуна кучланганлиги 10 э бўлган магнит майдонига қўйилган. Темирнинг магнит киритувчанлиги топилсин.

11.40. Кичик диаметри ва 30 см узунликдаги соленоид ичида магнит майдон энергиясининг ҳажм зичлиги $1,75 \text{ ж/м}^3$ га тенг бўлиши учун ампер-ўрамлар сони қанча бўлиши керак?

11.41. Узунлиги 120 см ва кўндаланг кесимининг юзи 3 см^2 бўлган темир ўзакли соленоидда 42000 жкс магнит оқими ҳосил қилиш учун ундаги ампер-ўрамлар сони қанча бўлиши керак?

11.42. Торонд темир ўзагининг узунлиги 2,5 м, ҳаво бўшлиғининг узунлиги 1 см. Торонд ўрамларининг сони 1000 га тенг. Чулғамдан 20 а ток ўтганда ҳаво бўшлиғидаги магнит майдон индукцияси $1,6 \text{ тл}$ га тенг. Шу шароитда темир ўзакнинг магнит киритувчанлиги аниқлансин. (Темирнинг бу нави учун B нинг H га боғланиши маълум эмас.)

11.43. Торонд темир ўзагининг узунлиги 1 м, ҳаво бўшлиғининг узунлиги 1 см. Ўзак кўндаланг кесимининг юзи 25 см^2 . Шу шароитда ўзак материалининг магнит киритувчанлиги 800 га тенг бўлганда $1,4 \cdot 10^6$ жкс магнит оқими ҳосил қилиш учун қанча ампер-ўрам кераклиги топилсин (темирнинг бу нави учун B нинг H га боғланиши маълум эмас).

11.44. Ампер-ўрамлар сони 1500 га тенг бўлган 20,9 см узунликдаги торондга ўринатилган темир ўзакнинг магнит индукцияси аниқлансин. Шу шароитдаги ўзак материалининг магнит киритувчанлиги топилсин.

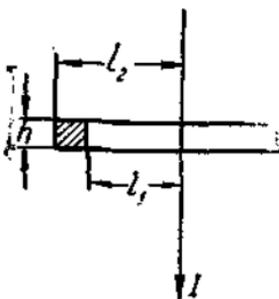
11.45. Торонд темир ўзагининг узунлиги $l_2 = 1 \text{ м}$, ҳаво бўшлиғининг узунлиги $l_1 = 3 \text{ мм}$. Торонд ўрамларининг сони $N = 2000$. Чулғамлардан $I = 1 \text{ а}$ ток ўтганда ҳаво бўшлиғидаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

11.46. Торонд темир ўзагининг узунлиги 50 см, ҳаво бўшлиғининг узунлиги 2 мм. Торонд чулғамларининг ампер-ўрамлар сони 2000. Шу ампер-ўрам миқдорида ҳаво бўшлиғининг узунлигини икки марта орттирилганда, ҳаво бўшлиғининг магнит майдони кучланганлиги қанча марта камаяди?

11.47. Узунлиги 25,1 см ва диаметри 2 см бўлган соленоид ичига темир ўзак жойлаштирилган. Соленоид ўрамларининг сони 200. Ўзакли соленоид учун магнит оқими Φ нинг ток кучи I га боғланиш графиги чизилсин. Ток кучи ҳар 1 а ораликда $0 \leq I \leq 5 \text{ а}$ интервалда олисин. Ордината ўқи бўйича $\Phi \cdot 10^4$ вб қўйилсин.

11.48. Ўзаксиз соленоиддаги магнит индукциясининг оқими $5 \cdot 10^{-6}$ вб. Соленоиднинг узунлиги 25 см бўлганда, шу соленоиднинг магнит моменти топилсин.

11.49. Темир ҳалқа марказидан унинг текислигига тик равишда узун тўғри сим ўтказилган бўлиб, симдан 25 а ток ўтади. Ҳалқа кесими тўрт-бурчак шаклида бўлиб, ўлчамлари $l_1 = 18$ мм, $l_2 = 22$ мм ва $h = 5$ мм (56-расм). Ҳалқа кесимининг исталган нуқтасидаги индукцияни тахминан бир хил ва ўрта чизиқдаги индукцияга тенг деб ҳисоблаб, ҳалқа юзидан ўтувчи Φ магнит оқими топилсин.



56-расм.

11.50. Олдинги масаладаги темир ҳалқа кесимининг турли нуқтасида магнит майдони турли хил бўлади деб ҳисоблаб, шу ҳалқа кесимидан ўтувчи Φ магнит оқими топилсин. μ нинг қийматини ўзгармас деб ҳисоблаб, уни ҳалқанинг ўрта чизиғидаги H қиймати $B = f(H)$ эгри чизиқ графигидан топилсин.

11.51. 50 см узунликдаги берк темир ўзакнинг чулғами 1000 ўрамдан иборат. Чулғамдан 1 а ток ўтади. Ўзак олиб ташлангандан кейин индукция ўзгармай қолиши учун чулғамга қанча ток берилиши керак?

11.52. 50,2 см узунликдаги темир чулғами 20 ўрамга эга. Ҳаво бўшлиғининг узунлиги 0,1 см. Бўшлиқда $1,2$ вб/м² индукция олиш учун чулғамдан қанча ток ўтиши керак?

11.53. Ўртача диаметри 11,4 см бўлган темир ҳалқада 200 ўрам бўлиб, ундан 5 а ток ўтади. 1) Агар ҳалқадан 1 мм кенгликдаги қисми қирқиб олинса, ўзакда индукция аввалгидек, яъни ўзгармай қолиши учун чулғамдан қанча ток ўтказиш керак? 2) Шу шароитдаги ўзак материалининг магнит киритувчанлиги топилсин.

11.54.] Қутблар орасидаги бўшлиқда магнит майдон индукцияси 1400 гс га тенг бўлган электромагнит яшаш керак. Темир ўзакнинг узунлиги 40 см, қутблар орасидаги бўшлиқ узунлиги 1 см, ўзакнинг диаметри 5 см. 1) Агар ўрамлар кўндаланг кесими 1 мм² бўлган мис симдан қилинган бўлса, керакли магнит майдонини ҳосил қилиш учун

чулғамдаги э. ю. к. қанча бўлиши керак? 2) Ўтиши мумкин бўлган ток зичлиги 3 а/мм^2 бўлса, ўрам қалинлиги ками билан қандай бўлади?

11.55. Электромагнит кутблари орасида индукцияси 1000 гс бўлган бир жинсли магнит майдони ҳосил бўлади. Майдон куч чизиқларига тик ўрнатилган 70 см узунликдаги симдан 70 а ток ўтади. Симга таъсир қилувчи куч топилин.

11.56. Иккита тўғри узун ўтказгич бир-биридан 10 см узоқликда жойлашган. Ўтказгичлардан бир хил йўналишда $I_1 = 20 \text{ а}$ ва $I_2 = 30 \text{ а}$ ток ўтади. Ўтказгичларни 20 см узоқликкача силжитишда (ўтказгичнинг узунлик бирлиги учун) қанча иш бажарилади?

11.57. Иккита тўғри узун ўтказгич бир-биридан бирор узоқликда жойлашган. Ўтказгичлардан миқдор ва йўналишлари бир хил бўлган тоқлар ўтади. Агар ўтказгичлар оралигини икки марта орттиришда (ўтказгичнинг узунлик бирлиги учун) бажарилган иш $5,5 \text{ эрг/см}$ га тенг бўлса, ҳар бир ўтказгичдан ўтаётган ток кучи топилин.

11.58. 20 см узунликдаги симдан 1) квадрат, 2) доира шаклида контур ясалган. Индукцияси 1000 гс бўлган бир жинсли магнит майдонига жойлаштирилган контурларнинг ҳар бирига таъсир этувчи кучларнинг айлантириш momenti топилин. Контурлардан 2 а ток ўтади. Ҳар бир контур текислиги магнит майдони йўналиши билан 45° бурчак ташкил қилади.

11.59. Кўндаланг кесимининг юзи 1 мм^2 бўлган алюминий сим магнит меридианига тик бўлган горизонтал текисликка осилган ва у орқали (ғарбдан шарққа) $1,6 \text{ а}$ ток ўтмоқда. 1) Ер магнит майдонининг симга таъсир қилувчи кучи сим оғирлигининг қанча қисмини ташкил қилади? 2) Шу куч таъсирида 1 м симнинг оғирлиги қанча камаяди? Ер магнит майдонининг горизонтал ташкил этувчиси $0,2 \text{ э}$.

11.60. Бўйи 3 см ва эни 2 см бўлган тўғри бурчакли каркасга ўралган ингичка симдан иборат (400 ўрамли) гальванометр ғалтаги индукцияси 1000 гс бўлган магнит майдонига осилган. Ғалтақдан 10^{-7} а ток ўтади. Ғалтак текислиги: 1) магнит майдони йўналишига параллел ва 2) магнит майдони йўналишига 60° бурчак остида турганда гальванометр ғалтагига таъсир этадиган айлантирувчи момент топилин.

11.61. Вертикал ҳолатда турган узун тўғри симдан 10 см нарида узунлиги 10^2 см ва диаметри 0,1 мм бўлган илгичка ипга магнит momenti 10^{-2} а·м² га тенг бўлган қисқа магнит стрелкаси осилган. Стрелка сим ва ипдан ўтган текисликда ётади. Симдан 30 а ток ўтганда стрелка қандай бурчакка бурилади? Ип материалининг силжиш модули 600 кГ/мм². Система Ер магнит майдонидан тўсиқ орқали ажратилган.

11.62. 600 ўрамли гальванометр ғалтаги узунлиги 10 см ва диаметри 0,1 мм бўлган ип билан кучланганлиги $16 \cdot 10^4$ а/м бўлган магнит майдонига осилган. Чулғам текислиги магнит майдонининг йўналишига параллел. Ғалтак рамкасининг бўйи $a = 2,2$ см, эни $b = 1,9$ см. Агар ғалтак $0,5^\circ$ га бурилган бўлса, чулғамдан қанча ток ўтади? Ип материалининг силжиш модули 600 кГ/мм².

11.63. Квадрат рамка симга шундай осилганки, магнит майдонининг куч чизиқлари рамка текислигига ўтказилган нормал билан 90° бурчак ташкил қилади. Рамканинг томонлари 1 см. Майдоннинг магнит индукцияси $1,37 \cdot 10^{-2}$ тл. Рамка бўйлаб $I = 1$ а ток ўтганда, у 1° бурчакка бурилади. Симнинг силжиш модули топилсин. Симнинг узунлиги 10 см, ипнинг радиуси 0,1 мм.

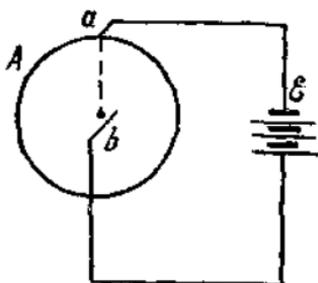
11.64. Доиравий контур текислиги магнит майдонига, майдон куч чизиқлари билан 90° бурчак ташкил этадиган қилиб ўрнатилган. Магнит майдонининг кучланганлиги 2000 э. Контурнинг радиуси 2 см бўлиб, ундан 2 а ток ўтади. Контурни контур диаметрига мос келувчи ўқ атрафида 90° га буриш учун қанча иш бажариш керак?

11.65. Индукцияси $0,5$ аб/м² бўлган магнит майдонида 10 см узунликдаги ўтказгич текис ҳаракат қилади. Ўтказгичдан 2 а ток ўтади. Ўтказгичнинг ҳаракат тезлиги 20 см/сек ва магнит майдонни йўналишига тик йўналган. 1) Ўтказгич 10 секунд давомида ҳаракат қилгандаги бажарган ишни ва 2) шу ҳаракатга сарфланган қувват топилсин.

11.66. 57-расмда радиуси $r = 5$ см бўлган мис диск А тасвирланган. Диск текислиги магнит майдонни йўналишига тик ҳолда туради. Магнит майдонининг индукцияси $B = 0,2$ тл. Дискнинг ab радиуси орқали (a ва b сирпанувчан контактлар) $I = 5$ а ток ўтади. Диск $\nu = 3$ ай/сек частота билан айланади. 1) Шундай двигателнинг қуввати,

2) магнит майдони расм текислигидан биз томонга йўналган шароитда дисkning айланиши йўналиши, 3) дискка таъсир этадиган айлантирувчи момент топилсин.

11.67. 0,35 кг массали бир жинсли мис диск A (57-расмга қаранг) текислиги майдон куч чизиқларига тик ҳолда индукцияси $2,4 \cdot 10^{-2}$ тл бўлган магнит майдонида жойлашган. aba занжирни токка уланганда диск айлана бошлайди ва 30 сек ўтгандан сўнг 5 айл/сек тезликка эришади. Занжирдаги ток кучи топилсин.



57- расм.

11.68. A дисkning ab радиуси билан бир минут айланиш давомида кесилган магнит индукциясининг оқими топилсин. Дисkning радиуси $r = 10$ см. Магнит майдон индукцияси $B = 0,1$ тл. Диск 5,3 айл/сек тезлик билан айланади.

11.69. 1000 в потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган электрон ҳаракати йўналишига перпендикуляр бўлган бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Магнит майдонининг индукцияси $1,19 \cdot 10^{-3}$ тл. 1) Электрон траекториясининг эгрилик радиуси, 2) электроннинг айлана бўйлаб айланиш даври, 3) электрон ҳаракат миқдорининг momenti топилсин.

11.70. 300 в потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган электрон 4 мм узоқликдаги тўғри узун симга параллел равишда ҳаракатланади. Симдан 5 а ток ўтса, электронга қандай куч таъсир этади?

11.71. 1 Мв потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган α - заррачалар (гелий атоми ядролари) оқими кучланганлиги 15000 э бўлган бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Ҳар бир заррачанинг тезлиги магнит майдон йўналишига тик йўналган. Ҳар бир заррачага таъсир этувчи куч топилсин.

11.72. Электрон магнит майдонига унинг куч чизиқларига тик учиб киради. Электроннинг тезлиги $v = 4 \cdot 10^7$ м/сек. Магнит майдонининг индукцияси 10^{-3} тл. Магнит майдонида электроннинг тангенциал ва нормал тезлашиши қанчага тенг бўлади?

11.73. Индукцияси 10^4 гс булган магнит майдонида 60 см радиусли айлана ёйи буйлаб ҳаракатланаётган протоннинг кинетик энергияси топилсин.

П.74. Бир хил тезлик билан ҳаракатланган протон ва электрон бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Протон траекториясининг эгрилик радиуси R_1 электрон траекториясининг эгрилик радиуси R_2 дан қанча катта булади?

11.76. Бир хил потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган протон ва электрон бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Протон траекториясининг эгрилик радиуси R_1 электрон траекториясининг эгрилик радиуси R_2 дан қанча катта булади?

11.76. Магнит майдонига жойлашган Вильсон камерасида олинган фотографияда электроннинг траекторияси 10 см радиусли айлана ёйини курсатади. Магнит майдонининг индукцияси 10^{-2} тл. Электрон энергиясини электрон-вольтда чиқарилсин.

11.77. Зарядли заррача айлана буйича 10^8 м/сек тезлик билан магнит майдонида ҳаракат қилади. Магнит майдонининг индукцияси 0,3 тл. Айлананинг радиуси 4 см. Заррачанинг энергияси 12 кэВ га тенг булганда унинг заряди топилсин.

11.78. Протон ва α -заррача бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Заррачалар тезлиги майдон куч чизикларига тик йуналган. Магнит майдонида протоннинг айланиш даври α -заррачанинг айланиш давридан қанча марта катта?

11.79. Кинетик энергияси 500 эВ булган α -заррача унинг ҳаракат тезлигига тик булган бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Магнит майдонининг индукцияси 1000 гс. 1) Заррачага таъсир қилувчи куч, 2) заррача ҳаракат қилаётган айлананинг радиуси ва 3) заррачанинг айланиш даври топилсин.

11.80. Ҳаракат микдорининг моменти $1,33 \cdot 10^{-17}$ кг·м²/сек булган α -заррача унинг ҳаракат тезлигига тик булган бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Магнит майдонининг индукцияси $2,5 \cdot 10^{-2}$ тл. α -заррачанинг кинетик энергияси топилсин.

11.81. Атом опфликлари 39 ва 41 булган калий изотопларининг бир зарядли ионлари 300 В потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилиб, ҳаракат йуналишига тик булган бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Магнит май-

дони индукцияси 800 гс. Ионлар факториясининг эгрилик радиуси топилсин.

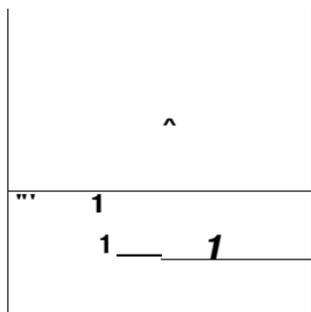
11.82. Кучланганлиги 2500 э булган бир жинсли магнит майдонига 10^8 см/сек тезлик билан учиб кириб, 8,3 см радиусли айлана ёйи буйлаб ҳаракатланувчи зарядли заррача учун q/tn нисбат топилсин. Заррача ҳаракат тезлигининг йуналиши магнит майдони йуналишига тик деб олинсин. Топилган киймағни электрон, протон ва α - заррача учун топилган q/tn киймағ билан солиштиринг.

11.83. $U = 300$ в потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган электронлар дастаси чизма текислигидан биз томонга йуналган бир жинсли магнит майдонига учиб киради (58- раем). Майдоннинг кенлиги $l = 2,5$ см. Магнит майдони булмаган такдирда электронлар дастаси магнит кутбларининг четидан $l_2 = 5$ см масофада турган AA флуоресценцияловчи экраннинг F нуқтасида доғ хреил килади. Магнит майдони булганда доғ B нуқтага силжийди. Магнит майдони индукцияси $1,46 \cdot 10^{-6}$ вб/м² булганда электронлар дастасининг $x = FB$ силжиши топилсин.

11.84. Кучланганлиги $H = 8 \cdot 10^5$ а/м булган магнит майдони билан кучланганлиги $E = 10$ в/м булган электр майдони бир хил йуналган. Электрон $v = 10^9$ м/сек тезлик билан шу электромагнит майдонига учиб киради. Қуйидаги доллар учун электроннинг нормал a_n , тангенциал a_t ва тула a тезланишлари топилсин:

1) электроннинг тезлиги майдон куч чизикларига параллел йуналган ва 2) электроннинг тезлиги куч чизикларига тик йуналган.

11.85. Индукцияси $B = 5$ гс булган магнит майдони, кучланганлиги $\mathcal{E} = 10$ в/см булган электр майдонига тик йуналган. Бирор v тезликдаги электронлар дастаси шу майдонлар жойланган фазога учиб киради, электронларнинг тезлиги \mathcal{E} ва B векторлар ётган текисликка тик. 1) Иккала майдон бир вақтда таъсир қилганда электронлар дастаси бурилмайди, шу пайтдаги электронлар тезлиги v ҳамда 2) битта майдон таъсир қилганда электрон траекториясининг эгрилик радиуси топилсин.



58- раем.

11.86. $U = 6$ кВ потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган электрон бир жинсли магнит майдонига, майдон йуналишига нисбатан $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида учиб киради ва спираль буйлаб \hat{a} аракат кила бошлайди. Магнит майдони индукцияси $B = 1,3 \cdot 10^{-2}$ вб/м². 1) Спираль урамнинградуси ва 2) спираль радами топилсин.

11.87. Протон бир жинсли магнит майдонига, маядся йуналишига нисбатан $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида учиб киради за 1,5 см радиусли спираль буйлаб \hat{a} аракат килади. Магнит майдони индукцияси 10^3 гс. Протоннинг кинетик энергияси топилсин.

И.²¹ Электрон $v_0 = 10^7$ м/сек тезлик билан горизонтал вазиттдаги ясси конденсатор пластинкаларига параллел йуналишда унинг ичига учиб киради. Конденсатор узунлиги $l = 5$ см. Конденсатор электр майдонининг кучлаиганлиги $E = 100$ в/см. Электрон конденсатор ичидан учиб чикаётганда куч чизикугари электр майдони куч чизицларига тик булган магнит майдонига учиб киради. Магнит майдони индукцияси $B = 10^{-2}$ тл. 1) Магнит майдонидаги электроннинг винтсимон траекториясининг радиуси ва 2) винтсимон траекториянинг радами топилсин.

11.89. $U = 3000$ в потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган электрон соленоид магнит майдони ичига унинг укига нисбатан $\alpha = 30^\circ$ бурчак сстида учиб киради. Соленоиднинг ампер-урамлари сопи 5000. Соленоид узунлиги 25 см. Соленоид магнит майдонидаги электрон винтсимон траекториясининг радами топилсин.

11.90. Калинлиги $a = 0,5$ мм ва баландлиги $b = 10$ мм булган мис пластинканинг $S = ab$ кесимидан $I = 20$ а ток утади. Пластинкани B циррасига ва трк йуналишига тик булган магнит майдонига жойлаштирилса, кундаланг потенциаллар айирмаси $U = 3,1 \cdot 10^{-6}$ в \hat{a} осил булади. Магнит майдони индукцияси $B = 1$ тл. 1) Мисдаги утказувчанликнинг электронлар концентрацияси, 2) шу шароитда уларнинг уртача тезлиги топилсин.

11.91. Алюминий пластинканинг $S = ab$ кесимидан (a — пластинканинг калинлиги, b — унинг баландлиги) $I = 5$ а ток утмоқда. Пластинка B киррасига ва ток йуналишига тик булган магнит майдонига жойлашган. Магнит индукцияси $B = 0,5$ тл ва пластинка калинлиги $a = 0,4$ мм

булганда, хосил булган кундаланг потенциаллар айирмаси топилсин. Утказувчанликнинг электронлар концентрациясини атомлар концентрациясига тенг деб хисоблансин.

11.92. $a = 0,2$ мм калинликдаги ярим утказгич пластинка a буйлаб йуналган магнит майдонига жойлашган. Ярим утказгичнинг солиштирма каршилиги $\rho = 10^{-5}$ ом-м ва магнит майдони индукцияси $B = 1$ тл. Майдонга тик равишда пластинка буйлаб $I = 0,1$ а ток берилган. Натижада $U = 3,25 \cdot 10^{-3}$ в кундаланг потенциаллар айирмаси хосил булади. Ярим утказгичдаги заррачаларнинг х,аракатчанлиги аниклансин.

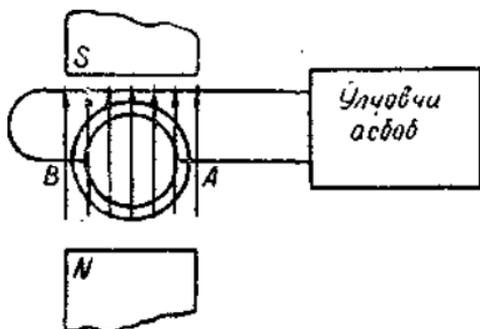
11.93. Индукцияси $0,1$ тл.булган бир жинсли магнит майдонида 10 см узунликдаги утказгич майдонга тик йуналишда 15 м/сек тезлик билан х,аракат цилади. Утказгичдаги индукцияланган э. ю. к. топилсин.

Н:9С Диаметри 10 см булган 500 урамли галтак магнит майдонида турибди. Магнит майдонииянинг индукцияси $0,1$ сек давомида 0 дан 2 вб/м² гача купайганда галтакдаги индукция э. ю. к. пипг уртача циймати қанча булади?

11.95. Реактив двигателли самолётнинг тезлиги 950 км/соат. Агар Ер магнит майдони кучланганлигининг вертикал ташкил этувчиси $0,5$ э ва самолёт канотининг кучлочи $12,5$ м булса, самолёт канотларининг учида хосил булувчи индукция э. ю. к. топилсин.

11.96. Индукцияси 500 гс булган магнит майдонида 1 м узунликдаги стержень 20 рад/сек га тенг узгармас бурчак тезлик билан айланмокда. Айланиш уқи стержень учидаи угади ва магнит майдони куч чизикларига параллел хрлда туради. Стержень учларида ^осил булган индукция э. ю. к. топилсин.

11.97. 59-расмда суюкликнинг электромагнит расходомери иш принципини тасвирловчи схема берилган. Суюклик оқётган трубопровод магнит майдонига жойлашган. А



59- расм.

ва B электродларда индукция э. ю. к. $\hat{\alpha}$ осил булади. Магнит майдони индукцияси 100 гс электродлар оралиги (трубопроводнинг ички диаметри) 50 мм ва бунда $\hat{\alpha}$ осил булган э. ю. к. $0,25 \text{ мв}$. Трубопроводадаги сукж/шкнинг оқиш тезлиги топилсин.

11.98. Индукцияси 1 вб/м^2 булган магнит майдонига юзи 100 см^2 булган доиравий сим урами жойлаштирилган.



Урам текислиги магнит майдони йуналишига тик. Майдон $0,01$ секунд давомида узиб $\hat{\alpha}$ уйилса, урамда $\hat{\alpha}$ осил булган индукция э. ю. к. нинг уртача қдаматни қанча булади?

11.99. Индукцияси 1000 гс булган бир жинсли магнит майдонида 100 урамдан иборат галтак 5 айл/сек тезлик билан текис айланади. Унинг кундаланг кесими 100 см^2 . Айланиш $u_{\text{ц}}$ галтак уқига ва магнит майдони йуналишига тик. Айланаётган галтакдаги максимал индукция э. ю. к. топилсин.

11.100. Рамка индукцияси $0,8 \text{ тл}$ булган бир жинсли магнит майдонида 15 рад/сек бурчак тезлик билан айланади. Рамканинг юзи 150 см^2 . Айланиш уқи рамка текислигида булиб, магнит майдони куч чизиқлари йуналиши билан 30° бурчак $\hat{\alpha}$ осил қилади. Айланаётган рамкадаги максимал индукция э. ю. к. топилсин.

11.101. 60 -расмда радиуси 5 см булган мис диск A тасвирланган. Унинг текислиги магнит майдони йуналишига тик, a ва B сирпанувчи контактлар булиб, aba занжирдан ток утиши мумкин. Магнит майдони индукцияси 2000 гс . Диск 3 айл/сек тезлик билан $\hat{\alpha}$ аракатланади. Шундай генераторнинг э. ю. к. топилсин. Магнит майдони биздан чизмага томон йуналгандаги ва диск соат стрелкасига тескари айлангандаги электр токининг йуналиши курсатилсин.

11.102. 1 м узунликдаги горизонтал стержень унинг бир учидан утган уқ, атрофида айланаётир. Айланиш уқи индукцияси $5 \cdot 10^{-5} \text{ тл}$ булган магнит майдони куч чизиқларига параллел. Стержень секундига неча марта айланганда унинг учларидаги потенциаллар айирмаси 1 мв га тенг булади?

11.103. Узунлиги 20 см ва кундаланг кесимининг юзи 30 см^2 булган соленоидга сим урами кийгизилган. Соленоид 320 урамга эга, ундан 3 а ток утади. Соленоиддаги ток $0,001\text{ сек}$ давомида узилса, кийгизилган урамда уртача канча э. ю. к. индукцияла нади?

11.104. Олдинги масалада курилган соленоидда темир узак булса, симдаги индукцияланган уртача э. ю. к. канчага тенг булади?

11.105. Узунлиги 144 см ва диаметри 5 см булган соленоидга сим урами кийгизилган. Соленоид чулгами 2000 урамга эга, ундан 2 а ток утади. Соленоидга темир узак к.уйилган. Соленоиддаги ток $0,002$ секунд давомида узилса, кийгизилган урамда уртача канча э. ю. к. индукцияланади.

11.106. Индукцияси $0,1\text{ тл}$ булган магнит майдонида 200 урамли галтак айланмоқда. Ралтакнинг айланиш уки унтат *ущгг* перпендикуляр ва магнит майдон й-умалдашда йуналган. Ралтакнинг айланиш даври $0,2$ секунд, галтак кундаланг кесимининг юзи 4 см^2 . Айлаювчи галтакдаги максимал индукция э. ю. к. топилсин.

11.107. Урамларининг сони 400 булган ралтакнинг узунлиги 20 см ва кундаланг кесимининг юзи 9 см^2 . 1) Ралтакнинг индуктивлиги ва 2) шу галтак ичига темир узак киритилгандаги унинг индуктивлиги топилсин. Шу шароитдаги узак материалнинг магнит киритувчанлиги 400 га тенг.

11.108. Соленоид чулгами кундаланг кесими $5\text{—}1\text{ мм}^2$ булган N та сим урамидан иборат. Соленоиднинг узунлиги $l=25\text{ см}$ ва унинг каршилиги $R=0,2\text{ ом}$. Соленоиднинг индуктивлиги топилсин.

11.109. Узунлиги 20 см ва диаметри 3 см булган галтак 400 урамга эга. Ралтакдан 2 а ток у^тади. 1) Ралтакнинг индуктивлиги ва 2) ралтакнинг кундаланг кесимидан утаётган магнит оқими топилсин.

11.110. Индуктивлиги $0,001\text{ гн}$ булган бир цаватли ралтакдаги сим чулгамининг урамлзри сони канча? Ралтакнинг диаметри 4 см , симнинг диаметри $0,6\text{ мм}$, урамлар зич жойлашган.

11.111. Темир узакли ралтакнинг кундаланг кесими 20 см^2 булиб, унинг 500 урами бор. Узакли галтак чулрамидан 5 а ток утганда ралтакнинг индуктивлиги $0,28\text{ гн}$ га тенг булади. Шу шароитда темир узакнинг магнит киритувчанлиги топилсин.

11.112. Узунлиги 50 см ва кундаланг кесимининг юзи 2 см^2 булган соленоид $2 \cdot 10^{-7}\text{ гн}$ индуктивликка эга. Соленоид ичидаги магнит майдонининг энергиясининг \wedge ажм зичлиги 10^{-3} ж/ж^3 булиши учун соленоиддан канча ток утиши керак?

11.113. $I = 1\text{ а}$ ток утгзнда индуктивлиги $L = 0,001\text{ гн}$ булган иалтакни кесиб утувчи магнит окими $\Phi = 200\text{ мке}$ булса, галтакдаги урамлар сони канча булади?

11.114. Темир узакли соленоид кундаланг кесимининг юзи 10 см^2 . 1) Шу кесим юзини кесиб утувчи магнит окими $1,4 \cdot 10^{-3}\text{ вб}$ га тенг булган \wedge олда узак материалининг магнит киритувчаплиги топилсин. 2) Шу \wedge олда соленоиднинг индуктивлиги $0,44\text{ гн}$ га тенг булса, берилган магнит окими соленоиддан утувчи кандай ток кучига мие келиши топилсин. Соленоид узунлиги 1 м .

11.115. Узунлиги 50 см булган соленоид ичига $B \wedge f(H)$ богланиши номаълум булган темир навидан узак к.уиилган. Соленоиднинг узунлик бирлигидаги урамлар сони 400 га тенг, соленоид кундаланг кесимининг юзи 10 см^2 . 1) Соленоид чулгамидан 5 а ток утгандаги узактшг магнит киритувчаплиги топилсин. Шу шароитда узакли соленоид кундаланг кесимининг юзидан кесиб утувчи магнит окими $1,6 \cdot 10^{-3}\text{ вб}$ га тенглиги маълум. 2) Шу шароитда соленоид индуктивлиги топилсин.

11.116. Темир узакли, узунлиги 50 см , кундаланг кесимининг юзи 10 см^2 ва урамлар сони 1000 булган соленоид берилган. Соленоид чулгамидан 1) $I_x = 0,1\text{ а}$, 2) $I_2 = 0,2\text{ а}$ ва 3) $I_3 = 2\text{ а}$ ток утгандаги упинг индуктивлиги топилсин.

11.117. Иккита галтак битта умумий узакка уралган. Биринчи галтакнинг индуктивлиги $0,2\text{ гн}$, иккинчисиники эса $0,8\text{ гн}$. Иккипчи галтакнинг каршилиги 600 ом . Биринчи галтакдан угаётган $0,3\text{ а}$ токни $0,001$ секунд давомида узиб цуйилса, иккинчи галтакдан канча ток утади?

11.118. Мис симдаи килинган квадрат рамка индукцияси $0,1\text{ тл}$ булган магнит майдонига жойлаштирилган. Сим кундаланг кесимининг юзи 1 мм^2 , рамка юзи 25 см^2 , рамка текислигига тушган нормал майдон куч чизикларн буйлаб йуналган. Магнит майдони йукалишида рамка контуридан капча электр микдори утади?

'П.И9. Индукцияси 500 гс булган магнит майдонида 200 урамли галтак жойлашган. Ралтакнинг каршилиги 40 ом, кундаланг кесимининг юзи 12 см^2 , унинг магнит майдони йуналиши билан 60° бурчак ^осил килади. Магнит майдони йуцолишида ралтак буйлаб канча электр микдори утади?

11.120. Индукцияси $0,2 \text{ вб/м}^2$ булган бир жинсли магнит майдонига радиуси 2 см булган доиравий контур жойлаштирилган. Контур текислиги магнит майдонига тик буйлаб, каршилиги 1 ом. Ралтак 90° га бурилганда ундан канча электр микдори утади?

11.121. Узунлиги 21 см ва кундаланг кесимининг юзи 10 см^2 булган соленоидга 50 урамли галтак кийгизилган. Ралтак каршилиги 10^3 ом булган баллистик гальванометрга уланган. Урамлари сони 200 булган соленоид чулгамидан 5 а ток утади. Соленоиддан ток узилганда гальванометр стрелкаси шкала буйича 30 даражага огиши маълум булса, гальванометрнинг баллистик доимийси топилсин. Ралтак каршилиги баллистик гальванометр каршилигидан кичик деб олиб, уни ^исобга олипмасин. Гальванометрнинг стрелкани шкала буйлаб бир даражага огдирадиган электр микдорига тенг булган катталиқ баллистик доимий деб айтилади.

11.122. Магнит майдонининг индукциясини улчаш учун электромагнит кутблари орасига баллистик гальванометрга уланган 50 урамли галтак жойлаштирилган. Ралтак уки магнит майдони йуналишига параллел туради. Ралтак кундаланг кесимининг юзи 2 см^2 , унинг каршилиги гальванометр каршилигига нисбатан кичик булгани учун, уни ^исобга олинмайди. Гальванометр каршилиги $2 \cdot 10^3 \text{ ом}$, унинг баллистик доимийси $2 \cdot 10^{-8} \text{ кбул}$. Ралтак магнит майдонидан тез чиқариб олинганда гальванометр стрелкаси 50 даражага огади. Магнит майдонининг индукцияси канчага тенг?

11.123. Магнит киритувчанлиги μ билан магнит майдони кучланганлик H орасидаги боғланишни биринчи марта А. Г. Столетов «Юмшук темирнинг магнитланиш функциясини текшириш»га дойр (1872 й.) ишида текширган. А. Г. Столетов текширилаётган темир намунасига тороид шаклини бериб, уни тороидга уралган галтакдан / ток утказиш орцали мапштлайди. Бу бирламчи галтак буйлаб,

IV БОБ

ТЕБРАНИШЛАР ВА ТҒ ЛЎЦИНЛАР

АКУСТИК БИРЛИКЛАР

Акустик улчашлар соҳасида СИ нинг таркибий қисми МКГ системаси ҳисобланади.

14-жадвалда ГОСТ 8849-58 га мувофиқ. мазкур сие-
теманинг асосий ва баъзи бир зўсилавий акустик бирлик-
лари келтирилган.

15-жадвалда СГС системада баъзи акустик бирликлар
ва уларнинг СИ даги бирликлар билан боғланиши келти-
рилган.

16-жадвалда системадан ташқари ГОСТ 8849-58 га
мувофиқ. баъзи акустик бирликлар келтирилган.

Масалалар ечишга мисоллар

1-масала. Моддий нуктанинг гармоник тебранишлари
амплитудаси 5 см га тенг. Моддий нукта массаси 10 г ва
тебранишларининг тула энергияси $3,1 \cdot 10^{-6}$ ж. Тебраниш
ларнинг бошланғич фазаси 60° га тенг булса, мазкур нук-
танинг гармоник тебранишлар тенгламасини (сон коэф-
фициентлари билан) ёзинг.

Ечилиши. Гармоник тебранишларнинг умумий тенгламаси
Қуйидаги қуринишга эга булади:

$$l = L \sin(\omega t + \phi), \quad (1)$$

Масалада $A = 5$ см, $\phi = 60^\circ$ — у га тенг. Тебранишлар
даври T номаълум, лекин у ни $\omega = \frac{2\pi}{T} = 3,1 \cdot 10^{-6}$ ж
шартдан топиш мумкин.

Бундан

$$T = \sqrt{\frac{2\pi^2 A^2 m}{W}} \quad (2)$$

$A = 5 \cdot 10^{-2}$ м, $m = 10^{-2}$ кг ва $W = 3,1 \cdot 10^{-5}$ ж га тенг. Мазкур миқдорларни (2) га қўйиб, $T = 4$ сек эканлигини

топамиз. У ҳолда $\frac{2\pi t}{T} = \frac{2\pi t}{4} = \frac{\pi}{2} t$ ва (1) тенглама $x =$

$= 5 \sin\left(\frac{\pi}{2} t + \frac{\pi}{3}\right)$ см кўринишга олади. $\sin\left(\frac{\pi}{2} t + \frac{\pi}{3}\right) -$

ўлчовсиз миқдор бўлганлиги учун A ни метр ҳисобида қўйиш шарт эмас; x нинг номи A амплитуданинг номга мувофиқ келади.

14-жадвал

Катталик ва унинг белгиланиши	Бирлиكنи аниқлашга хизмат қиладиган тенглама	Ўлчов бирлиги	Қисқача белгиланиши	Катталик ўлчамлиги
Асосий бирликаар				
Узунлик l	—	метр	м	L
Масса m	—	килограмм	кг	M
Вақт t	—	секунд	сек	T
Ҳосилла бирликлар				
Товуш босими p	$p = \frac{F}{S}$	ньютон бўлинган метр квадрат	n/m^2	$L^{-1}MT^{-2}$
Ҳажмий тезлик	$v_{\text{ҳажм}} = v \cdot S$	метр куб	$m^3/сек$	L^3T^{-1}
Товуш интенсивлиги	$I = \frac{W}{St}$	ватт бўлинган метр квадрат	$вт/m^2$	MT^{-3}
Товуш энергиясининг zichлиги .	$w = \frac{W}{l}$	жоуль бўлинган метр куб	$ж/m^3$	$L^{-1}MT^2$

15-жадвал

Катталик	Ўлчов бирлиги ва унинг СИ бирликлари билан боғланиши
Товуш босими	1 дина/см ² = 0,1 н/м ²
Ҳажмий тезлик	1 см ³ /сек = 10 ⁻⁶ м ³ /сек
Товуш интенсивлиги	1 эрг/см ² сек = 10 ⁻³ вт/м ²
Товуш энергиясининг zichлиги . .	1 эрг/см ³ = 0,1 ж/м ³

Катталик номи	Ўлчов бирлиги	Бирликнинг қисқача белгила-ниши	Ўлчов бирлигининг таърифи
Товуш босимининг даражаси	децибел	дБ	Децибел (дБ) шундай товуш босими даражасики, унинг нолини даража деб олинадиган ва $2 \cdot 10^{-5}$ н/м ² га тенг бўлган шартли босим поғонасига нисбатининг ўнли логарифмининг йигирмага кўпайтирилгани бирга тенгдир.
Товуш қаттиқлиги даражаси	фон	фон	Товуш қаттиқлик даражаси шундайки, у билан барабар қаттиқликдаги 10^3 ғц частотали товуш босимининг даражаси учун 1 дБ га тенг бўлади.

2-масала. Товуш босимининг даражаси $L_1 = 40$ дБ. Товуш босимининг амплитудасини ва товуш интенсивлигини топинг. Товушнинг эшитилиш чегарасини $I_0 = 10^{-12}$ вт/м² га тенг деб қабул қилинг.

Ечилиши. Товуш босимининг даражаси L_1 (децибел ҳисобида) товуш босимининг амплитудаси Δp билан қуйидаги муносабатда боғланган

$$L_1 = 20 \lg \frac{\Delta p}{\Delta p_0}, \quad (1)$$

бунда Δp_0 —товуш қаттиқлигининг ноль даражасидаги товуш босими амплитудаси. МКС системасида $\Delta p_0 = 2 \cdot 10^5$ н/м². Шартга кўра $L_1 = 40$ дБ. (1) дан $\lg \frac{\Delta p}{\Delta p_0} = 2$ келиб чиқади, бундан $\frac{\Delta p}{\Delta p_0} = 10^2$, у ҳолда товуш босимининг изланаётган амплитудаси

$$\Delta p = \Delta p_0 \cdot 10^2 = 2 \cdot 10^5 \cdot 10^2 \text{ н/м}^2 = 2 \cdot 10^7 \text{ н/м}^2.$$

Фон ҳисобидаги товуш қаттиқлик даражаси товуш интенсивлиги билан қуйидаги муносабатда боғланган:

$$L_2 = 10 \lg \frac{I}{I_0}. \quad (2)$$

Фон таърифига кўра $L_1 = 40$ дБ да $L_2 = 40$ фон бўлади. (2) дан $\lg \frac{I}{I_0} = 4$ ёки $\frac{I}{I_0} = 10^4$ ва товушнинг изланаётган интенсивлиги $I = I_0 \cdot 10^4 = 10^{-12} \cdot 10^4 \text{ вт/м}^2 = 10^{-8} \text{ вт/м}^2$.

12-§. Гармоник тебранма ҳаракатлар ва тўлқинлар

Гармоник тебранма ҳаракат тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$x = A \sin \left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi \right) = A \sin (2\pi \nu t + \varphi) = A \sin (\omega t + \varphi),$$

бунда x — нуқтанинг мувозанатлик вазиятидан силжиши (у турли вақт пайтлари учун турлича бўлади), A — амплитуда, T — давр, φ — бошланғич фаза, $\nu = \frac{1}{T}$ — тебранишлар частотаси, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ бурчак частота.

Тебранаётган нуқтанинг тезлиги

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{2\pi A}{T} \cos \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi \right)$$

ва тезланиши

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{4\pi^2 A}{T^2} \sin \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi \right)$$

га тенг.

m массали нуқтани гармоник тебрантираётган куч

$$F = ma = -\frac{4\pi^2 A}{T^2} m \sin \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi \right) = -\frac{4\pi^2 m}{T^2} x = -kx,$$

бунда $k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$, бундан $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$.

Бу ерда T эса $F = -kx$ куч таъсирида тебранаётган нуқтанинг тебраниш даври; бунда k — деформация коэффициентини бўлиб, сон жиҳатдан 1 га тенг силжиши вужудга келтирувчи кучга тенг.

Тебранаётган нуқтанинг кинетик энергияси

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2} \cos^2 \left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi \right)$$

ва потенциал энергияси

$$W_n = \frac{kx^2}{2} = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2} \sin^2 \left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi \right).$$

Тўла энергияси

$$W = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2}.$$

Маятникнинг кичик тебранишлари гармоник тебранма ҳаракатларга мисол бўлиши мумкин. Математик маятникнинг тебранишлар даври

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

га тенг, бунда l — маятникнинг узунлиги ва g — оғирлик кучининг тезланиши.

Бир хил даврга эга, бир томонга йўналган икки гармоник тебранишлар қўшилганида, даври ўзгармаган

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

амплитудали ва бошланғич фазаси $\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$ тенгламадан аниқланиладиган гармоник тебраниш ҳосил бўлади. A_1 ва A_2 — қўшилувчи тебранишлар амплитудалари, φ_1 ва φ_2 — уларнинг бошланғич фазалари.

Бирдай даврли ўзаро перпендикуляр икки тебранишлар қўшилганда натижавий ҳаракат траекториясининг тенглмаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1).$$

m массали моддий нуқтага эластик куч $F = -kx$ дан ташқари ишқаланиш кучи $F_{\text{ишқ}} = -rv$ ҳам (бунда r — ишқаланиш коэффициентини ва v — тебранаётган нуқта тезлиги) таъсир этаётган бўлса, нуқтанинг тебраниши сўна боради.

Сўнувчи тебранма ҳаракат тенглмаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$x = Ae^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi),$$

бунда δ — сўниш коэффициентини. Бунда $\delta = \frac{r}{2m}$ ва $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$, формуладаги ω_0 — хусусий тебранишнинг бурчак частотаси. $\chi = \delta T$ катталик сўнишнинг логарифмик декременти деб аталади.

Тебраниши $x_1 = Ae^{-\delta t} \sin \omega_0 t$ кўринишида берилган m массали моддий нуқтага ташқи даврий $F = F_0 \sin \omega t$ куч таъсир этаётган бўлса, у ҳолда нуқтанинг тебраниши мажбурий бўлади ва унинг ҳаракат тенгламаси қуйидаги кўринишни олади:

$$x_2 = A \sin(\omega t + \varphi),$$

бунда

$$A = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega)^2 + 4\delta^2 \omega^2}}$$

ва

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}.$$

Мажбурий тебранишлар частотаси ω хусусий тебранишлар частотаси ω_0 ва сўниш коэффициенти δ билан қуйидаги муносабатда боғланганда резонанс вужудга келади:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}.$$

Сўнмайдиغان тебранишлар нур деб аталувчи муайян йўналиш бўйлаб c тезликда тарқалаётганида шу нур ётувчи ва тебранишлар манбаидан l масофада турган ҳар қандай нуқтанинг силжиши қуйидаги тенглама билан берилади:

$$x = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi l}{\lambda}\right),$$

бунда A — тебранаётган нуқталарнинг амплитудаси, λ — тўлқин узунлиги. Чунончи $\lambda = cT$. Нурда тебранишлар манбаидан l_1 ва l_2 масофада ётувчи икки нуқтанинг фазалар айирмаси қуйидагича

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi \frac{l_2 - l_1}{\lambda}.$$

Тўлқинлар интерференциясида қуйидаги шартда максимум амплитуда ҳосил бўлади.

$$l_2 - l_1 = 2n \frac{\lambda}{2} \quad (n = 0, 1, 2, \dots),$$

бунда $l_2 - l_1$ — нурлар юриш йўлининг фарқи.

$$l_2 - l_1 = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

шартда амплитуда минимум бўлади.

12.1. Агар 1 мин да 150 тебраниш бўлиб, тебранишларнинг бошланғич фазаси 45° га тенг ва амплитудаси 5 см бўлган гармоник тебранма ҳаракат тенгламасини ёзинг. Шу ҳаракат графигини чизинг.

12.2. Амплитудаси 0,1 м, даври 4 сек ва бошланғич фазаси нолга тенг бўлган гармоник тебранма ҳаракат тенгламасини ёзинг.

12.3. Гармоник тебранишлар амплитудаси 50 мм, даври 4 сек ва бошланғич фазаси $\frac{\pi}{4}$. 1) Мазкур тебранишнинг тенгламасини ёзинг. 2) $t = 0$ ва $t = 1,5$ сек бўлганда тебранаётган нуқтанинг мувозанат вазиятдан силжишини топинг. 3) Бу ҳаракат графигини чизинг.

12.4. Тебранишларнинг бошланғич фазаси: 1) 0, 2) $\frac{\pi}{2}$, 3) π , 4) $\frac{3}{2}\pi$, 5) 2π бўлган гармоник тебранма ҳаракат тенгламасини ёзинг. Тебранишлар амплитудаси 5 см ва тебранишлар даври 8 сек. Бу ҳолларнинг ҳаммаси учун тебранишлар графигини чизинг.

12.5. Бирдай амплитуда ($A_1 = A_2 = 2$ см) ва бирдай даврга ($T_1 = T_2 = 8$ сек) эга бўлган, лекин фазаларнинг фарқи: 1) $\frac{\pi}{4}$, 2) $\frac{\pi}{2}$, 3) π , 4) 2π бўлган икки гармоник тебранишни битта графикда чизинг.

12.6. Гармоник тебранаётган нуқта ҳаракат бошланишидан қанча вақт ўтгач мувозанат вазиятдан ярим амплитудага тенг силжийди? Тебраниш даври 24 сек, бошланғич фаза нолга тенг.

12.7. Гармоник тебранишнинг бошланғич фазаси нолга тенг. Даврнинг қандай қисминини ўтгач нуқтанинг тезлиги максимал тезлигининг ярмига тенг бўлади?

12.8. $x = 7 \sin 0,5 \pi t$ тенглама бўйича тебранма ҳаракат қилаётган нуқта ҳаракат бошланганидан қанча вақт ўтгач мувозанат вазиятидан максимал силжишга қадар йўлни ўтади?

12.9. Гармоник тебраниш амплитудаси 5 см, даври 4 сек га тенг. Тебранаётган нуқтанинг максимал тезлигини ва унинг максимал тезланишини топинг.

12.10. Нуқтанинг ҳаракат тенгламаси $x = 2 \sin \left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{4} \right)$ см кўринишида берилган. 1) Тебранишлар даврини, 2) нуқта-

нинг максимал тезлигини, 3) унинг максимал тезланишини топинг.

12.11. Нуқтанинг ҳаракат тенгламаси $x = \sin \frac{\pi}{6} t$ кўри-нишида берилган. Максимал тезлик ва максимал тезла-нишларга эришиладиган вақт пайтларини топинг.

12.12. Нуқта гармоник тебранади. Тебранишлар даври 2 сек, амплитудаси 50 мм, бошланғич фазаси нолга тенг. Нуқтанинг мувозанат вазиятидан 25 мм га силжиган пайт-даги тезлигини топинг.

12.13. Нуқтанинг максимал тезланиши 49,3 см/сек², тебранишлар даври 2 сек ва нуқтанинг мувозанат вазия-тидан 25 мм га силжиган бошланғич вақт пайтдаги гар-моник тебранишнинг ҳаракат тенгламасини ёзинг.

12.14. Гармоник тебранишнинг бошланғич фазаси нолга тенг. Нуқта мувозанат вазиятидан 2,4 см силжиганида нуқтанинг тезлиги 3 см/сек бўлади, 2,8 см силжиганида эса тезлиги 2 см/сек бўлади. Шу тебранишнинг амплиту-даси ва даврини топинг.

12.15. $m = 1,6 \cdot 10^{-2}$ кг массали моддий нуқтанинг теб-раниш тенгламаси $x = 0,1 \sin \left(\frac{\pi}{8} t + \frac{\pi}{4} \right)$ м кўринишга эга. Нуқтага таъсир этувчи F кучнинг (битта давр чегарасида) t вақтга боғлиқлик графигини чизинг. Максимал куч қий-матини топинг.

12.16. Массаси 10 г бўлган моддий нуқта $x = 5 \sin \left(\frac{\pi t}{5} + \frac{\pi}{4} \right)$ см тенглама бўйича тебранади. Нуқтага таъсир этув-чи максимал кучни ва тебранаётган нуқтанинг тўла энер-гиясини топинг.

12.17. Массаси 16 г бўлган моддий нуқтанинг тебра-ниш тенгламаси $x = 2 \sin \left(\frac{\pi t}{4} + \frac{\pi}{4} \right)$ см кўринишга эга. Нуқтанинг кинетик, потенциал ва тўла энергиясининг битта давр чегарасида вақтга боғлиқлик графигини чизинг.

12.18. Вақтнинг 1) $t = \frac{T}{12}$ сек, 2) $t = \frac{T}{8}$ сек, 3) $t = \frac{T}{6}$ сек пайтлари учун гармоник тебранаётган нуқта кинетик энер-гиясининг унинг потенциал энергиясига бўлган нисбати қимага тенг? Тебранишнинг бошланғич фазаси нолга тенг.

12.19. Нуқтанинг мувозанат вазиятидан силжиши: 1) $x = \frac{A}{4}$, 2) $x = \frac{A}{2}$, 3) $x = A$ ни ташкил қиладиган (A — тебраниш амплитудаси) пайтлар учун гармоник тебранаётган нуқта кинетик энергиясининг унинг потенциал энергиясига бўлган нисбати нимага тенг?

12.20. Гармоник тебраниш ҳаракатда бўлган жисмнинг тўла энергияси $3 \cdot 10^{-6}$ ж, жисмга таъсир этувчи максимал куч $1,5 \cdot 10^{-3}$ н га тенг. Тебраниш даври 2 сек ва бошланғич фаза 60° бўлса, бу жисмнинг ҳаракат тенгламасини ёзинг.

12.21. Моддий нуқтанинг гармоник тебранишлар амплитудаси $A = 2$ см, тебранишларнинг тўла энергияси $W = 3 \cdot 10^{-7}$ ж. Мувозанат вазиятидан қанча силжиганда тебранаётган нуқтага $F = 2,25 \cdot 10^{-6}$ н куч таъсир этади?

12.22. Узунлиги 2 м бўлган ипга осилган шарчани 4° бурчакка оғдирилиб, тебраниши кузатилади. Тебранишни сўймайдиган гармоник тебраниш деб фараз қилиб, шарча мувозанат вазиятидан ўтаётгандаги тезлигини топинг. Механика тенгламаларидан шарчанинг мувозанатлик вазиятидан ўтиш тезлигини топиб, олинган ечимни текшириб кўринг.

12.23. Пружинага 10 кг юк осилган. Пружина 1 кг куч таъсирида 1,5 см чўзилиши маълум бўлса, юкнинг вертикал тебраниш даврини аниқланг.

12.24. Пружинага юк осилган. Юк тебранишининг максимал кинетик энергияси 1 ж эканлиги маълум бўлса, пружинанинг деформация коэффициентини топинг. Тебраниш амплитудаси 5 см.

12.25. Иккита бирдай пружиналарга осилган юкнинг пружиналарни кетма-кет улашдан параллел улашга ўтказилгандаги вертикал тебраниш даври қандай ўзгарган?

12.26. Пружинага осилган мис шарча вертикал тебранапти. Пружинага мис шарча ўрнига шундай радиусдаги алюминий шарча осилса, тебраниш даври қандай ўзгарди?

12.27. Пружинага тошлар қўйилган тарози палласи осилган. Бунда вертикал тебранишлар даври 0,5 сек га тенг. Паллага қўшимча тошлар қўйилганидан кейин вертикал тебраниш даври 0,6 сек бўлди. Шу қўшимча юк туфайли пружина қанчага чўзилган?

12.28. Узунлиги 40 см ва радиуси 1 мм бўлган резинка шнурга оғирлиги 0,5 кГ тош осилган. Шу резинканинг Юнг модули 0,3 кГ/мм² эkanлиги маълум бўлса, тошнинг вертикал тебраниш даврини топинг.

Кўрсатма. Резинканинг деформация коэффициентини k резинканинг Юнг модули E билан $k = \frac{SE}{l}$ nisbatda bog'langanligini эътиборга олинг; бундаги S — резинка кўндаланг кесимининг юзи ва l — унинг узунлиги.

12.29. Оғирлиги $P = 0,2$ кГ бўлган ареометр суюқликда қалқимоқда. Ареометрни суюқликка бир оз ботириб, сўнгра қўйиб юборилса, у $T = 3,4$ сек давр билан тебрана бошлайди. Тебранишни сўнмайдиган деб ҳисоблаб, шу тажриба маълумотларига асослашиб ареометр қалқиб юрган суюқликнинг зичлиги ρ ни топинг. Ареометрнинг вертикал цилиндрик найчасининг диаметри $d = 1$ см*.

12.30. 8 сек бирдай давр ва 0,02 м бирдай амплитудали бир томонга йўналган икки гармоник тебраниш ҳаракатларини қўшиш натижасида олинadиган ҳаракат тенгламасини ёзинг. Бу тебранишлар фазаларининг фарқи $\frac{\pi}{4}$ га тенг, бирининг бошланғич фазаси полга тенг.

12.31. $x_1 = 0,02 \sin \left(5\pi t + \frac{\pi}{2} \right)$ м ва $x_2 = 0,03 \sin \left(\times \cdot 5\pi t + \frac{\pi}{4} \right)$ м тенгламалар билан берилган, бир томонга йўналган тебранишларни қўшишдан ҳосил бўлган гармоник тебраниш амплитудаси ва бошланғич фазасини топинг.

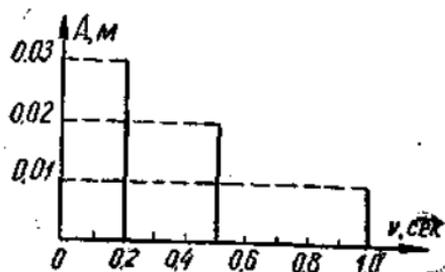
12.32. Бир томонга йўналган бирдай амплитуда ва даврли икки гармоник тебранишларни қўшиш натижасида худди шундай давр ва амплитудали натижавий тебраниш ҳосил бўлади. Қўшилувчи тебранишлар фазаларининг фарқини топинг.

12.33. 1) $x_1 = 4 \sin \pi t$ см ва $x_2 = 3 \sin \left(\pi t + \frac{\pi}{2} \right)$ см тенгламалар билан берилган, бир томонга йўналган тебранишларни қўшишдан ҳосил бўлган гармоник тебраниш амплитудаси ва бошланғич фазасини топинг. 2) Натижавий

Эластик кучлар ҳамда математик ва физик маятникларга доир масалаларни 1-бобнинг 2 ва 3-§ ларидан ҳам қаранг.

тебраниш тенгламасини ёзинг. 3) Амплитудаларни қўшишнинг вектор диаграммасини чизинг.

12.34. 61-расмда мураккаб тебраниш спектри берилган. 1) Бу расм маълумотларидан фойдаланиб, мураккаб тебранишнинг ташкил этувчи тебранишлар тенгламасини ёзинг. 2) Шу тебранишлар графигини чизинг. ($t = 0$ пайтда бу тебранишлар фазаларининг фарқи нолга тенг деб қабул қилинади.)



61- расм.

3) Натижавий мураккаб тебраниш графигини чизинг.

12.35. $x_1 = 3 \sin 4\pi t$ см ва $x_2 = 6 \sin 10\pi t$ см икки гармоник тебраниш берилган. Бу тебранишлар графигини чизинг. Бу тебранишларни график равишда қўшиб, натижавий тебраниш графигини чизинг. Олинган мураккаб тебраниш спектри

ни чизинг.

12.36. Тебраниш

$$x = A \sin 2\pi \nu_1 t \quad (1)$$

тенглама кўрinishида берилган, A — вақтга қараб, $A = A_0(1 + \cos 2\pi \nu_2 t)$ қонун бўйича ўзгаради. Бунда $A_0 = \text{const}$. (1) тебраниш қандай гармоник тебранишлардан ташкил топшини аниқланг. $A_0 = 4$ см, $\nu_1 = 2$ сек⁻¹, $\nu_2 = 1$ сек⁻¹ бўлган ҳол учун ташкил этувчилар графиги ва натижавий тебраниш графигини чизинг. Мураккаб тебраниш спектри

ни чизинг.

12.37. $\nu_1 = \nu_2 = 5$ гц бирдай частота ва $\varphi_1 = \varphi_2 = 60^\circ$ бирдай бошланғич фазали ўзаро перпендикуляр икки тебранишларни қўшиш натижасида олинadиган натижавий тебраниш тенгламасини ёзинг. Тебранишлардан бирининг амплитудаси $A_1 = 0,10$ м, иккинчисининг амплитудаси $A_2 = 0,05$ м га тенг.

12.38. Нуқта бирдай бошланғич фазага ва даврга эга икки тебранишда қатнашади. Тебранишлар амплитудаси $A_1 = 3$ см ва $A_2 = 4$ см. 1) Тебранишлар бир томонлама йўналган, 2) тебраниш ўзаро перпендикуляр бўлган ҳоллар учун натижавий тебраниш амплитудасини топинг.

12.39. Нуқта бир вақтда икки $x = 2 \sin \omega t$ м ва $y = 2 \cos \omega t$ м ўзаро перпендикуляр бўлган тебранишларда қатнашади. Нуқтанинг ҳаракати траекториясини топинг.

12.40. Нуқта бир вақтда икки $x = \cos \pi t$ ва $y = \cos \frac{\pi}{2} t$ ўзаро перпендикуляр бўлган тебранишларда қатнашади. Нуқтанинг натижавий ҳаракати траекториясини топинг.

12.41. Нуқта бир вақтда икки $x = \sin \pi t$ ва $y = 2 \sin \left(\pi t + \frac{\pi}{2} \right)$ ўзаро перпендикуляр бўлган тебранишларда қатнашади. Нуқтанинг ҳаракати траекториясини топинг ва уни масштаб билан чизинг.

12.42. Нуқта бир вақтда икки $x = \sin \pi t$ ва $y = 4 \sin (\pi t + \pi)$ ўзаро перпендикуляр бўлган тебранишларда қатнашади. Нуқтанинг ҳаракати траекториясини топинг ва уни масштаб билан чизинг.

12.43. Сўнувчи тебранишлар даври 4 сек, сўниш логарифмик декременти 1,6 га, бошланғич фаза нолга тенг. Нуқта $t = \frac{T}{4}$ да 4,5 см га силжийди. 1) Бу тебранишнинг ҳаракат тенгламасини ёзинг. 2) Икки давр чегарасида бу тебранма ҳаракат графигини чизинг.

12.44. Тенгламаси $x = e^{-0,1t} \sin \frac{\pi}{4} t$ м кўринишида берилган сўнувчи тебраниш графигини чизинг.

12.45. Сўнувчи тебраниш $x = 5e^{-0,25t} \sin \frac{\pi}{2} t$ м тенглама кўринишида берилган. 0, T, 2T, 3T ва 4T вақт пайтлари учун тебранувчи нуқта тезлигини топинг.

12.46. Математик маятникнинг сўниш логарифмик декременти 0,2 га тенг. Маятникнинг бир марта тўла тебранишида амплитудаси неча марта камайишини топинг.

12.47. 1 мин да тебраниш амплитудаси икки марта камайса, математик маятникнинг сўниш логарифмик декременти қанчага тенг бўлади? Маятникнинг узунлиги 1 м.

12.48. 24,7 см узунликдаги математик маятникнинг тебраниши сўнувчи тебраниш. Маятникнинг тебраниш энергияси қанча вақтдан кейин 9,4 марта камаяди? Масалани сўниш логарифмик декрементнинг 1) $\kappa = 0,01$ ва 2) $\kappa = 1$ қийматлари учун ҳал қилинг.

12.49. Сўниш логарифмик декременти 0,2 бўлган математик маятникнинг тебраниши сўнувчи тебраниш. Маятникнинг тўла тезланиши битта тебранишнинг чекка вазиятида неча марта камаяди?

12.50. 1 мин да математик маятникнинг сўнувчи тебраниши амплитудаси икки марта камайган. 3 мин да у неча марта камаяди?

12.51. Мувозанат вазиятидан чиқарилган, узунлиги 0,5 м бўлган математик маятник биринчи тебранишида 5 см, иккинчи тебранишида эса (ўша томонга) 4 см оғган. Релаксация вақтини, яъни тебранишлар амплитудаси e марта камайдиган вақтни топинг; бунда e — натурал логарифмлар асоси.

12.52. Вертикал осилиб турган пружинага юк осилган. Бу пружина 9,8 см га чўзилади. Юкни пастга тортиб, сўнг қўйиб юбориб уни тебранишга мажбур этилади. 1) Тебранишлар орадан 10 сек ўтгач тўхташи (шартли равишда тебранишлар амплитудаси бошлангич қийматининг 1% ига қадар пасайганда тебранишлар сўнади деб) учун, 2) юк мувозанат вазиятига аperiодик равишда қайтиши учун, 3) сўниш логарифмик декременти 6 бўлиши учун сўниш коэффициентини δ нимага тенг бўлиши керак?

12.53. $m = 10$ г массали жисмнинг тебраниши сўнувчи; амплитудасининг максимал қиймати 7 см, бошлангич фазаси ноль, сўниш коэффициенти $1,6 \text{ сек}^{-1}$ га тенг. Бу жисм ташқи даврий куч таъсири натижасида мажбурий тебрана бошлади. Мажбурий тебраниш $x = 5 \sin(10\pi t - 0,75\pi)$ см тенглама кўрилишида. 1) Хусусий тебраниш тенгласини (сон коэффициентлари билан), 2) ташқи даврий куч тенгласини (сон коэффициентлари билан) чиқаринг.

12.54. Вертикал пружинада осилган оғирлиги 0,2 кг тош $0,75 \text{ сек}^{-1}$ сўниш коэффициенти билан сўнувчи тебранишда. Пружинанинг деформация коэффициенти 0,5 кг/см. Ташқи кучнинг энг катта қиймати 0,98 н бўлса, тошнинг мажбурий тебраниш A амплитудасининг ташқи даврий куч ω частотасига боғлиқлик графигини чизинг. График қуришда қуйидаги: $\omega = 0$, $\omega = 0,5\omega_0$, $\omega = 0,75\omega_0$, $\omega = \omega_0$, $\omega = 1,5\omega_0$ ва $\omega = 2\omega_0$ частоталар учун A нинг қийматларини топинг. Бунда ω_0 — осилган тошнинг хусусий тебраниш частотаси.

12.55. Тупроқ йўлдан трактор ўтгач, бир-биридан 30 см масофада қатор чуқурчалар шаклида из қолган. Бу йўлдан бирдай иккита рессорали болалар коляскаси ҳам билдиратиб ўтилган. Рессоралардан ҳар бири 1 кГ юк таъсирида 2 см га эгилади. Коляска чуқурчаларга тушганда силкнишдан резонансга келиб, кучли чайқала бошлаган бўлса, уни қандай тезликда тортилган? Колясканинг оғирлиги 10 кГ.

12.56. Даври 10^{-14} сек га тенг тебранишнинг тўлқин узунлигини топинг. Тебранишнинг тарқалиш тезлиги $3 \cdot 10^8$ м/сек.

12.57. Частотаси $\nu = 500$ Ғ ва амплитудаси $A = 0,25$ мм бўлган товуш тебраниши ҳавода тарқалапти. Тўлқин узунлиги $\lambda = 70$ см. 1) Тебранишнинг тарқалиш тезлигини 2) ҳаво заррачаларининг максимал тезлигини топинг.

12.58. Сўнмайдиган тебраниш $x = 10 \sin 0,5\pi t$ см тенглама кўринишида берилган. 1) Тебранишнинг тарқалиш тезлиги 300 м/сек бўлса, тўлқин тенгламасини топинг. 2) Тебраниш манбаидан 600 м масофада турувчи нуқта учун тебраниш тенгламасини ёзинг ва график равишда тасвир қилинг. 3) Тебраниш бошланганидан $t = 4$ сек ўтгандан кейин тўлқин нуқталари учун тебраниш тенгламасини ёзинг ва график равишда тасвирланг.

12.59. Сўнмайдиган тебраниш $x = 4 \sin 600 \pi t$ см тенглама кўринишида берилган. Тебраниш бошланганидан 0,01 сек ўтгандан кейин тебранишлар манбаидан 75 см масофада турувчи нуқтанинг мувозанат вазиятидан силжишини топинг. Тебранишнинг тарқалиш тезлиги 300 м/сек.

12.60. Сўнмайдиган тебраниш $x = \sin 2,5 \pi t$ см тенглама кўринишида берилган. Тебраниш бошланганидан $t = 1$ сек ўтгандан кейин тебранишлар манбаидан 20 м масофадаги нуқтанинг мувозанат вазиятидан силжишини, тезлиги ва тезланишини топинг. Тебранишнинг тарқалиш тезлиги 100 м/сек.

12.61. Тебраниш манбаидан 10 м ва 16 м масофадаги икки нуқтанинг тебранишининг фазалар фарқи қанчага тенг бўлади? Тебраниш даври 0,04 сек ва тарқалиш тезлиги 300 м/сек.

12.62. Тўлқин узунлиги 1 м бўлган нурда ётиб, бир-биридан 2 м масофада турувчи икки нуқта тебраниши фазаларининг фарқи топилсин.

12.63. $t = \frac{T}{6}$ пайт учун тебраниш манбаидан $l = \frac{\lambda}{12}$ масофадаги нуқтанинг мувозанат вазиятидан қанчага силжиши аниқлансин. Тебраниш амплитудаси $A = 0,05$ см.

12.64. Тебраниш манбаидан 4 см масофадаги нуқта $t = \frac{T}{6}$ пайтда мувозанат вазиятидан ярим амплитудага тенг силжийди. Югурувчи тўлқин узунлиги топилсин.

12.65. Турғун тўлқиннинг 1) унча зич бўлмаган муҳитдан қайтарилаётган, 2) анча зич муҳитдан қайтарилаётган ҳоллардаги тугун ва қавариқлик ҳолати топилсин ва графиги чизилсин. Югурувчи тўлқин узунлиги 12 см.

12.66. Турғун тўлқиннинг биринчи ва тўртинчи қавариқлари орасидаги масофа 15 см бўлса, тебраниш тўлқин узунлиги аниқлансин.

13- §. Акустика

Муайян муҳитдаги акустик тебранишларнинг тарқалиш тезлиги қуйидаги формула билан аниқланади:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

бунда E — муҳитнинг Юнг модули ва ρ — муҳитнинг зичлиги.

Газлардаги тарқалиш тезлиги

$$c = \sqrt{\frac{\chi RT}{\mu}},$$

бунда μ — бир киломоль газнинг массаси, T — газнинг абсолют температураси, R — газ доимийси, $\chi = \frac{C_p}{C_v}$ (C_p — ўзгармас босимдаги газнинг иссиқлик сифими ва C_v — ўзгармас ҳажмдаги газнинг иссиқлик сифими).

Товуш босими даражаси L_1 (децибел ҳисобида) товуш босими амплитудаси Δp билан

$$L_1 = 20 \lg \frac{\Delta p}{\Delta p_0}$$

муносабатда боғланган; бунда Δp_0 — товуш қаттиқлигининг ноль даражасидаги товуш босими амплитудаси. Товуш қат-

тиқлик даражаси L_2 (фон ҳисобида) товуш интенсивлиги билан

$$L_2 = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

муносабатда боғланган; бунда I_0 — товуш қаттиқлигининг ноль даражаси.

$$I_0 = 10^{-12} \text{ вт/м}^2 \text{ ва } \Delta p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ н/м}^2$$

деб қабул қилинган.

Допплер принципига кўра кузатувчи қабул қилаётган товуш частотаси

$$\nu' = \frac{c + v}{c - u} \nu$$

формула билан аниқланади, бунди ν — манбадан юборилаётган товуш частотаси, u — товуш манбаининг ҳаракат тезлиги, v — кузатувчининг ҳаракат тезлиги ва c — товушнинг тарқалиш тезлиги. Кузатувчи товуш манбага қараб ҳаракат қилаётган бўлса, тезлик $v > 0$; товуш манбаи кузатувчига қараб ҳаракат қилаётган бўлса $u > 0$.

Торнинг асосий тон частотаси қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\nu = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\rho S}}$$

бунда l — торнинг узунлиги, F — унинг таранглик кучи, S — кўндаланг кесимининг юзи ва ρ — муҳит материалнинг зичлиги.

13.1. 435 *гц* частотали асосий тон ляннинг тўлқин узунлиги топилсин. Товуш тезлиги 340 *м/сек* деб қабул қилинсин.

13.2. Одам қулоғи частотаси тахминан 20 *гц* дан 20 000 *гц* гача бўлган товушларни қабул қила олади. Товуш тебранишларининг эшитилиш интервали қандай тўлқин узунликлари ўртасида ётади? Товушнинг ҳаводаги тезлиги 340 *м/сек* деб қабул қилинсин.

13.3. Товушнинг пўлатдаги тарқалиш тезлиги топилсин.

13.4. Товушнинг мисдаги тарқалиш тезлиги топилсин.

13.5. Товушнинг кerosиндаги тарқалиш тезлиги 1330 *м/сек*. Кerosиннинг сиқилиш коэффициентини топилсин.

13.6. Денгизнинг чуқурлиги эхолот ёрдами билан ўлчанган. Товуш пайдо бўлган пайтдан уни қабул қилиб олгушга қадар 2,5 сек ўтган бўлса, денгизнинг чуқурлиги қанча бўлган? Сувнинг сиқилиш коэффициентини $4,6 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{н}$ ва денгиз сувиининг зичлиги $1030 \text{ кг}/\text{м}^3$.

13.7. 1) -20°C , 2) 0°C ; 3) $+20^\circ\text{C}$ температураларда товушнинг ҳавода тарқалиш тезлиги топилсин.

13.8. Ёзда ҳаводаги (температура $+27^\circ\text{C}$) товушнинг тарқалиш тезлиги қишдаги (температура -33°C) тарқалиш тезлигидан неча марта кўп?

13.9. Тажриба шароитида икки атомли газ молекулярининг ўртача квадратик тезлиги $461 \text{ м}/\text{сек}$ эканлиги маълум бўлса, шундай шароитда товушнинг газдаги тарқалиш тезлиги топилсин.

13.10. Икки атомли газнинг зичлиги 760 мм симоб устунисида $1,29 \cdot 10^{-3} \text{ г}/\text{см}^3$ бўлса, товушнинг шу газда тарқалиш тезлиги топилсин.

13.11. Бир киломоль азот молекуласининг илгариланма ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси $3,4 \cdot 10^8 \text{ кж}$ га барабар эканлиги маълум бўлса, шундай шароитда товушнинг азотдаги тарқалиш тезлиги топилсин.

13.12. Атмосфера юқори қатламларининг температурасини аниқлаш учун термометрдан фойдаланиб бўлмайдими, чунки газ зичлиги кам бўлганлигидан термометр атрофдаги муҳит билан иссиқлик мувозанатига келолмайдими. Шу мақсадда гранатли ракета учирилиб, муайян баландликка чиққанида гранат портлатилади. Ер юзидан 21 км баландликдаги портлашдан чиққан товуш 19 км баландликдаги портлашдан чиққан товушдан $6,75 \text{ сек}$ кечикиб келса, 20 км баландликдаги температурани аниқланг.

13.13. Ҳаво — шиша чегарасидаги товуш тўлқинларининг синдириш кўрсаткичи нимага тенг? Шиша учун Юнг модули $6,9 \cdot 10^{10} \text{ н}/\text{м}^2$ га тенг, шишанин зичлиги $2,6 \text{ г}/\text{см}^3$, ҳавонинг температураси 20°C .

13.14. Ҳаво — шиша чегарасида товуш тўлқинларининг тўла ички лимит бурчаги топилсин. Олдинги масаладаги керакли маълумотлардан фойдаланилсин.

13.15. Икки товушнинг қаттиқлик даражаси 1 фон га фарқ қилади. Бу товушлар интенсивликларининг нисбати топилсин.

13.16. Икки товушнинг босим даражаси 1 дб га фарқ

қилади. Амплитудаларининг товуш босимига нисбати топилсин.

13.17. Кўчадаги 70 фон қаттиқликдаги шовқин хонада 40 фон қаттиқликдаги шовқин бўлиб эшитилади. Кўчадаги ва хонадаги товуш интенсивликларининг нисбати топилсин.

13.18. Товуш интенсивлиги 1000 барабар кучайган.
1) Товуш босимининг даражаси неча децибел кучайган?
2) Товуш босимининг амплитудаси неча марта катталашган?

13.19. Товуш интенсивлиги 10^{-2} *вт/м²*. 1) Қаттиқлик даражасини, 2) товуш босими амплитудасини топинг.

13.20. Товуш интенсивлиги: 1) 3000 марта ва 2) 30 000 марта ортган бўлса, товушнинг қаттиқлик даражаси қанча фонга кучайган?

13.21. Патефон пластинкасида ля тони учун (435 *гц*):
1) ёзув бошида марказдан 12 *см* масофадаги, 2) ёзув охирида марказдан 4 *см* масофадаги товуш ариқчаларининг қўшини тишлари орасидаги масофа топилсин. Пластинканинг айланиш тезлиги 78 *айл/мин*.

13.22. 1) $v = 100$ *гц* ва 2) $v = 2000$ *гц* учун граммофон пластинкасидаги товуш ариқчаларининг қўшини тишлари орасидаги масофа топилсин. Пластинка марказигача бўлган ўртача масофа 10 *см* деб ҳисоблансин. Пластинканинг айланиш тезлиги 78 *айл/мин*.

13.23. Кундт трубкасида турғун тўлқин ҳосил бўлганида ҳаво устунида 6 қавариқлик кузатилган. Агар пўлат стержень ҳаво устунининг: 1) ўртасига, 2) бир учига маҳкамланган бўлса, ҳаво устунининг узунлиги қанча бўлган? Стерженьнинг узунлиги 1 *м*. Товушнинг пўлатдаги тезлиги 5250 *м/сек* ва ҳаводаги тезлиги 343 *м/сек*.

13.24. Шиша стержень ўртасидан маҳкамланганида ҳаво устунда 5 қавариқлик кузатилган бўлса, Кундт трубкасидаги бу стерженьнинг узунлиги қанча? Ҳаво устунининг узунлиги 0,25 *м*. Шиша учун Юнг модули $6,9 \cdot 10^{10}$ *н/м²* ва шишанинг зичлиги 2,5 *г/см³*. Товушнинг ҳаводаги тезлиги 340 *м/сек* деб олинсин.

13.25. Қавариқликларни бир-биридан ажратишнинг энг кичик масофаси $l \cong 4$ *мм* деб олинса, товуш тезлигини аниқлашда қандай энг катта частоталар учун Кундт методди яроқли бўлади? Товушнинг ҳаводаги тезлиги 340 *м/сек* деб олинсин.

13.26. Икки поезд 72 км/соат ва 54 км/соат тезлик билан бир-бирига қарама-қарши келмоқда. Биринчи поезд 600 гц частота билан хуштак чалади. Иккинчи поезддаги йўловчи эшитадиган товушнинг: 1) поездлар учрашишидан аввал, 2) поездлар учрашганидан кейин қандай тебраниш частотада бўлишини топинг. Товуш тезлиги 340 м/сек деб олинсин.

13.27. Поезд қўзғалмас кузатувчи олдидан ўтаётганида паровоз гудоги товушининг тон баландлиги бирдан ўзгаради. Поезд 60 км/соат тезликда юраётган бўлса, товуш тонининг бирдан ўзгариш миқдори тон ҳақиқий частотасининг неча процентини ташкил қилади?

13.28. Денгиз қирғоғидаги кузатувчи пароход гудогининг товушини эшитади. Кузатувчи ва пароход тинч турган пайтда кузатувчи қабул қиладиган товуш 420 гц частотага тўғри келади. Пароход кузатувчига томон ҳаракат қилаётганида қабул қилинадиган товуш частотаси 430 гц га тенг. Пароход кузатувчидан нарига ҳаракат қилаётганида частота 415 гц га тенг бўлади. Агар тажриба шароитидаги товуш тезлиги 338 м/сек бўлса, биринчи ва иккинчи ҳоллардаги пароходнинг тезлиги аниқлансин.

13.29. Милтиқ ўқи 200 м/сек тезлик билан учади. Қўзғалмай турган кузатувчи учун унинг олдидан учиб ўтаётган ўқ тонининг баландлиги неча марта ўзгариши топилсин. Товуш тезлиги 333 м/сек деб қабул қилинсин.

13.30. Бирдай тезлик билан қарама-қарши бораётган икки поезддан бирининг хуштак тони иккинчисига эшитилаётганда $\frac{9}{8}$ марта ўзгариши учун уларнинг тезликлари қандай бўлиши керак? Товуш тезлиги 335 м/сек деб олинсин.

13.31. Кўршапалак деворга перпендикуляр йўналишда $v = 670 \text{ м/сек}$ тезлик билан $v = 4,5 \cdot 10^4 \text{ гц}$ частотали ультратовуш чиқариб учмоқда. Кўршапалак қандай частотали икки хил товушни эшитади? Товуш тезлигини 340 м/сек деб олинг.

13.32. Радиуси $0,05 \text{ см}$ бўлган пўлат тор 100 кГ куч билан таранг тортилганида 320 частотали тон бериши учун унинг узунлиги қандай бўлиши керак?

13.33. Узунлиги 20 см ва диаметри $0,2 \text{ мм}$ бўлган пўлат тор нотада ля ни (частотаси 435 гц) чиқариши учун уни қандай куч билан таранг тортиш керак?

13.34. Пўлат учун мустаҳкамлик чегараси маълум бўлса, узунлиги 1 м бўлган торни сошлаш учун энг катта частота топилсин.

13.35. 15 кГ куч билан таранг тортилган тор камертонда секундига 8 урилиш беради. Бу тор 16 кГ куч билан таранг тортилгандан кейин у камертон билан унсонга созланган. Камертоннинг тебраниш сони аниқлашсин.

13.36. Олдинги масаладаги камертон иккинчи камертонда 5 секундига 10 урилиш беради. Иккинчи камертоннинг тебраниш частотаси топилсин.

13.37. $F = 6 \cdot 10^3$ Н куч билан таранг тортилган торнинг асосий тони частотаси топилсин. Торнинг узунлиги $l = 0,8$ м ва оғирлиги $P = 0,03$ кГ.

13.38. 1) Очиқ труба, 2) берк труба асосий тонининг частотаси топилсин.

13.39. Берк труба 130,5 гц частотага тўғри келадиган асосий тон беради. Труба очилган. Энди у қандай асосий тон чиқаради? Трубанинг узунлиги қанча? Товушнинг ҳаводаги тезлиги 340 м/сек деб олинсин.

14- §. Электромагнит тебранишлар ва тўлқинлар

Сигими C , индуктивлиги L ва қаршилиги R бўлган контурдаги электромагнит тебранишларнинг даври T қуйидаги формула билан аниқланади:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L}}}$$

Агар контурнинг қаршилиги жуда кичик деб

$$\left(\frac{R}{2L}\right)^2 \ll \frac{1}{LC}$$

олинса, унда тебраниш даври қуйидагича бўлади:

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

Агар контурнинг қаршилиги R нолга тенг бўлмаса, тебраниш сўнувчан бўлади. Бунда конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси (агар вақт конденсатор қопламаларидаги энг катта потенциаллар айирмасига мос келув-

чи пайтдан бошлаб ҳисобланса) қуйидаги қонун бўйича ўзгаради:

$$U = U_0 e^{-\delta t} \cos \omega t.$$

Бунда $\delta = \frac{R}{2L}$ — сўниш коэффициенти, $\kappa = \delta T$ сўниш логарифмик декременти деб аталади.

Агар $\delta = 0$ бўлса, тебраниш сўнмас бўлиб, шундай ёзиш мумкин:

$$U = U_0 \cos \omega t.$$

Агар вақт конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси нолга тенг бўладиган пайтдан бошлаб ҳисобланадиган бўлса,

$$U = U_0 \sin \omega t$$

муносабат тўғри бўлади.

Ўзгарувчан ток учун Ом қонуни

$$I_{\text{эф}} = \frac{U_{\text{эф}}}{Z}$$

кўришишида ёзилади; бунда $I_{\text{эф}}$ ва $U_{\text{эф}}$ ток кучи ва кучланишнинг эффектив қийматлари бўлиб, уларнинг амплитуда қийматлари I_0 ва U_0 билан қуйидаги муносабатда боғланган:

$$I_{\text{эф}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ва} \quad U_{\text{эф}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}.$$

Z — занжирнинг тўла қаршилигидир. Агар занжирда кетма-кет уланган R актив қаршилик, C сифм ва L индуктивлик бўлса,

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}.$$

Кучланиш билан ток кучи орасидаги фазалар силжиши қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\text{tg } \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}.$$

R, C ва L ларини турлича улаш усуллари учун занжирнинг тўла қаршилиги Z ва фазалар силжиши φ формулалари 426-бетдаги жадвалда берилган.

Ўзгарувчан ток занжирда R актив қаршилик ва L индуктивликка эга бўлган ғалтак кетма-кет уланган R ва L га мувофиқ келади. C сифим ва R актив қаршиликка эга бўлган конденсатор параллел уланган R ва C га мувофиқ келади. Ўзгарувчан ток қуввати:

$$P = I_{\text{эф}} U_{\text{эф}} \cos \varphi.$$

14.1. Тебраниш контури 800 СГСс сифимли конденсатор ҳамда $2 \cdot 10^{-3}$ гн индуктивликка эга ғалтакдан иборат. Контур қандай тўлқин узунлигига созланган? Контур қаршилиги ҳисобга олинмасин.

14.2. Индуктивлиги $2 \cdot 10^{-3}$ гн, сифими 62 дан 480 СГСс гача ўзгара оладиган тебраниш контурини қандай тўлқин диапазонига созлаш мумкин? Контурнинг қаршилиги ниҳоятда оз.

14.3. 2 мкф сифимда 1000 гц товуш частотасини олиш учун тебраниш контурига қандай индуктивлик улаш керак? Контур қаршилиги ҳисобга олинмасин.

14.4. Индуктивлиги $L = 3 \cdot 10^{-5}$ гн бўлган ғалтак пластинкаларининг сатҳи $S = 10$ см² ва улар оралиқлари $d = 0,1$ мм бўлган ясси конденсаторга уланган. Агар контур 750 м узунликдаги тўлқинга резонанслашса, пластинкалар оралигини тўлдирувчи муқитнинг диэлектрик сингуриувчанлиги нимага тенг?

14.5. Тебраниш контури 0,025 мкф сифимли контурдан ҳамда 1,015 гн индуктивликка эга ғалтакдан иборат. Запжирнинг ом қаршилигини ҳисобга олмаймиз. Конденсатор $2,5 \cdot 10^{-6}$ к электр миқдори билан зарядланган. 1) Бу тебраниш контур учун конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг (сонли коэффициентлар билан) ва занжирдаги ток кучининг вақтга боғлиқ равишда ўзгариш тенгламаси ёзилсин. 2) $\frac{T}{8}$, $\frac{T}{4}$ ва $\frac{T}{2}$ сек га тенг вақтдаги конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг қиймати ва занжирдаги ток кучи топилсин. 3) Бир давр чегарасида бу боғланмишларнинг графиклари чизилсин.

14.6. Олдинги масаладаги тебраниш контури учун: 1) электр майдонининг энергияси, магнит майдонининг энергияси ва тўла энергиянинг вақтга қараб ўзгариш тенгламалари (сон коэффициентлари билан) ёзилсин, 2) $\frac{T}{8}$, $\frac{T}{4}$ ва $\frac{T}{2}$ сек га

тенг вақтдаги электр майдони энергияси, магнит майдони энергияси ва тўла энергия қийматлари топилсин, 3) бир давр чегарасида бу боғланишларнинг графиклари чизилсин.

14.7. Тебраниш контури конденсатори қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг вақтга қараб ўзгариш тенгламаси $U = 50 \cos 10^4 \pi t$ в кўринишида берилган. Конденсаторнинг сифими 10^{-7} ф га тенг. 1) Тебраниш даври, 2) контур индуктивлиги, 3) вақт бўйича занжирдаги ток кучининг ўзгариш қонуни, 4) шу контурга мувофиқ келувчи тўлқин узунлиги топилсин.

14.8. Тебраниш контуридаги ток кучининг вақт бўйича ўзгариш тенгламаси қуйидаги кўринишда берилган: $I = -0,02 \sin 400 \pi t$ а. Контурнинг индуктивлиги 1 гн. 1) Тебраниш даври, 2) контур сифими, 3) конденсатор қопламаларидаги максимал потенциаллар айирмаси, 4) магнит майдонининг максимал энергияси, 5) электр майдонининг максимал энергияси топилсин.

14.9. $\frac{T}{8}$ сек вақт пайти учун тебраниш контури магнит майдони энергиясининг электр майдони энергиясига нисбати нимага тенг?

14.10. Тебраниш контури 7 мкф сифимли конденсатор ҳамда индуктивлиги 0,23 гн ва қаршилиги 40 ом бўлган ғалтакдан иборат. Конденсатор $5,6 \cdot 10^{-4}$ к электр миқдори билан зарядланган. 1) Контурнинг тебраниш даври топилсин. 2) Тебранишнинг сўниш логарифмик декременти аниқлансин. 3) Конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг ўзгаришини вақтга боғланиш тенгламаси ёзилсин. 4) $\frac{T}{2}$, T , $\frac{3}{2} T$ ва $2T$ сек га тенг вақт пайтида потенциаллар айирмасининг қиймати топилсин. Икки давр чегарасида $U = f(t)$ графиги чизилсин.

14.11. Тебраниш контури 0,2 мкф сифимли конденсатор ва $5,07 \cdot 10^{-3}$ гн индуктивликли ғалтакдан иборат. 1) Конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси қандай сўниш логарифмик декрементида 10^{-3} сек ичида уч барабар камайиб кетади. 2) Бунда контур қаршилиги қанчага тенг?

14.12. Тебраниш контури 10^{-2} гн индуктивлик, 0,405 мкф сифим ва 2 ом қаршиликдан иборат. Бир даврда

конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси неча марта камайиши топилсин.

14.13. Тебраниш контури $C = 2,22 \cdot 10^{-9}$ ф сифимли конденсатор ва 0,5 мм диаметри мис симдан ўралган ғалтакдан иборат. Ғалтакнинг узунлиги 20 см. Тебранишнинг сўниш логарифмик декременти топилсин.

14.14. Тебраниш контури $1,1 \cdot 10^{-9}$ ф сифимга ва $5 \cdot 10^{-3}$ гн индуктивликка эга. Сўниш логарифмик декременти 0,005 га тенг. Сўниш туфайли контурнинг 99% энергияси қанча вақтда йўқолади?

14.15. Тебраниш контури конденсатор ва кўндаланг кесимнинг юзи $S = 0,1$ мм² бўлган мис симдан ўралган узун ғалтакдан иборат. Ғалтакнинг узунлиги $l = 40$ см. Контурнинг тебраниш даврини $T = 2\pi\sqrt{LC}$ тахминий формула бўйича ҳисоблаб чиқаришда йўл қўйиладиган хатолик $\varepsilon = 1\%$ га тенг бўлса, конденсаторнинг сифими C нимага тенг бўлади?

Кўрсатма. Хатолик $\varepsilon = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$, буида T_1 — тақрибий формула бўйича топилган тебраниш даври ва T_2 — аниқ формула бўйича топилган тебраниш даври.

14.16. Узунлиги $l = 50$ см ва кўндаланг кесимнинг юзи $S = 10$ см² бўлган ғалтак $\nu = 50$ гц частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Ғалтакнинг ўрамлар сони $N = 3000$. Кучланиш билан ток ўртасидаги фазалар сизиши 60° бўлса, ғалтакнинг актив қаршилигини топинг.

14.17. Ғалтакнинг чулғами кўндаланг кесим юзи 1 мм² бўлган 500 ўрам мис симдан иборат. Ғалтакнинг узунлиги 50 см ва унинг диаметри 5 см. Қандай частотали ўзгарувчан токда ғалтакнинг тўла қаршилиги актив қаршилигидан икки барабар катта бўлади?

14.18. $C_1 = 0,2$ мкф ва $C_2 = 0,1$ мкф сифимли икки конденсатор 220 в кучланишли 50 гц частотали ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланган. 1) Занжирдаги ток кучини, 2) биринчи ва иккинчи конденсатордаги потенциалнинг тушишини топинг.

14.19. Узунлиги 25 см ва 2 см радиусли ғалтак чулғами кўндаланг кесимнинг юзи 1 мм² бўлган 1000 ўрам мис симдан иборат. Ғалтак 50 гц частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. 1) Актив қаршилик ва 2) индуктив

қаршилик ғалтакнинг тўла қаршилигининг қанча қисмини ташкил қилади?

14.20. 20 мкф сифимли конденсатор ва 130 ом актив қаршиликка эга реостат 50 гц частотали ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланган. 1) Конденсатордаги ва 2) реостатдаги кучланишнинг тушиши занжирга берилган кучланишнинг қанча қисмини ташкил қилади?

14.21. Конденсатор билан электр лампочка 440 в кучланишли ва 50 гц частотали ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланган. Лампочкадан 0,5 а ток ўтиши ва лампочкадаги потенциалнинг тушиши 110 в га тенг бўлиши учун конденсаторнинг сифими қандай бўлиши керак?

14.22. 10 ом актив қаршиликли ва L индуктивликли ғалтак 127 в кучланишли ва 50 гц частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Ғалтак 400 вт қувватни истеъмол қилади, кучланиш билан ток ўртасидаги фазалар силжиши 60° , ғалтакнинг индуктивлигини топинг.

14.23. R — актив қаршилик, C — сифим ва L — индуктивлик турлича усуллар билан уланганидаги занжирнинг Z тўла қаршилиги ҳамда кучланиш билан ток ўртасидаги фазалар силжиши $\lg \varphi$ учун формулалар жадвалини тузинг. 1) R ва C кетма-кет уланган, 2) R ва C параллел уланган, 3) R ва L кетма-кет уланган, 4) R ва L параллел уланган ва 5) R , L ва C кетма-кет уланган ҳоллар учун формулалар жадвалини тузинг.

14.24. 1 мкф сифимли конденсатор ва 3000 ом актив қаршиликли реостат 50 гц частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Реостатнинг индуктивлиги жуда оз. Конденсатор билан реостат: 1) кетма-кет ва 2) параллел уланган бўлса, занжирнинг тўла қаршилигини топинг.

14.25. 220 в кучланишли ва 50 гц частотали ўзгарувчан ток занжирига 35,4 мкф сифим, 100 ом актив қаршилик ва 0,7 гк индуктивлик кетма-кет уланган. Занжирдаги ток кучини ҳамда сифим, ом қаршилик ва индуктивликдаги кучланишнинг тушишини топинг.

14.26. $\nu = 50$ гц частотали ўзгарувчан ток занжирига $L = 2,26 \cdot 10^{-2}$ гн индуктивлик ва R актив қаршилик параллел уланган. Кучланиш билан ток ўртасидаги фазалар силжиши 60° , R нинг катталигини топинг.

14.27. R актив қаршилик ва L индуктивлик 127 в кучланишли ва 50 гц частотали ўзгарувчан ток занжирига

параллел уланган. Занжир 404 вт қувватни истеъмол қилади ҳамда кучланиш билан ток ўртасидаги фазалар сийжиши 60° , R актив қаршилик билан L индуктивликни толинг.

14.28. 220 в кучланишли ўзгарувчан ток занжирига C сийгим, R актив қаршилик ва L индуктивлик кетма-кет уланган. Конденсатордаги кучланишнинг тушиши $U_C = 2U_R$ ва индуктивликдаги кучланишнинг тушиши $U_L = 3U_R$ бўлса, ом қаршиликдаги кучланишнинг тушиши U_R топилсин.

V БОБ

ОПТИКА

ЁРУҒЛИК БИРЛИКЛАРИ

17-жадвалда ГОСТ 7932-56 га мувофиқ бирликларнинг Халқаро системасида ёруғлик ўлчовлари учун мўлжалланган асосий ва баъзи ҳосила бирликлар келтирилган.

17-жадвал

Катталик ва унинг белгиланиши	Бирлиكنи аниқлаш учун хизмат қилувчи тенглама	Ўлчов бирлиги	Бирлиكنинг қисқача белгиланиши	Ўлчамлиги
Асосий бирликлар				
Узунлик l . . .	—	метр	<i>м</i>	L
Вақт t	—	секунд	<i>сек</i>	T
Ёруғлик кучи I	—	шам	<i>шам</i>	I
Ҳосила бирликлар				
Ёруғлик оқими	$d\Phi = Id\omega$	люмен	<i>лм</i>	I
Ёруғлик энергияси	$dW = \Phi dt$	люмен-секунд	<i>лм·сек</i>	TI
Ёрқинлик (ёруғланиш)	$R = \frac{d\Phi}{dS}$	люмен бўлинган метр квадрат	<i>лм/м²</i>	$L^{-2}I$
Равшанлик	$B = \frac{dI}{\cos \theta \cdot dS}$	нит (шам бўлинган метр квадрат)	<i>нит</i>	$L^{-2}I$
Ёритилганлик	$E = \frac{d\Phi}{dS}$	люкс	<i>лк</i>	$L^{-2}I$
Ёритилиш миқдори	$dH_0 = Edt$	люкс-секунд	<i>лк·сек</i>	$L^{-2}TI$

Бу системада ёруғлик оқими бирлиги учун люмен (*лм*) — ёруғлик кучи 1 *шам* бўлган нуқтавий манбанинг 1 стери-диан фазовий бурчак ичида текис нурланаётган ёруғлик

оқими қабул қилинган. Шундай қилиб $1 \text{ лм} = 1 \text{ шам} \times \times 1 \text{ стер}$.

Ёритилганлик люкс билан ўлчанади. Бир люкс — 1 квадрат метрга текис тақсимланган 1 люмен ёруғлик оқими тушаётган сиртнинг ёритилганлигидир. Шундай қилиб, $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$.

Ёруғлик манбаининг ёрқинлиги ёки ёруғланиши люмен бўлишган квадрат метр билан ўлчанади. $1 \text{ лм/м}^2 = 1 \text{ м}^2$ юзни нурлантираётган 1 лм ёруғлик оқимига мувофиқ келувчи ёруғланишдир.

Равшанлик бирлиги нит (*нт*) — текис ёритилаётган яси сиртнинг равшанлиги бўлиб, бир квадрат метр сиртга тик йўналишдаги тушган бир шам ёруғлик кучига тўғри келади. Шундай қилиб, $1 \text{ нт} = 1 \text{ шам/м}^2$.

Масалалар ечишга доир мисоллар

1- масала. Ёруғлик кучи 1000 шам бўлган электр лампочкасининг спирали 20 см диаметрли хира сферик колба ичига олинган. 1) Бу ёруғлик манбаи нурлантирган ёруғлик оқими, 2) бу ёруғлик манбаининг ёруғланишлиги ва равшанлиги, 3) бу ёруғлик манбаи нурлантирган ёруғлик оқимининг 10% тушадиган экраннинг ёритилганлиги, ёрқинлиги ва равшанлиги топилсин. Экран сиртининг ёруғлик қайтариш коэффициенти $\rho = 0,8$. Экран юзи $0,25 \text{ м}^2$. Экран сирти ёруғликни Ламберт қонуни бўйича сочади деб ҳисоблансин.

Ечилиши. 1) Ёруғлик манбаининг ҳамма томонига нурланадиган ёруғлик оқими Φ бу манбаининг ёруғлик кучи I билан

$$\Phi = 4\pi I$$

муносабатда боғланган. Бизда $I = 10^3$ шам, бинобарин, $\Phi = 1,26 \times 10^4 \text{ лм}$. 2) Ёруғлик манбаининг ёрқинлиги

$$R = \frac{\Phi}{S} = \frac{4\pi I}{4\pi r^2} = \frac{I}{r^2},$$

бунда r — сферик колба радиуси. Сон қийматларини ўрнига қўйсақ,

$$R = \frac{1000}{(0,1)^2} = 10^6 \text{ лм/м}^2.$$

Ёруғлик манбаининг равшанлиги

$$B = \frac{I}{\Delta S'}$$

бунда $\Delta S'$ — ёритиш сиртининг кўринадиган юзи. Бизда $\Delta S' = \pi r^2$, бунда r — колба радиуси, u ҳолда

$$B = \frac{I}{\pi r^2} = \frac{1000}{\pi (0,1)^2} = 3,18 \cdot 10^4 \text{ нт.}$$

3) Шартга кўра экранга $\Phi_1 = 0,1 \Phi = 1,26 \cdot 10^3$ лм ёруғлик оқими тушади. Унда экраннинг ёритилганлиги

$$E = \frac{\Phi_1}{S_1} = \frac{1,26 \cdot 10^3}{0,25} \text{ лм/м}^2 \cong 5 \cdot 10^3 \text{ лм.}$$

Экраннинг ёрқинлиги

$$R = \rho \frac{\Phi_1}{S_1} = \rho E = 0,8 \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ лм/м}^2 = 4 \cdot 10^3 \text{ лм/м}^2.$$

Экраннинг равшанлиги

$$B = \frac{R}{\pi} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ нт.}$$

2- масала. Абсолют қора жисм 1000°К ўзгармас температурада сақланади. Жисмнинг сирти 250 см^2 . Мазкур жисмнинг нурланиш қуввати топилсин.

Ечилиши. Стефан — Больцман қонунига кўра энергетик ёрқинлик, яъни абсолют қора жисм сирти бирлигининг 1 сек да нурланиш энергияси

$$R_s = \sigma T^4,$$

нурланадиган бутун энергия

$$W = S \tau R_s = S \tau \sigma T^4,$$

бунда S — абсолют қора жисм сирти, τ — нурланиш вақти, σ — Стефан — Больцман доимийси ва T — жисм температураси, Кельвин градусларида. Нурланиш қуввати

$$P = \frac{W}{\tau} = S \sigma T^4.$$

Бизда $S = 250 \text{ см}^2 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ вт/м}^2 \times \text{град}^4$ ва $T = 1000^\circ\text{К}$. Бу қийматларни ўрнига қўйсақ, $P = 1,42 \cdot 10^3 \text{ вт} = 1,42 \text{ кет}$ бўлади.

15- §. Геометрик оптика ва фотометрия

Сферик кўзгу учун оптик куч D қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{2}{R} = \frac{1}{F} = D,$$

бунда a_1, a_2 — буюмдан ва тасвирдан кўзгугача бўлган масофа, R — кўзгунинг эгрилик радиуси ва F — кўзгунинг фокус масофаси.

Кўзгудан чиққан нур бўйича ҳисобланадиган масофа мусбат, нурга тескари — манфий ҳисобланади. Агар F метрда ифодаланса, унда D диоптрийда ифодланади.

Нур бир муҳитдан иккинчи муҳитга ўтаётганида ёругликнинг синиш қонуни рўй беради:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n = \frac{v_1}{v_2},$$

бунда i — тушиш бурчаги, r — синиш бурчаги, n — иккинчи муҳитнинг биринчи муҳитга нисбатан синдириш кўрсаткичи, v_1 ва v_2 — ёругликнинг биринчи ва иккинчи муҳитлардаги тарқалиш тезлиги.

Бир жиисли муҳитга жойлаштирилган юпқа линза учун оптик куч D қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$-\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{F} = D,$$

бунда a_1, a_2 — буюмдан ва тасвирдан линзагача бўлган масофа, n — линза материалнинг нисбий синдириш кўрсаткичи, R_1 ва R_2 — линзаларнинг эгрилик радиуслари. Линзалар учун ишоралар қондаси кўзгуларники сингаридир. Битта қилиб қўшилган икки юпқа линзанинг оптик кучи қуйидагига тенг:

$$D = D_1 + D_2,$$

бунда D_1 ва D_2 — линзаларнинг оптик кучлари.

Кўзгулар ва линзалардаги кўндаланг катталаштириш

$$k = \frac{y'}{y} = \frac{a_2}{a_1}$$

формула билан аниқланади; бунда y — буюмнинг баландлиги ва y' — тасвирнинг баландлиги.

Лупанинг катталаштириши

$$k = \frac{L}{F},$$

бунда L — энг яхши кўриш масофаси ва F — лупанинг бош фокус масофаси.

Микроскопнинг катталаштириши

$$k = LdD_1D_2,$$

бунда L — энг яхши кўриш масофаси, d — объектив билан окуляр фокуслари ўртасидаги масофа, D_1 ва D_2 — объектив билан окулярининг оптик кучлари.

Телескопнинг катталаштириши

$$k = \frac{F_1}{F_2},$$

бунда F_1 — объективнинг фокус масофаси ва F_2 — окулярининг фокус масофаси.

Ёруғлик оқими Φ ёруғлик тўлқинларининг мазкур юздан вақт бирлигида олиб ўтган энергияси билан аниқланади:

$$\Phi = \frac{dW}{dt}.$$

Ёруғлик кучи I сон жиҳатидан фазовий бурчак бирлигига тўғри келадиган ёруғлик оқими катталигига тенг:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}.$$

Ёритилганлик E юз бирлигига тўғри келадиган ёруғлик оқими катталиги билан характерланади:

$$E = \frac{d\Phi}{dS}.$$

I ёруғлик кучига эга бўлган нуқтавий манба ундан r масофадаги юзда

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}$$

ёритилганлик вужудга келтиради; бунда α — нурнинг тушиш бурчаги.

R ёрқинлик сон жиҳатдан ёритилаётган жисм юз бирлигидан чиқаётган ёруғлик оқимига тенг:

$$R = \frac{d\Phi}{dS}.$$

Агар жисмнинг ёрқинлиги унинг ёритилганлиги билан ифодаланса, $R = \rho E$, бундаги ρ — сочилиш (қайтиш) коэффициентлари.

Ёритилувчи юзнинг равшанлиги B деб нур тушадиган юз элементи ёруғлик кучининг бу элементнинг кузатиш йўналишига (яъни элементнинг кўз кўринадиган сиртига) перпендикуляр текисликка тушган проекцияси юзига бўлган нисбатига сон жиҳатдан баравар бўлган катталиқка айтилади:

$$B = \frac{dI}{dS \cos \theta},$$

бунда θ — сирт элементига ўтказилган нормал билан кузатиш йўналиши ўртасидаги бурчак.

Агар жисм Ламберт қонунини бўйича нур сочса, яъни равшанлик йўналишига боғлиқ бўлмаса, ёрқинлик R билан равшанлик B

$$R = \pi B$$

муносабатда бўлади.

15.1. Горизонтал ёруғлик нури вертикал жойлашган кўзгуга тушади. Кўзгу ўз ўқи атрофида α бурчакка бурилади. Қайтган нур қанча бурчакка бурилади?

15.2. Ботиқ сферик кўзгунинг эгрилик радиуси 20 см. Кўзгудан 30 см узоқликда баландлиги 1 см бўлган буюм қўйилган. Тасвирнинг вазияти ва баландлиги топилсин. Чизмаси берилсин.

15.3. Агар буюм эгрилик радиуси 40 см бўлган қавариқ сферик кўзгудан 30 см узоқликка жойлаштирилган бўлса, кўзгудаги буюмнинг тасвири қандай масофада ҳосил бўлади? Буюм 2 см катталиқда бўлса, тасвирнинг катталиги қандай бўлади? Ҳисоблаш миллиметрли қоғозда график йўл билан текширилсин.

15.4. Қавариқ сферик кўзгунинг эгрилик радиуси 60 см. Кўзгудан 10 см узоқликда баландлиги 2 см келадиган буюм қўйилган. Тасвирнинг вазияти ва баландлиги топилсин. Чизмаси берилсин.

15.5. Эгрилик радиуси 40 см бўлган ботиқ сферик кўзгуда натурал катталигининг ярмича келадиган ҳақиқий тасвир олинмоқчи. Буюمنى қаерга қўйиш керак ва тасвир қаерда олинади?

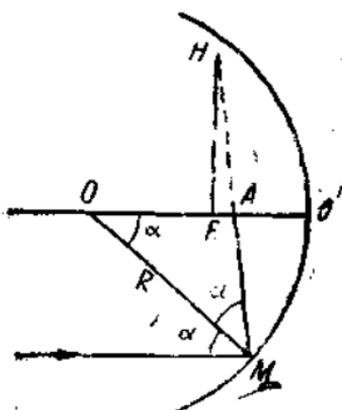
15.6. Буюмнинг ботиқ сферик кўзгудаги тасвири унинг ўз катталигидан икки марта катта. Буюм билан тасвир ўртасидаги масофа 15 см. Кўзгунинг: 1) фокус масофаси ва 2) оптик кучи аниқлансин.

15.7. Ботиқ сферик кўзгу олдига унинг бош оптик ўқиға бу ўққа тик ҳолда ёниб турган шам ўрнатилган. Шам билан кўзгу чўққиси орасидаги масофа $\frac{4}{3}F$ га тенг.

Ботиқ кўзгудаги шамнинг тасвири фокус масофаси $F_1 = -2F$ бўлган қавариқ кўзгуга тушади. Кўзгудар ўртасидаги масофа $3F$ га тенг бўлиб, уларнинг ўқлари бир тўғри чизиқда ётади. Биринчи кўзгудаги шамнинг тасвири иккинчи кўзгуга нисбатан мавҳум буюм ролини ўйшаб, иккала кўзгу ўртасида жойлашган ҳақиқий тасвири беради. Шу тасвир чизилсин ва системанинг умумий чизиқли катталаштирилиши ҳисоблаб чиқарилсин.

15.8. Эгрилик радиуси 16 м га тенг сферик рефлекторда олинadиган Қуёшнинг тасвири қаерда ва қандай катталикда бўлади?

15.9. Агар сферик кўзгуга кенг ёруғлик дастаси (даста эли α бурчаги билан белгиланади, 62- расм) тушаётган



62- расм.

бўлса, оптик ўққа параллел келувчи ва кўзгунинг четига тушувчи нур кўзгудан қайтганидан кейин оптик ўқни фокусда эмас, балки фокусдан муайян AF масофада кесиб ўтади. AF масофа бўйлама сферик абберация деб аталади. FH масофа кўндаланг сферик абберация дейилади. Бўйлама ва кўндаланг абберация катталиклари α катталиги билан ва сферик кўзгунинг радиуси билан боғловчи формула келтириб чиқарилсин.

15.10. Тешигининг диаметри 40 см бўлган ботиқ сфе-

рик күзгунинг эгрилик радиуси 60 см. Бош ўққа параллел бўлган четки нурларнинг бўйлама ва кўндаланг сферик абберациялари топилсин.

15.11. Фокус масофаси 20 см ботиқ сферик күзгу берилган. Бўйлама сферик абберация фокус масофасининг кўпи билан 2% ини ташкил этиши учун буюм оптик ўқдан қандай h энг узоқ масофада туриши керак?

15.12. Ёруғлик нури ясси-параллел шиша пластинкага 30° бурчак билан тушиб, ундан дастлабки нурга параллел ҳолда чиқади. Шишанинг синдириш кўрсаткичи 1,5. Агар нурлар ўртасидаги масофа 1,94 см бўлса, пластинканинг d қалинлиги қанча?

15.13. Ясси-параллел сиртли қалинлиги 1 см шиша пластинкага (шишанинг синдириш кўрсаткичи 1,73) 60° бурчак билан нур тушиб, унинг бир қисми қайтади, иккинчи қисми эса синиб, шиша орасига ўтади; бу қисм пластинканинг остки сиртидан қайтади ва иккинчи марта синиб, яна ҳавога биринчи қайтган нурга параллел ҳолда чиқади. Нурлар ўртасидаги l масофа топилсин.

15.14. Ёруғлик нури синдириш кўрсаткичи n бўлган жисмга i бурчак билан тушади. Қайтган нур синган нурга перпендикуляр бўлиши учун i ва n ўзаро қандай боғланиши керак?

15.15. Шишанинг синдириш кўрсаткичи 1,52. 1) шиша — ҳаво, 2) сув — ҳаво, 3) шиша — сув бўлиниш сиртлари учун тўлиқ ички қайтишнинг лимит бурчаклари топилсин.

15.16. Сувга шўнғиган киши ботиб бораётган Қуёшни қайси йўналишда кўради?

15.17. Ёруғлик нури скипидардан ҳавога чиқмоқда. Бу нур учун тўла ички қайтишнинг лимит бурчаги $42^\circ 23'$. Скипидардаги ёруғликнинг тарқалиш тезлиги қанча?

15.18. Сув тўлдирилган стақан устига қалин шиша пластинка қўйилган. Сув билан шишанинг бўлиниш сиртидан тўла ички қайтиш рўй бериши учун ёруғлик нури пластинкага қандай бурчак билан тушиши керак? Шишанинг синдириш кўрсаткичи 1,5.

15.19. 10 см баландликка қадар сув билан тўлдирилган идишнинг тубига нуқтавий ёруғлик манбаи жойлаштирилган. Сув устида тиниқ бўлмаган доиравий пластинка маркази ёруғлик манбаи устида турадиган ҳолда сузиб

ботиқ линза (манфий мениск) $R_1 = 25$ см, $R_2 = 15$ см. Линза материалининг синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$.

15. 33. Бир шишанинг синдириш кўрсаткичи 1,5, иккинчисиники 1,7. Иккала шишадан шакли бир хилда бўлган иккита бир хил икки ёқлама қавариқ линза ясалган. 1) Бу линзалар фокус масофаларининг нисбати топилсин. 2) Агар линзалар синдириш кўрсаткичи 1,6 бўлган тиниқ суюқликка ботирилса, уларнинг ҳар бири оптик ўққа параллел бўлган нурларга қандай таъсир кўрсатади?

15. 34. Икки ёқлама қавариқ линза юзларининг эгрилик радиуслари $R_1 = R_2 = 50$ см. Линза материалининг синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$. Линзанинг оптик кучини топинг.

15. 35. Оптик кучи 10 диоптрий бўлган икки ёқлама қавариқ линзадан 15 см масофада, оптик ўққа перпендикуляр қилиб баландлиги 2 см келадиган буюм қўйилган. Тасвирнинг вазияти ва баландлиги топилсин. Чизмаси чизилсин.

15. 36. Эгрилик радиуслари бир хил ва синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$ бўлган икки ёқлама қавариқ линзанинг бош фокуслари эгрилик марказларида ётishi исбот қилинсин.

15. 37. Фокус масофаси 16 см бўлган линза буюмининг оралари 60 см бўлган икки вазиятида аниқ тасвир беради. Буюмдан экрангача бўлган масофа топилсин.

15. 38. Сферик сиртлар билан чегараланган эгрилик радиуслари 12 см дан бўлган икки ёқлама қавариқ линза буюм билан экран ўртасида шундай масофага қўйилганки, экрандаги тасвир буюмдан k марта катта чиққан. Агар 1) $k = 1$, 2) $k = 20$ ва 3) $k = 0,2$ бўлса, буюмдан экрангача бўлган масофа аниқлансин. Линза материалининг синдириш кўрсаткичи 1,5.

15. 39. Буидан олдинги масаладаги линза сувга ботирилган. Унинг фокус масофаси топилсин.

15. 40. Олдинги масала линза углерод сульфидга ботирилган ҳол учун ечилсин.

15. 41. Линзанинг ҳаводаги фокус масофаси 20 см бўлса, линза сувга ботирилгандаги фокус масофасини топинг. Линза ясалган шишанинг синдириш кўрсаткичи 1,6.

15. 42. Эгрилик радиуси 30 см ва синдириш кўрсаткичи 1,5 бўлган ясси-қавариқ линза буюм тасвирига икки

баробар катталаштиради. Буюм ва тасвирдан линзагача бўлган масофа топилсин. Чизмаси чизилсин.

15.43. Эгрилик радиуслари бирдай, $|R_1| = |R_2| = 8$ см бўлган флинтгласдан қилинган икки ёқлама қавариқ линзанинг бўйлама хроматик абберацияси топилсин. Флинтгласнинг қизил нур ($\lambda_1 = 7,6 \cdot 10^{-6}$ см) учун синдириш кўрсаткичи 1,5 ва бинафша нур ($\lambda_2 = 4,3 \cdot 10^{-6}$ см) учун синдириш кўрсаткичи 1,8.

15.44. Олдинги масалэдаги линзанинг оптик ўқида, линзадан 40 см масофада нур чиқадиган нуқта бор. Агар бу нуқтадан тўлқин узунлиги 1) $\lambda_1 = 7,6 \cdot 10^{-6}$ см ва 2) $\lambda_2 = 4,3 \cdot 10^{-6}$ см бўлган монохроматик ёруғлик чиқаётган бўлса, мазкур нуқтанинг тасвир вазияти топилсин.

15.45. Икки ёқлама қавариқ линзанинг фокал текислигида ясси кўзгу жойлаштирилган. Буюм линза олдида, фокус билан иккиланган фокус масофа ўртасида туради. Буюм тасвири чизилсин.

15.46. Фокус масофаси 2 см га тенг лупанинг: 1) энг аниқ кўриш узоқлиги 25 см бўлган нормал кўз учун ва 2) энг аниқ кўриш узоқлиги 15 см бўлган яқинни кўрар кўз учун катталаштириши топилсин.

15.47. Лупа нормал кўз учун $k = 10$ марта катталаштириши учун лупани чегараловчи сиртларининг эгрилик радиуслари ($|R_1| = |R_2|$) қанчага тенг бўлиши керак? Лупа ясалган шишанинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$.

15.48. Фокус масофаси 50 см бўлган узоқини кўриш трубаси чексизликни кўрадиган қилиб қўйилган. Труба окуляри бирмунча сурилгандан кейин объективдан 50 м узоқлаштирилган буюмлар равшан кўрина бошлаган. Тўғрилаш пайтида окуляр қанча масофага сурилган?

15.49. Микроскоп объективининг фокус масофаси 2 мм, окулярининг фокус масофаси эса 40 мм. Объектив фокуси билан окуляр фокуси ўртасидаги масофа 18 см. Микроскопнинг катталаштириши топилсин.

15.50. Юзи 2×2 м бўлган сурат ундан 4,5 м узоқликка қўйилган фотоаппарат билан суратга олинмоқда. Тасвир 5×5 см ўлчамда ҳосил бўлган, аппарат объективининг фокус масофаси қанча бўлган? Суратдан объективгача бўлган масофани объективнинг фокус масофасига нисбатан катта деб ҳисобласин.

15.51. Телескоп фокус масофаси 150 см бўлган объектив ва фокус масофаси 10 см бўлган окулярга эга. Агар тўлин Ой қуролланмаган кўзга 31' бурчак билан кўринса, мазкур телескопдан қандай кўриш бурчаги билан кўринади?

15.52. Диаметри $D = 9$ см ва фокус масофаси $F = 50$ см бўлган икки ёқлама қавариқ линза ёрдами билан Қуёшнинг тасвири экранга туширилади. 1) Агар қуёшнинг бурчак диаметри 32' бўлса, унинг тасвири қандай катталиқда олинади? 2) Қуёш тасвири ҳосил қиладиган ёритилиш бевосита Қуёшнинг ўзи берадиган ёритилишдан неча баравар кўп бўлади?

15.53. 200 шамли электр лампочкасининг ёруғлиги иш жойига 45° бурчак билан тушиб, 141 лк ёритади. 1) Лампочка иш жойидан қанча масофада турганлиги ва 2) лампочка иш жойидан қанча баландликда осилиб турганлиги топилсин.

15.54. Шипга осиб қўйилган лампочка горизонтал йўналишида 60 шам ёруғлик кучи беради. Агар лампочкадан 2 м масофада деворда катта кўзгу турган бўлса, қарама-қарши томондаги ва лампочкадан 2 м масофада деворга вертикал осиб қўйилган юзи $0,5$ м² бўлган суратга қандай ёруғлик оқими тушади?

15.55. Катта чизма дастлаб бутунлигича, сўнгра унинг айрим деталлари натурал катталиқда суратга олинган. Деталларни суратга олишда экспозиция вақтини неча баробар орттириш керак?

15.56. 21 март баҳорги тенг кунликда Қуёш Шимоллий Ер шарида тушда горизонтга нисбатан 10° бурчак билан туради. Вертикал қўйилган майдончанинг ёритилганлиги горизонтал майдончанинг ёритилганлигидан неча баравар катта бўлади?

15.57. Баҳорги ва кузги тенг кунликда тушда Қуёш экваторда зенитда туради. Бу вақт экваторда Ер сиртининг ёритилганлиги Ленинграддаги Ер сиртининг ёритилганлигидан неча марта кўп бўлади? Ленинграднинг кенглиги 60° .

15.58. Юзи 25 м² келадиган квадрат хонанинг марказида лампочка осилган. Лампочкани нуқтавий ёруғлик манбаи деб ҳисоблаб, хона бурчакларидаги ёритилганлик энг кўп бўлиши учун лампочка полдан қанча баландликда туриши керак?

15.59. Диаметри 2 м келадиган думалоқ стол маркази устида ёруғлик кучи 100 шам га тенг лампочка осилган. Лампочкани нуқтавий ёруғлик манбаи деб, уни секин-аста кўтараётганда стол четлари ёритилганлигининг ўзгариши ҳисоблаб чиқилсин. Ёритилганликни 10 см ораликда $0,5 \leq h \leq 0,9$ м интервал учун ҳисобланг. $E = f(h)$ графигини чизинг.

15.60. Диаметри 1,2 м бўлган думалоқ столнинг марказига, унинг сиртидан 40 см баландликда бир лампочкали стол лампаси қўйилган. Стол марказининг устида, унинг сиртидан 2 м баландликда тўртта шундай лампочкалардан иборат люстра осилган. Қайси ҳолда стол қирраларининг ёритилганлиги ортади (ва неча барабар): стол лампаси ёнгандами ёки люстра ёнгандами?

15.61. Буюмни фотосурати олинаётганда у ўзидан 2 м масофада жойлашган электр лампаси билан ёритилади. Шу лампани буюмдан 3 м масофага сурилса, экспозиция вақтини неча марта орттириш керак бўлади?

15.62. Нормал тушаётган қуёш нурларидан Ер сиртининг ёритилганлиги топилсин. Қуёшнинг равшанлиги $1,2 \times 10^9$ нт.

15.63. Ёруғлик кучи 100 шам келадиган электр лампочкасининг спираль сими, диаметри: 1) 5 см ва 2) 10 см бўлган хира сферик колба ичига жойлаштирилган. Иккала ҳолда ҳам лампочканиннг ёрқинлиги ва равшанлиги топилсин. Колба қобиғидаги ёруғлик исрофи ҳисобга олинмасин.

15.64. Нур сочувчи жисм сифатида хизмат қилувчи диаметри 3 мм чўлганган шарчали лампа 85 шам ёруғлик кучи беради. Агар лампаниннг сферик колбаси: 1) тиниқ шишадан, 2) хира шишадан ясалган бўлса, шу лампаниннг равшанлиги топилсин. Қолбаниннг диаметри 6 см.

15.65. Ёруғлик нормал тушаётганида олдинги масаладаги лампа 5 м масофада қандай ёритилганлик беради?

15.66. Катталиги 20×30 см оқ қоғоз сиртига нормал ҳолда 120 лм ёруғлик оқими тушади. Агар сочилиш коэффициенти $\rho = 0,75$ бўлса, қоғоз варағининг ёритилганлиги, равшанлиги ва ёрқинлиги топилсин.

15.67. Қоғоз варағининг равшанлиги 10^4 нт га тенг бўлиши учун олдинги масаладаги қоғоз варағининг ёритилганлиги қандай бўлиши керак?

15.68. Ұлчами 10×30 см қоғоз варағи 100 шам ёруғлик кучига эга бўлган лампочка билан ёритилади, чунончи унга лампочкадан бутун ёруғликнинг 0,5 проценти тушади. Шу қоғоз варағининг ёритилганлиги топилсин.

15.69. 100 шам электр лампочкаси ҳамма томонга ҳар минутда 122 ж ёруғлик энергияси тарқатади. Агар лампочка 100 вт қувват истеъмол қилса, 1) ёруғликнинг механик эквиваленти, 2) ёруғлик бериш фойдали иш коэффициенти топилсин.

16- §. Тўлқин оптикиси

Допплер принципига кўра қайд қилувчи асбоб қабул қиладиган ёруғлик частотаси ν' ёруғлик манбаи юборадиган ν частота билан қуйидаги муносабатда боғланган:

$$\nu' = \nu \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}}$$

бунда v — қайд қилувчи асбобнинг манбага нисбатан нисбий тезлиги, c — ёруғлик тарқалиш тезлиги. v нинг мусбат қиймати ёруғлик манбаининг узоқлашишига тўғри келади. $v \ll c$ да олдинги формулаи тахминан қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\nu' \cong \nu \frac{1}{1 + \frac{v}{c}}$$

Экрандаги икки когерент ёруғлик манбаларига параллел жойлашган интерференция йўллари ўртасидаги масофа

$$\Delta y = \frac{L}{d} \lambda,$$

бу ерда λ — ёруғликнинг тўлқин узунлиги, L — бир-биридан d масофада турган ёруғлик манбаларидан экрангача бўлган масофа; буида $L \gg d$ деб ҳисобланади.

Ясси-параллел пластинкалардаги (ўтувчи ёруғликда) ёруғлик интерференциясининг натижаси қуйидаги формулалар билан аниқланади:

ёруғликнинг кучайиши

$$2hn \cos r = 2k \frac{\lambda}{2} \quad (k = 0, 1, 2, \dots);$$

ёруғликнинг сусайиши

$$2hn \cos r = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (k = 0, 1, 2, \dots),$$

бунда h — пластинканинг қаллиғи, n — синдириш кўрсаткичи, r — нурнинг синиш бурчаги, λ — ёруғликнинг тўлқин узунлиги.

Қайтган ёруғликда ёруғликнинг кучайиш ёки сусайиш шарти ўтувчи ёруғликдаги шартларга тескари.

Ньютоннинг ёруғ ҳалқалари радиуслари (ўтувчи ёруғликда)

$$r_k = \sqrt{kR\lambda} \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

ва қоронғи ҳалқалари радиуслари

$$r_k = \sqrt{(2k-1)R\frac{\lambda}{2}} \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

формулалари билан аниқланади, бунда R — линзанинг эг-рилик радиуси.

Қайтган ёруғликда ёруғ ва қоронғи ҳалқаларнинг жойлашуви уларнинг ўтувчи ёруғликдагисига қараганда тескари бўлади.

Параллел нурлар дастаси нормал тушганда тирқиш дифракциясида ёритилганлик минимумларининг вазияти қуйидаги шарт билан аниқланади:

$$a \sin \varphi = \pm k\lambda \quad (k = 1, 2, 3, \dots),$$

бунда a — тирқишнинг эни, φ — дифракция бурчаги ва λ — тушаётган ёруғлик тўлқинининг узунлиги.

Дифракцион панжарада ёруғлик максимумлари панжарага туширилган нормал билан ташқил этувчи орасидаги бурчак φ қуйидаги муносабатин қаноатлантирадиган йўналишларда (ёруғлик панжарага тик тушганида) кузатилади:

$$d \sin \varphi = \pm k\lambda \quad (k = 0, 1, 2, \dots),$$

бунда d — панжара доимийси, φ — дифракция бурчаги, λ — тўлқин узунлиги ва k — спектр тартиби.

Панжара доимийси ёки даври $d = \frac{1}{N_0}$, бунда N_0 — панжаранинг узунлик бирлигига тўғри келадиган панжара тирқишлари сони.

Дифракцион панжаранинг ажрата олиш қобилияти

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN$$

формула билан аниқланилади, буида N — панжара тирқишларининг умумий сони, k — спектр тартиби, λ ва $\lambda + \Delta\lambda$ — панжарада ажратиладиган бир-бирига яқин икки спектрал чизиқларнинг тўлқин узунликлари.

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda}$$

катталиқ дифракцион панжаранинг бурчак дисперсияси деб аталади.

Сон жиҳатдан

$$D_1 = FD$$

га тенг катталиқ дифракцион панжаранинг чизиқли дисперсияси деб аталади; бунда F — экранга спектр проекциясини тушираётган линзанинг фокус масофаси.

Табиий ёруғлик диэлектрик кўзгудан қайтганида Френель формуласи ўринли бўлади:

$$I_{\perp} = 0,5I_0 \left[\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)} \right]^2$$

ва

$$I_{\parallel} = 0,5I_0 \left[\frac{\operatorname{tg}(i-r)}{\operatorname{tg}(i+r)} \right]^2$$

Бунда I_{\perp} — қайтган нурларнинг ёруғлик тушиш текислигига перпендикуляр йўналишдаги тебранишининг интенсивлиги; I_{\parallel} — қайтган нурларнинг ёруғлик тушиш текислигига параллел йўналишдаги тебранишининг интенсивлиги; I_0 — тушаётган табиий ёруғлик интенсивлиги; i — тушиш бурчаги ва r — синиш бурчаги.

Агар $i + r = 90^\circ$ бўлса, $I_{\parallel} = 0$ бўлади. Бу ҳолда диэлектрик кўзгунинг i тушиш бурчаги n синдириш кўрсаткичи билан $\operatorname{tg} i = n$ муносабатда боғланган (Брюстер қонуни).

Поляризатор ва анализатор орқали ўтувчи ёруғлик интенсивлиги қуйидагига тенг (Малюс қонуни):

$$I = I_0 \cos^2 \varphi,$$

бунда ϕ — поляризатор билан анализатор бош текисликларни ўртасидаги бурчак, I_0 — поляризатор орқали ўтган ёруғлик интенсивлиги.

16. 1. Қуёш спектри фотосуратга олинганида унинг чап ва ўнг четларидан олинган спектрлардаги ($\lambda = 5890 \text{ \AA}$) сариқ спектрал чизиқ $0,08 \text{ \AA}$ га силжиганлиги топилган. Қуёш дискининг чизиқли айланиш тезлиги топилсин.

16. 2. Агар α - заррачалар дастаси бўйлаб кузатилганида гелий чизигининг ($\lambda = 4922 \text{ \AA}$) максимал дошплер силжиши 8 \AA га тенг бўлса, гелийли разряд трубкасининг электродлари орасига қандай потенциаллар айирмаси қўйилган бўлади?

16. 3. Андромеда « ϵ » юлдузининг спектри фотосуратга олинганида титан чизиги ($\lambda = 4,954 \cdot 10^{-6} \text{ см}$) спектрининг бинафша учи томон $1,7 \text{ \AA}$ га силжиганлиги топилган. Юлдуз Ерга нисбатан қандай ҳаракат қилади?

16. 4. Агар яшил ёруғлик фильтрини ($\lambda = 5 \cdot 10^{-6} \text{ см}$) қизил ёруғлик фильтрига ($\lambda = 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ см}$) алмаштирилса, Юнг тажрибасида экрандаги қўшни интерференция йўллари ўртасидаги масофа печка марта ошади?

16. 5. Юнг тажрибасида тўлқин узунлиги $\lambda = 6 \cdot 10^{-6} \text{ см}$ бўлган монохроматик ёруғлик билан ёритилган тешиклар ўртасидаги масофа 1 мм ва тешикдан экрангача бўлган масофа 3 м . Учта биринчи ёруғ йўллариининг вазияти топилсин.

16. 6. Френель кўзгулари билан қилинган тажрибада ёруғлик манбаининг мавҳум тасвирлари ўртасидаги масофа $0,5 \text{ мм}$ га, экрангача бўлган масофа 5 м га тенг бўлган. Яшил ёруғликда бир-бирларидан 5 мм масофада интерференция йўллари ҳосил бўлган. Яшил ёруғликнинг тўлқин узунлиги топилсин.

16. 7. Юнг тажрибасида юпқа шиша пластинка интерференцияланаётган нурлардан бирининг йўлига жойлаштирилган, шу сабабли марказий ёруғ йўл (марказий йўл ҳисобга олинмаганда) дастлабки бешинчи ёруғ йўл эгаллаган вазиятга силжиган. Нур пластинкага перпендикуляр тушади. Пластинканинг синдириш кўрсаткичи $1,5$. Тўлқин узунлиги $6 \cdot 10^{-7} \text{ см}$. Пластинканинг қалинлиги қанча?

16. 8. Юнг тажрибасида қалинлиги 2 см шиша пластинка интерференцияланаётган нурлардан бирининг йўлига перпендикуляр жойлаштирилган. Бундай турли живслилик туфайли юриш фарқининг ўзгариши 1 мкм дан ошиб кетмаслиги учун пластинканинг турли жойларида сиңдириш кўрсаткичининг қиймати бир-бирларидан қанчалик фарқ қилиши мумкин?

16. 9. Совун пуфагига ($n = 1,33$) 45° бурчак билан оқ ёруғлик тушмоқда. Пуфак пардаси қанчалик юққа бўлганида қайтган нурлар сариқ рангга ($\lambda = 6 \cdot 10^{-8}$ см) бўялади?

16. 10. Вертикал жойлашган совун пардаси суюқликнинг оқиши туфайли пона ҳосил қилади. Симоб ёйининг ($\lambda = 5461 \text{ \AA}$) қайтган ёруғлигидаги интерференция йўллари кизатар эканмиз, бешта йўл ўртасидаги масофа 2 см га барабар эканлигини топамиз. Пона бурчаги секунд ҳисобида топилсин. Ёруғлик парда сиртига перпендикуляр тушади. Совунли сувнинг сиңдириш кўрсаткичи 1,33.

16. 11. Вертикал жойлашган совун пардаси пона ҳосил қилади. Интерференция қайтган ёруғликда қизил шиша ($\lambda = 6,31 \cdot 10^{-6}$ см) орқали кузатилмоқда. Бунда қўшни қизил йўллар ўртасидаги масофа 3 мм га тенг. Сўнгра шу парда кўк шиша ($\lambda = 4 \cdot 10^{-6}$ см) орқали кузатилади. Қўшни кўк йўллар ўртасидаги масофа топилсин. Ўлчаш вақтида парданинг қалинлиги ўзгармайди ва ёруғлик пардага нормал тушади деб ҳисоблансин.

16. 12. Шиша понага ёруғлик дастаси ($\lambda = 5,82 \cdot 10^{-7}$ м) нормал тушади. Пона бурчаги 20° . Пона узунлик бирлигига нечта қора интерференция йўллари тўғри келади? Шишанинг сиңдириш кўрсаткичи 1,5.

16. 13. Ньютон ҳалқаларини ҳосил қиладиган қурилма монохроматик ёруғлик билан ёритилмоқда. Кузатиш қайтган ёруғликда олиб борилмоқда. Икки қўшни қора ҳалқаларнинг радиуслари мос ҳолда 4,0 мм ва 4,38 мм. Линзанинг эгрилик радиуси 6,4 м. Ҳалқаларнинг тартиб номерлари ва тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлиги топилсин.

16. 14. Ньютон ҳалқаси ясси шиша билан эгрилик радиуси 8,6 м бўлган линза ўртасида ҳосил қилинган. Монохроматик ёруғлик нормал тушади. Марказий қоронғи ҳалқани полинчи деб ҳисоблаб, тўртинчи қоронғи ҳалқа-

нинг диаметри 9 мм га тенглиги аниқланган. Тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлиги топилсин.

16.15. Ньютон ҳалқаси ҳосил қилинадиган қурилма нормал тушаётган оқ ёруғлик билан ёритилмоқда. 1) Тўртинчи кўк ҳалқа ($\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-6}$ см) ва 2) учинчи қизил ҳалқа ($\lambda_2 = 6,3 \cdot 10^{-6}$ см) радиуслари топилсин. Кузатиш ўтувчи ёруғликда олиб борилади. Линзанинг эгрилик радиуси 5 м.

16.16. Бешинчи ва йигирма бешинчи ёруғ Ньютон ҳалқалари ўртасидаги масофа 9 мм га тенг. Линзанинг эгрилик радиуси 15 м. Қурилмага нормал тушаётган монохроматик ёруғликнинг тўлқин узунлиги топилсин. Кузатиш қайтган ёруғликда олиб борилади.

16.17. Агар иккинчи ва йигирманчи қоронғи Ньютон ҳалқалари ўртасидаги масофа 4,8 мм бўлса, учинчи ва ўн олтинчи қоронғи ҳалқалар ўртасидаги масофа қанчага тенг? Кузатиш қайтган ёруғликда олиб борилади.

16.18. Ньютон ҳалқаларини ҳосил қиладиган қурилма симоб ёйининг нормал тушаётган ёруғлиги билан ёритилади.

Кузатиш ўтувчи ёруғликда олиб борилади. $\lambda_1 = 5791 \text{ \AA}$ га мувофиқ келувчи қайси навбатдаги ёруғ ҳалқа $\lambda_2 = 5770 \text{ \AA}$ чизигига мувофиқ келувчи кейинги ёруғ ҳалқа билан мос келади?

16.19. Ньютон ҳалқалари кузатиладиган қурилмада линза билан шиша пластинка ўртасидаги бўшлиқ суюқлик билан тўлдирилган. Агар учинчи ёруғ ҳалқа радиуси 3,65 мм га тенг бўлиб чиқса, суюқликнинг синдириш кўрсаткичи аниқлансин. Кузатиш ўтувчи ёруғликда олиб борилади. Линзанинг эгрилик радиуси 10 м. Ёруғликнинг тўлқин узунлиги $5,89 \cdot 10^{-6}$ см.

16.20. Ньютон ҳалқалари кузатиладиган қурилма тўлқин узунлиги 0,6 мкм бўлган нормал тушаётган монохроматик ёруғлик билан ёритилмоқда. Қайтган ёруғликда тўртинчи қоронғи ҳалқа кузатиладиган жойдаги линза билан шиша пластинка ўртасидаги ҳаво қатламнинг қалинлиги топилсин.

16.21. Ньютон ҳалқалари кузатиладиган қурилма қайтган ёруғликда нормал тушувчи монохроматик ёруғлик $\lambda = 5 \cdot 10^3 \text{ \AA}$ билан ёритилади. Линза билан шиша пластинка ўртаси сувга тўлғазилган. Учинчи ёруғ ҳалқа кузатилади.

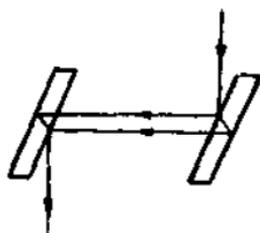
ган жойдаги линза билан пластинка ўртасидаги сув қатлами қалинлиги топилсин.

16.22. Ньютон ҳалқалари кузатиладиган қурилма қайтган ёруғликда нормал тушувчи монохроматик ёруғлик билан ёритилади. Линза билан шиша пластинка ўртасига суюқлик тўлғазилганидан кейин қора ҳалқаларнинг радиуслари 1,25 марта қисқарган. Суюқликнинг синдириш кўрсаткичи топилсин.

16.23. Майкельсон интерферометри билан қилинган тажрибада интерференция манзарасини 500 йўлга силжитиш учун кўзгуни 0,161 мм масофага силжитиш керак бўлди. Тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлигини топинг.

16.24. Аммиакнинг синдириш кўрсаткичини ўлчаш учун Майкельсон интерферометри елкаларидан бирига ҳавоси сўриб олинган, узунлиги $l = 14$ см найча жойлаштирилган. Найча оғизлари ясси-параллел шишалар билан беркитилган. Найча аммиакка тўлғазилаётганида $\lambda = 0,59$ мкм тўлқин узунлиги учун интерференция манзараси 180 йўлга силжиган; аммиакнинг синдириш кўрсаткичи топилсин.

16.25. Жамен интерферометри нурларидан бирининг йўлига ҳавоси сўриб олинган 10 см узунликдаги найча жойлаштирилган (63- расм). Найча хлор билан тўлдирилганда интерференция манзараси 131 йўлга силжиган. Бу тажрибада монохроматик ёруғлик тўлқин узунлиги $5,9 \times 10^{-6}$ см га тенг. Хлорнинг синдириш кўрсаткичи топилсин.



63- расм.

16. 26. Оқ ёруғлик дастаси $d \approx 0,40$ мкм қалинликдаги шиша пластинкага нормал ҳолда тушаётир. Шишанинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$. Қайтган дастада кўзга кўринадиган спектр ($4 \cdot 10^{-4}$ мм дан $7 \cdot 10^{-4}$ мм га) чегарасида ётувчи қайси тўлқин узунликлари кучаяди?

16. 27. Шиша объектив юзига ($n_1 = 1,5$) синдириш кўрсаткичи $n_2 = 1,2$ бўлган юпқа парда («сирланган» парда) қопланган. Кўринадиган спектр ўрта қисмида шу парда қанчалик юпқа бўлганида қайтган ёруғликнинг максимал хираланиши содир бўлади?

16.28. Монохроматик манбадан ($\lambda = 0,6$ мкм) ёруғлик думалоқ тешикли диафрагмага нормал тушади. Тешик диаметри 6 мм. Диафрагма орқасида 3 м масофада экран

жойлашган. 1) Диафрагма тешигига Френелнинг неча зонаси сигади? 2) Экранда дифракция манзарасининг маркази қандай бўлади: қоронғими ёки ёруғми?

16. 29. Агар ёруғлик манбадан тўлқин сиртгача бўлган масофа l м, тўлқин сиртдан кузатиш нуқтасигача ҳам l м ва $\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$ м бўлса, Френелнинг биринчи беш зонаси радиуслари ҳисобланилсин.

16. 30. Ясси тўлқин учун Френелнинг биринчи беш зонаси радиуслари ҳисобланилсин. Тўлқин сиртдан кузатиш нуқтасигача бўлган масофа l м. Тўлқин узунлиги $\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$ м.

16. 31. Монохроматик ёруғлик ($\lambda = 6 \cdot 10^{-6}$ см) манбадан l масофада дифракцион манзара кузатилади. Манбадан 0,5 масофада диаметри 1 см ли хира тўсиқ жойлаштирилган. Агар тўсиқ фақат Френель марказий зонасини тўсса, l масофа қанчага тенг бўлади?

16. 32. Монохроматик ёруғлик манбадан ($\lambda = 6 \cdot 10^{-7}$ см) 4 м масофада дифракция манзараси кузатилади. Экран билан ёруғлик манбаи ўртасига думалоқ тешикли диафрагма жойлаштирилган. Тешикнинг радиуси қандай бўлганида экранда кузатилаётган дифракцион ҳалқаларнинг маркази энг қоронғи бўлади?

16. 33. Думалоқ тешикли диафрагмага монохроматик ёруғликнинг ($\lambda = 6 \cdot 10^{-7}$ м) параллел дастаси нормал тушади. Экранда дифракцион манзара кузатилади. Диафрагма билан экран ўртасидаги масофа қандай катталиқда бўлганида дифракцион манзаранинг марказида қоронғироқ доғ кузатилади? Тешик диаметри 1,96 мм.

16. 34. Эни 2 мкм тирқишдан тўлқин узунлиги $\lambda = 5890 \text{ \AA}$ монохроматик ёруғлик нормал тушади. Йўналишлари бўйича ёруғлик минимумлари кузатиладиган бурчаклар топилсин.

16. 35. Эни $2 \cdot 10^{-3}$ см ли тирқишга тўлқин узунлиги $\lambda = 5 \cdot 10^{-6}$ см монохроматик ёруғликнинг параллел дастаси нормал тушади. Тирқишдан $l = 1$ м узоқлаштирилган экрандаги тирқиш тасвирининг эни топилсин. Ёритилганлик бош максимумининг иккала томони бўйлаб жойлашган биринчи дифракцион минимумлар ўртасидаги масофа тасвир эни деб ҳисоблансин.

16. 36. Тирқишга тўлқин узунлиги λ монохроматик ёруғликнинг параллел дастаси нормал тушади. Тирқиш эни

6 λ . Ёруғликнинг учинчи дифракцион минимуми қандай бурчак остида кузатилади?

16. 37. Иккинчи тартибли спектрдаги қизил чизиқни ($\lambda = 7 \cdot 10^{-7}$ м) кўрмоқ учун кўриш трубасини коллиматор ўқиға 30° бурчак билан ўрнатишға тўғри келса, дифракцион панжара донмийси нимаға тенг? Мазкур панжара узунлигининг 1 см ига қанча штрих чизилган? Панжараға ёруғлик тик тушади.

16. 38. Биринчи тартибли спектрдаги симобнинг яшил чизиги ($\lambda = 5461 \text{ \AA}$) $19^\circ 8'$ бурчак билан кузатилаётган бўлса, дифракцион панжаранинг 1 мм узунлигида неча штрих бўлади?

16. 39. Дифракцион панжараға ёруғлик дастаси нормал тушади. Биринчи тартибли спектрдаги натрий чизигининг ($\lambda = 5890 \text{ \AA}$) дифракция бурчаги $17^\circ 8'$ га тенг эканлиги топилган. Бирор чизиқ иккинчи тартибли спектрда $24^\circ 12'$ га тенг дифракция бурчагини беради. Мазкур чизиқнинг тўлқин узунлиги ва панжаранинг 1 мм даги штрихлар сони топилсин.

16. 40. Дифракцион панжараға разряд трубкасида ёруғлик дастаси нормал тушади. $\varphi = 41^\circ$ йўналишда $\lambda_1 = 6563 \text{ \AA}$ ва $\lambda_2 = 4102 \text{ \AA}$ икки спектр чизиги бир тўғри чизиқда ётиши учун дифракцион панжара донмийси нимаға тенг бўлиши керак?

16. 41. Дифракцион панжараға ёруғлик дастаси нормал тушади. Гониометрни бирор φ бурчакка бурганда $\lambda = 4,4 \cdot 10^{-4}$ мм чизиги учинчи тартибли спектрда кўзга чалинади. Кўринадиган спектр соҳасида ($4 \cdot 10^{-4}$ дан 7×10^{-4} мм гача) ётувчи тўлқин узунликларига мос келувчи бирон бошқа хил спектрал чизиқлар шу φ бурчак билан кўринадими?

16. 42. Гелий билан тўлдирилган разряд трубкасида ёруғлик дастаси дифракцион панжараға нормал тушади. Иккинчи тартибли спектрдаги гелий чизиги ($\lambda = 6,7 \cdot 10^{-6}$ см) учинчи тартибли спектрдаги қайси чизиқ устиға тушади?

16. 43. Гелий билан тўлдирилган разряд трубкасида чикқан ёруғлик дифракцион панжараға нормал тушади. Дастлаб кўриш трубаси биринчи тартибли спектрдаги марказий йўлнинг иккала томонидаги бинафша чизиқларға

($r = 3,89 \cdot 10^{-8}$ см) қаратиб ўрнатилганда, ноль чизиғидан ўшга томон лимб бўйича ҳисоблаш $27^{\circ}33'$ ва $36^{\circ}27'$ ни берди. Шундан сўнг кўриш трубаси биринчи тартибли спектрдаги марказий йўлнинг иккала томонидаги қизил чизиқларга қаратилиб, ноль чизиғидан ўшга томон лимб бўйича ҳисоблаш $23^{\circ}45'$ ва $40^{\circ}6'$ ни берди. Гелий спектрининг қизил чизиғи тўлқин узунлиги топилсин.

16. 44. Агар дифракцион панжара доимийси 2 мм га тенг бўлса, натрий сариқ чизиғининг ($\lambda = 5890\text{Å}$) энг катта спектр тартиби топилсин.

16. 45. Дифракцион панжарага монохроматик ёруғлик дастаси нормал тушади. Учинчи тартибли максимум перманга $30^{\circ}48'$ бурчак билан кузатилади. Тушаётган ёруғлик тўлқин узунликларида ифодаланган панжара доимийсини топинг.

16. 46. Олдинги масаладаги дифракцион панжара қанча максимум беради?

16. 47. Дифракцион панжарали голиометрнинг кўриш трубаси коллиматор ўқига 20° бурчак билан қўйилган. Бунда трубанинг кўриш соҳасида гелий спектрининг қизил чизиғи ($\lambda_1 = 6680\text{Å}$) кўрилади. Шу бурчак билан ундан юқори тартибдаги кўк гелий чизиғи ($\lambda_2 = 4470\text{Å}$) ҳам кўрилиши пайқалган бўлса, дифракцион панжара доимийси нимага тенг? Мазкур панжара ёрдами билан кузатиш мумкин бўлган энг катта спектр тартиби 5 га тенг. Ёруғлик панжарага нормал тушади.

16. 48. Панжара биринчи тартибли калий спектри чизиқларини ($\lambda_1 = 4044\text{Å}$ ва $\lambda_2 = 4047\text{Å}$) ажрата оладиган бўлса, дифракцион панжара доимийси нимага тенг? Панжара эни 3 см.

16. 49. Биринчи тартибли натрий дублети $\lambda_1 = 5890\text{Å}$ ва $\lambda_2 = 5896\text{Å}$ ни ажратиш учун эни 2,5 см дифракцион панжара доимийси қанчага тенг бўлиши керак?

16. 50. Эни 2,5 см дифракцион панжара доимийси 2 мм га тенг. Мазкур панжара иккинчи тартибли спектрнинг сариқ нурлар ($\lambda = 6 \cdot 10^{-8}$ см) соҳасида қандай тўлқин узунликлари фарқини ажрата олади?

16. 51. Биринчи тартибли спектрда $\lambda = 5890\text{Å}$ учун дифракцион панжара бурчак дисперсияси аниқлансин. Дифракцион панжара доимийси $2,5 \cdot 10^{-4}$ см га тенг.

16. 52. Биринчи тартибли спектрдаги $\lambda = 6680\text{Å}$ учун дифракцион панжара бурчак дисперсияси $2,02 \cdot 10^5 \text{ рад/м}$. Дифракцион панжара даврини топинг.

16. 53. Агар спектрни экранга проекцияловчи линзанинг фокус масофаси 40 см бўлса, олдинги масаладаги дифракцион панжаранинг чизиқли дисперсияси (мм/Å ларда) топилин.

16. 54. Даври $2 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ дифракцион панжара ёрдами билан олинган биринчи тартибли спектрдаги симоб ёйилининг икки чизиғи ($\lambda_1 = 5770\text{Å}$ ва $\lambda_2 = 5791\text{Å}$) экранда бир-биридан қандай масофада туради? Спектрни экранга проекцияловчи линзанинг фокус масофаси $0,6 \text{ м}$.

16. 55. Дифракцион панжарага ёруғлик дастаси нормал тушади. Қизил чизиқ ($\lambda = 6300\text{Å}$) учинчи тартибли спектрда $\varphi = 60^\circ$ бурчак билан кўрилади. 1) Тўртинчи тартибли спектрда шу бурчак остида қандай спектрал чизиқ кўрилади? 2) Дифракцион панжаранинг 1 мм да неча штрихи бўлади? 3) Учунчи тартибли спектрда $\lambda = 6300\text{Å}$ чизиғи учун шу панжара бурчак дисперсияси нимага тенг бўлади?

16. 56. Доимийси $d = 5 \text{ мкм}$ дифракцион панжара қайси тўлқин узунлиги учун учинчи тартибли спектрда $D = 6,3 \times 10^6 \text{ рад/м}$ бурчак дисперсиясига эга бўлади?

16. 57. Биринчи тартибли спектрда калийнинг иккита чизиқлари 4044Å ва 4047Å ўртасидаги масофа $0,1 \text{ мм}$ бўлиши учун дифракцион панжара ёрдамида олинган спектрни экранга туширувчи линзанинг фокус масофаси қанча бўлиши керак? Дифракцион панжара доимийси 2 мкм .

16. 58. Синдириш кўрсаткичи $1,57$ бўлган шишадан қайтган ёруғликнинг тўла қутбланиш бурчаги аниқлансин.

16. 59. Бирор модда учун тўла ички қайтиш лимит бурчаги 45° га тенг. Бу модда учун тўла қутбланиш бурчаги нимага тенг?

16. 60. Кўл сиртидан қайтган Қуёш нурлари энг тўла қутбланиш учун у горизонтга нисбатан қандай бурчак остида туриши керак?

16. 61. Шишадан қайтган нурнинг 30° синдириш бурчагида тўла қутбланиши учун шишанинг синдириш кўрсаткичи нимага тенг бўлиши керак?

16.62. Ёруғлик нури шиша ($n = 1,5$) идишга қўйилган суюқликдан ўтиб, унинг тубидан қайтади. Қайтган нур идиш тубига $42^{\circ}37'$ бурчак билан тушаётганида батамом қутбланади. 1) Суюқликнинг синдириш кўрсаткичини топинг, 2) тўла ички қайтиш содир бўлиши учун мазкур суюқликдан ўтувчи ёруғлик нури идиш тубига қандай бурчак билан тушиши керак?

16.63. Бўшлиқдаги тўлқин узунлиги 5890Å бўлган ясси қутбланган ёруғлик дастаси исланд шпати пластинкасининг оптик ўқига перпендикуляр равишда тушади. Агар оддий ва мураккаб нурлар учун исланд шпатиининг синдириш кўрсаткичи $n_o = 1,66$ ва $n_e = 1,49$ бўлса, кристаллдаги оддий ва мураккаб нурларнинг тўлқин узунликлари топилсин.

16.64. Поляризатор ва анализатор орқали ўтган табиий ёруғликнинг интенсивлиги тўрт марта камайиши учун поляризатор билан анализаторнинг бош текисликлари ўртасидаги бурчак нимага тенг? Ёруғликнинг ютилиши ҳисобга олинмасин.

16.65. Табиий ёруғлик поляризатор ва анализатор орқали ўтади. Поляризатор билан анализатор шундай қўйилганки, уларнинг бош текисликлари орасидаги бурчак α га тенг. Поляризатор шунингдек анализатор ҳам ўзларига тушаётган ёруғлик интенсивлигининг 8 процентини ютади ва қайтаради. Маълум бўлишича, анализатордан чиққан нур поляризаторга тушган табиий ёруғликнинг 9 процент интенсивлигига тенг экан. α бурчаги топилсин.

16.66. Шишага ($n = 1,54$) тўла қутбланиш бурчаги билан тушувчи табиий ёруғликнинг қайтиш коэффициенти аниқлансин. Шиша ичига ўтган нурларнинг қутбланиш даражаси топилсин. Шишада ёруғликнинг ютилиши ҳисобга олинмасин.

16.67. Тўла қутбланиш бурчаги билан тушаётган табиий ёруғлик нури ясси-параллел шиша пластинкадан ўтади. Шишанинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,54$. Пластинкадан ўтган нурларнинг қутбланиш даражаси топилсин.

16.68. Табиий ёруғлик шишага ($n = 1,5$) 45° бурчак билан тушаётгандаги 1) қайтиш коэффициенти ва қайтган нурларнинг қутбланиш даражаси, 2) синган нурларнинг қутбланиш даражаси аниқлансин.

17-§. Нисбийлик назариясининг элементлари

Муайян sanoq системасига нисбатан v тезлик билан ҳаракат қилаётган жисмнинг l' узунлиги, мазкур системада қўзғалмас жисмнинг l_0 узунлиги билан

$$l' = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}$$

муносабатда боғланган; бунда $\beta = \frac{v}{c}$; c — ёруғликнинг тарқалиш тезлиги.

Кузатувчига нисбатан v тезликда ҳаракат қилаётган системадаги $\Delta t'$ вақт оралиғи кузатувчи учун қўзғалмас ҳисобланган системадаги Δt_0 вақт оралиғи билан қуйидаги нисбатда боғланган.

$$\Delta t' = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Жисм m массасининг унинг ҳаракат тезлигига боғлиқлиги

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

тенглама билан берилади; бунда m_0 — мазкур жисмнинг тинч ҳолдаги массаси.

Жисм кинетик энергиясининг тезликка боғлиқлиги қуйидаги тенглама билан берилади:

$$W_k = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right).$$

Система массасининг Δm миқдор ўзгариши система энергияси катталигининг

$$\Delta W = c^2 \Delta m$$

ўзгаришига мувофиқ келади.

17.1. Ҳаракатдаги жисм узунлигининг релятивистик қисқариши ҳаракатнинг қайси нисбий тезлигида 25% ни ташкил қилади?

17.2. Ҳаракатдаги жисмнинг бўйлама ўлчами икки барабар кичрайиши учун у қапдай тезликка эришуви керак?

17.3. Космик нурларнинг мезонлари Ерузига ниҳоятда яилма-хил тезликларда етиб келади. Ёруғлик тезлигининг

95 проценти тезлигида бўлган мезон ўлчамининг релятивистик қисқаришини топинг.

17.4. Ёқарор заррача ёруғлик тезлигининг 99 процентини ташкил этувчи тезлик билан ҳаракат қилса (қўзғалмас кузатувчининг соати бўйича), унинг яшаш вақти неча марта узаяди?

17.5. Космик нурлар таркибидаги мезон ёруғлик тезлигининг 95 процентини ташкил қилувчи тезликда ҳаракат қилмоқда. Мезон «хусусий вақти» нинг бир секундига ердан кузатувчи соатининг қанча вақт ораллиги мос келади?

17.6. α -заррача массаси нолга тенг бошланғич тезликдан ёруғлик тезлигининг 0,9 ига барабар тезликка қадар тезлигинини қанчага ортади?

17.7. Қуйидаги тезликлар: 1) $v \ll c$; 2) $2 \cdot 10^{10}$ см/сек; 3) $2,2 \cdot 10^{10}$ см/сек; 4) $2,4 \cdot 10^{10}$ см/сек; 5) $2,6 \cdot 10^{10}$ см/сек; 6) $2,8 \cdot 10^{10}$ см/сек учун электрон зарядининг унинг массасига бўлган нисбати топилсин. Кўрсатилган тезликлар учун m ва $\frac{v}{c}$ ларнинг $\frac{v}{c}$ нисбатига боғлиқ графигини чизинг ва жадвалини тузинг.

17.8. Ҳаракатдаги электроннинг массаси қандай тезликда унинг тинч ҳолатдаги массасидан икки марта катта бўлади?

17.9. Заррача массасининг нисбий катталашуви 5% дан ортмаслиги учун, циклотрондаги заррачаларни қандай энергияга қадар тезлаштириш мумкин. Масалани: 1) электронлар, 2) протонлар, 3) дейтонлар учун ҳал қилинг.

17.10. Электрон тезлиги ёруғлик тезлигининг 95 процентини ташкил қилиши учун у қандай тезлаштирувчи потенциаллар айирмасидан ўтиши лозим?

17.11. Протоннинг бўйлама ўлчамлари икки барабар кичик бўлиши учун у қандай тезлаштирувчи потенциаллар айирмасидан ўтиши керак?

17.12. Мезоннинг тўла энергияси тинч ҳолатидаги энергиясидан 10 марта катта бўлса, унинг тезлигини топинг.

17.13. Заррача кинетик энергияси унинг тинч ҳолатидаги энергиясига тенг бўлиши учун заррача тезлиги ёруғлик тезлигининг қанча улушини ташкил қилиши керак?

17.14. Синхрофазотрон кинетик энергияси 10 000 Мэв протонлар дастасини беради. Бу дастадаги протонлар тезлиги ёруғлик тезлигининг қанча улушини ташкил қилади?

17.15. Олдинги масала шартларида протон ўлчамларининг релятивистик қисқариши нимага тенг?

17.16. Циклотрондан учиб чиқувчи электронлар $0,67 \text{ Мэв}$ кинетик энергияга эга. Шу электронларнинг тезлиги ёруғлик тезлигининг қанча улушини ташкил қилади?

17.17. Электронлар ва протонлар учун уларнинг W_k кинетик энергиясининг тезликка (ёруғлик тезлигининг улушларида) боғлиқлик жадвалини тузинг. Жадвални β нинг қуйидаги қийматлари учун тузинг: 1) 0,1; 2) 0,5; 3) 0,6; 4) 0,7; 5) 0,8; 6) 0,9; 7) 0,95 ва 8) 0,999.

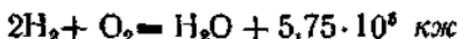
17.18. Ҳаракатдаги электрон массаси унинг тинч ҳолатдаги массасидан икки барабар катта. Бу электроннинг кинетик энергиясини топинг.

17.19. Энергиянинг бир калория ўзгариши массанинг қандай ўзгаришига мувофиқ келади?

17.20. Массанинг бир атом бирлик ўзгаришига мувофиқ келувчи энергия ўзгаришини топинг.

17.21. Массанинг электроннинг тинч ҳолатдаги массаси катталигича ўзгаришига мувофиқ келувчи энергия ўзгаришини топинг.

17.22. Агар сувнинг ҳосил бўлиш реакцияси



бўлса, бир киломоль сувнинг ҳосил бўлишига тўғри келадиган массанинг камайишини топинг.

17.23. Уран ${}_{92}\text{U}^{238}$ ядроси парчаланганида тахминан 200 Мэв энергия ажралади. Бир киломоль уран парчаланганидаги массанинг ўзгаришини аниқланг.

17.24. Қуёш ҳар минутда $6,5 \cdot 10^{21} \text{ квт-соат}$ га тенг энергия чиқаради. Қуёш нурланиши ўзгармас деб ҳисобланса, Қуёш массаси қанча вақтда икки барабар камайишини топинг.

18-§. Иссиқликнинг нурланиши

Абсолют қора жисмнинг сирт бирлигидан 1 секундда нурланадиган энергия, яъни абсолют қора жисмнинг энергетик ёрқинлиги Стефан—Больцман формуласи билан аниқланади:

$$R_0 = \sigma T^4,$$

Бунда T — Кельвин градусларидаги температура ва σ — Стефан—Больцман доимийси

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ вт/м}^2 \cdot \text{град}^4.$$

Агар нур сочаётган жисм абсолют қора бўлмаса, у ҳолда

$$R'_0 = k\sigma T^4$$

билан аниқланади, бунда k — коэффиценти доим бирдан кичик бўлади. Энергетик ёрқинлик R_0 абсолют қора жисм энергетик ёрқинлигининг спектрал зичлиги r_λ билан қуйидаги муносабатда боғланган:

$$R'_0 = \int_0^\infty r_\lambda d\lambda.$$

Вин силжиш қонунига кўра абсолют қора жисм абсолют температурасининг тўлқин узунлигига кўлайтмаси (бунда мазкур жисм энергетик ёрқинлигининг спектрал зичлиги максималдир) доимий катталиқка тенг, яъни

$$\lambda_m T = C_1 = 0,29 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{град}.$$

Абсолют қора жисм энергетик ёрқинлигининг максимал спектрал зичлиги абсолют температуранинг бешинчи даражасига (Виннинг иккинчи қонуни) пропорционал равишда ортиб боради:

$$(r_\lambda)_{\max} = C_2 T^5,$$

бунда $C_2 = 1,29 \cdot 10^{-8} \text{ вт/м}^3 \cdot \text{град}^5$.

18.1. Печдаги $6,1 \text{ см}^3$ ўлчамли тешикдан 1 сек да $8,28 \text{ кал}$ иссиқлик нурланадиган бўлса, печнинг температураси қанча? Нурланиш абсолют қора жисм нурланишига яқин деб ҳисоблансин.

18.2. Қуёш 1 минутда қанча миқдор энергия чиқаради? Қуёш нурланиши абсолют қора жисм нурланишига яқин деб ҳисоблансин. Қуёш сиртининг температурасини 5800°К деб қабул қилинг.

18.3. Қотиб қолган бир квадрат метр қўрғошин сиртидан 1 сек да қанча энергия нурланади? Мазкур температура учун қўрғошин сирти энергетик ёрқинлигининг абсолют қора жисм ёрқинлигига нисбати $0,6$ га тенг деб олинсин.

18.4. Абсолют қора жисмнинг нурланиш қуввати 34 *квт.* Жисм сирти $0,6 \text{ м}^2$ бўлса, унинг температурасини аниқланг.

18.5. Майдони 10 см^2 чўрланган металл сиртдан бир минутда $4 \cdot 10^4 \text{ ж}$ иссиқлик нурланади. Сирт температураси 2500°К . 1) Бу сирт абсолют қора бўлса, унинг нурланиши қандай бўлиши, 2) мазкур температурада бу сирт энергетик ёрқинлигининг абсолют қора жисм ёрқинлигига нисбати топилсин.

18.6. Электр лампочкасидаги вольфрам спираль диаметри $0,3 \text{ мм}$, узунлиги 5 см . Лампочка 127 *в* кучланишли электр занжирига уланганида у орқали $0,31 \text{ а}$ ток ўтади. Лампочканинг температураси қанча? Мувозанатли нурланишда, толадан ажраладиган барча иссиқлик нур сочиш билан йўқолади деб, вольфрам энергетик ёрқинлигининг абсолют қора жисм ёрқинлигига нисбати мазкур температура учун $0,31 \text{ га}$ тенг деб ҳисоблансин.

18.7. 25 ваттли электр лампочкаси вольфрам спиралининг температураси 2450°К . Шу температурада унинг энергетик ёрқинлигининг абсолют қора жисм энергетик ёрқинлигига нисбати $0,3$. Спиралнинг нур сочадиган сирти катталигини толинг.

18.8. Қуёш доимийси катталиги, яъни Қуёшнинг ўз нурларига перпендикуляр ҳолда ва ўзидан Ергача бўлган масофага барабар узоқликда турган 1 см^2 юз орқали ҳар минутда юбораётган нур энергиясининг миқдори топилсин. Қуёш сирти температураси 5800°К деб олинсин. Қуёшнинг нурланиши абсолют қора жисм нурланишига яқин деб ҳисоблансин.

18.9. Атмосфера Қуёш юборадиган нур энергиясининг 10 процентини ютади деб ҳисоблаб, майдони $0,5 \text{ га}$ келадиган ернинг горизонтал саҳни оладиган қувватни толинг. Қуёшнинг горизонтдан балаандлиги 30° . Қуёш нурланишини абсолют қора жисм нурланишига яқин деб ҳисобланг.

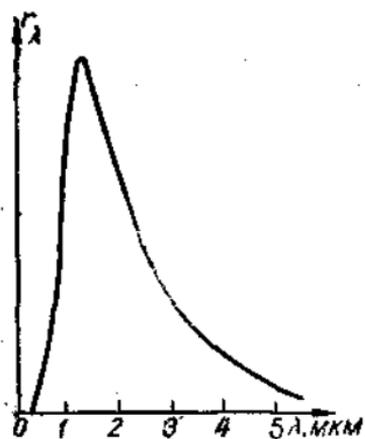
18.10. Ер учун Қуёш доимийси катталиги маълум бўлгани ҳолда (18.8-масалага қараи) Марс учун Қуёш доимийси катталигини толинг.

18.11. Агар абсолют қора жисм ёрқинлигининг максимал спектрал зичлиги 4840Å тўлқин узунлигига тўғри келадиган бўлса, абсолют қора жисм 1 сек да 1 см^2 сиртидан қанча энергия чиқаради?

18.12. Абсолют қора жисмнинг нурланиш қуввати 10^6 *ватт*. Агар жисм ёрқинлигининг максимал спектрал зичлигига тўғри келадиган тўлқин узунлиги $7 \cdot 10^{-6}$ *см* га тенг бўлса, жисмнинг нур сочувчи сиртининг катталиги топилсин.

18.13. Агар ёруғлик манбаи сифатида: 1) электр лампочасининг спирали ($T = 3000^\circ\text{K}$), 2) Қуёш сирти ($T = 6000^\circ\text{K}$) ва 3) портлаганда температураси қарийб 10 млн. градусга етадиган атом бомбаси олинган бўлса, энергетик ёрқинлигининг максимал спектрал зичлигига мос келувчи тўлқин узунликлари спектрнинг қайси соҳасида ётади? Нурланишни абсолют қора жисмнинг нурланишига яқин деб ҳисоблансин.

18.14. 64-расмда муайян температурада абсолют қора жисм ёрқинлигининг тақсимланиш эгри чизиги берилган. Эгри чизик қандай температура учун чизилган? 64-расмдан бу температуралдаги кўзга кўринадиган спектр ҳиссасига тарқалаётган энергиянинг неча проценти тўғри келишини қандай топish мумкин?



64-расм.

18.15. Абсолют қора жисм қиздирилганида ёрқинлигининг максимал спектрал зичлигига тўғри келадиган тўлқин узунлиги 0,69 дан 0,5 *мкм* гача ўзгарган. Бунда жисм ёрқинлигининг спектрал зичлиги неча барабар кўпайган?

18.16. Одам танасининг ҳароратига, яъни $t = 37^\circ\text{C}$ га тенг бўлган температурали абсолют қора жисм энергетик ёрқинлигининг спектрал зичлиги максимуми қандай тўлқин узунликка тўғри келади?

18.17. Абсолют қора жисм қиздирилганда унинг температураси 1000 *К* дан 3000 *К* гача ўзгарган. 1) Бунда унинг энергетик ёрқинлиги неча барабар ортган? 2) Энергетик ёрқинлигининг спектрал зичлиги максимумига тўғри келадиган тўлқин узунлиги қанчага ўзгарган? 3) Энергетик

ёрқинлигининг спектрал зичлиги максимуми неча баравар кўпайган?

18.18. Абсолют қора жисм $T_1 = 2900^\circ\text{K}$ температурада. Шу жисмнинг совиши натижасида энергетик ёрқинлигининг спектрал зичлиги максимумига тўғри келадиган тўлқин узунлиги $\Delta\lambda = 9$ мкм га ўзгарган. Жисм қандай T_2 температурага қадар совиган.

18.19. Жисм сирти 1000°K температурага қадар қиздирилган. Сўнгра бу сиртнинг ярми 100°K га қиздирилган, иккинчи ярми эса 100°K га совитилган. Бу жисм сиртининг энергетик ёрқинлиги неча баравар ўзгаради?

18.20. Радиуси 2 см қорайган металл шарнинг температурасини атрофдаги муҳитга нисбатан 27° дан ортиқ тутиш учун унга қандай қувват келтирмоқ керак? Атрофдаги муҳит температураси 20°C . Бунда иссиқлик фақат нурланиш ҳисобигагина йўқолади деб ҳисоблансин.

18.21. Қорайган шар 27°C температурадан 20°C температурага қадар совийди. Унинг энергетик ёрқинлигининг спектрал зичлиги максимумига тегишли тўлқин узунлиги қанча ўзгарган?

18.22. 1) Бир йилда нурланганида Қуёш массаси қанча камайишини топинг. 2) Қуёш нурланишини ўзгармас деб Қуёш массасининг қанча вақтда икки баравар камайишини топинг. Қуёш сиртининг температурасини 5800°K га тенг деб олиш керак.

VI БОБ

АТОМ ВА АТОМ ЯДРОСИ ФИЗИКАСИ

РАДИОАКТИВЛИК ВА ИОНЛОВЧИ НУРЛАНИШЛАР БИРЛИКЛАРИ

18-жадвалда ГОСТ 8848-63 га биноан радиоактивлик ва ионловчи нурланишлар соҳасидаги ўлчашлар учун асосий ва баъзи бир ҳосила birlikлар келтирилган.

ГОСТ 8848-63 даги системалардан ташқари ишлатилган birlikлар 19-жадвалда келтирилган.

Масалалар ечишга доир мисоллар

1-масала. Нормал шароитда ҳаво рентген нурлари билан нурлантирилган. Нурланиш дозаси бир рентгенга тенг. Маъкур нурланиш билан 1 см^3 ҳавода вужудга келтирилган жуфт ионлар сонини тоинг.

18-жадвал

Катталик ва унинг белгиланиши	Бириккинчи вилқлаш учун хизмат қилувчи тенглама	Ўлчов бирлиги	Қисқача белгиланиши	Катталик ўлчамлиги
Асосий birlikлар				
Узунлик l	—	метр	<i>m</i>	L
Масса m	—	килограмм	<i>kg</i>	M
Вақт t	—	секунда	<i>сек</i>	T
Ток кучи I	—	ампер	<i>a</i>	I
Ҳосила birlikлар				
Радиоактив манбадаги изотопнинг активлиги (n)	$n = \frac{dN}{dt}$	секундадаги емирилиш	<i>емпр./сек</i>	T^{-1}
Нурланиш интенсиблиги J	$J = \frac{W}{st}$	ватт бўлинган метр квадрат	<i>вт/м²</i>	MT^{-2}

19- §. Ёруғликнинг квант табиати ва заррачаларнинг тўлқин хоссалари

Ёруғлик кванти (фотони) нинг энергияси қуйидаги формула билан аниқланади:

$$e = h\nu,$$

бунда $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ ж·сек — Планк доимийси ва ν — тебраниш частотаси.

Фотоннинг ҳаракат миқдори

$$p_{\phi} = \frac{h\nu}{c},$$

фотон массаси

$$m = \frac{h\nu}{c^2},$$

бунда c — ёруғликнинг бўшлиқдаги тезлиги.

Ташқи фотоэффектни вужудга келтирувчи фотон энергияси билан учиб чиқаётган электронларнинг максимал кинетик энергияси ўртасидаги боғланиш Эйнштейн формуласи билан берилади:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2},$$

бунда A — металлдан электроннинг чиқиш иши, m — электрон массаси. Агар $v = 0$ бўлса, $h\nu_0 = A$, бу ерда ν_0 — фотоэффектнинг қизил чегарасига мувофиқ келувчи частота.

Ёруғлик босимининг миқдори

$$p = \frac{E}{c}(1 + \rho),$$

бунда E — бирлик сиртга вақт бирлигида тушувчи энергия миқдори, ρ — ёруғликнинг қайтиш коэффициентини.

Комптон ҳодисасидаги рентген нурлари тўлқин узунликларининг ўзгариши қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\varphi),$$

бунда φ — сочилиш бурчаги ва m — электрон массаси.

Элементар заррачалар дастаси заррача силжиши йўналишида тарқалувчи ясси тўлқин хоссасига эга. Бу даста-

нинг λ тўлқин узунлиги де Бройль нисбати билан аниқланади:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2W_k m}},$$

бунда v — заррачалар тезлиги, m — заррачалар массаси ва W_k — уларнинг кинетик энергияси. Агар заррачаларнинг v тезлиги ёруғлик тезлиги c билан ўлчовдош бўлса, у ҳолда юқоридаги формула қуйидаги кўринишни олади:

$$\lambda = \frac{h}{m_0 v} \sqrt{1 - \beta^2} = \frac{h}{\sqrt{2W_k m_0 + \frac{W_k^2}{c^2}}},$$

бунда $\beta = \frac{v}{c}$ ва m_0 — заррачанинг тинч ҳолатидаги массаси.

19.1. 1) Қизил ёруғлик нурлари ($\lambda = 7 \cdot 10^{-5}$ см),
2) рентген нурлари ($\lambda = 0,25 \text{ \AA}$) ва 3) гамма-нурлари ($\lambda = 1,24 \cdot 10^{-2} \text{ \AA}$) фотонининг массасини топинг.

19.2. Фотонга мувофиқ келадиган тўлқин узунлик $0,016 \text{ \AA}$ бўлса, унинг энергияси, массаси ва ҳаракат миқдорини топинг.

19.3. Симоб ёйишнинг қуввати 125 *вт*. Қуйидаги тўлқин узунликка эга нурланишдан ҳар секундда неча квант ёруғлик чиқади: 1) $\lambda = 6123 \text{ \AA}$, 2) $\lambda = 5791 \text{ \AA}$, 3) $\lambda = 5461 \text{ \AA}$, 4) $\lambda = 4047 \text{ \AA}$, 5) $\lambda = 3655 \text{ \AA}$, 6) $\lambda = 2537 \text{ \AA}$? Бу чизиқларнинг интенсивлиги мос ҳолда 1) 2%, 2) 4%, 3) 4%, 4) 2,9%, 5) 2,5% ва 6) 4% га тенг. 80% қувват нурланишга кетади деб ҳисоблансин.

19.4. Электроннинг кинетик энергияси тўлқин узунлиги $\lambda = 5200 \text{ \AA}$ бўлган фотон энергиясига тенг бўлиши учун электрон қандай тезлик билан ҳаракат қилиши керак?

19.5. Электроннинг ҳаракат миқдори тўлқин узунлиги $\lambda = 5200 \text{ \AA}$ бўлган фотоннинг ҳаракат миқдорига тенг бўлиши учун у қандай тезлик билан ҳаракат қилиши керак?

19.6. Фотон массаси тинч турган электрон массасига тенг бўлиши учун унинг энергияси қанча бўлиши керак?

19.7. Монохроматик фотонлар дастасини $t = 0,5$ мин

вақт ичида $S = 2 \text{ см}^2$ майдончадан олиб ўтадиган ҳаракат миқдори $\rho_{\phi} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ г} \cdot \text{см}/\text{сек}$. Бу даста учун майдон бирлигига вақт бирлигида тушадиган энергияни топинг.

19.8. Икки атомли газ молекуласининг кинетик энергияси қандай температурада тўлқин узунлиги $\lambda = 5,89 \times 10^{-4} \text{ мм}$ бўлган фотон энергиясига барабар бўлади?

19.9. Юқори энергияларда рентген ва гамма-нурланиш дозаларини рентген билан ўлчаш учун шароит вужудга келтириш қийин бўлганлигидан, ГОСТ 8848-63 да квантлар энергияси 3 Мэв гача бўлган нурланишлар учун рентгендан доза бирлиги сифатида фойдаланишга йўл қўяди. Рентген нурланишининг қандай чегарадаги тўлқин узунлигига рентген ўлчов бирлигини қўллаш мумкинлигини аниқланг.

19.10. Ҳаракат миқдори 20°C температурадаги водород молекуласининг ҳаракат миқдорига тенг бўлган фотон массасини топинг. Молекула тезлигини ўртача квадрат тезликка барабар деб ҳисобланг.

19.11. А. Г. Столетовнинг «Актино-электрик текширишлар» (1888 йил) асарида биринчи марта фотоэффектнинг асосий қонуналари белгилашга эришди. Унинг тажрибасининг натижаларидан бири бундай ифодаланган: «Тўлқин узунликлари $295 \cdot 10^{-6} \text{ мм}$ дан кам ва синдириш кўрсаткичи энг юқори бўлган нурлар разрядловчи таъсирга эга бўлади». А. Г. Столетов ишлаган металлдан электрон чиқётганда бажарилган иш аниқлансин.

19.12. Литий, натрий, калий ва цезий учун фотоэффектнинг қизил чегарасини топинг.

19.13. Муайян металл учун фотоэффектнинг қизил чегараси 2750 \AA . Фотоэффектни вужудга келтирувчи фотон энергиясининг минимал қиймати нимага тенг?

19.14. Муайян металл учун фотоэффектнинг қизил чегараси 2750 \AA га тенг. 1) Шу металлдан электрон чиқётганда бажарилган иш, 2) тўлқин узунлиги 1800 \AA бўлган ёруғлик билан шу металлдан ажратиб олинган электронларнинг максимал тезлиги, 3) мазкур электронларнинг максимал энергияси топилинсин.

19.15. Металл сиртидан 3 в тескари потенциал билан бутунлай ушланадиган электронларни ажратувчи ёруғликнинг частотаси топилинсин. Мазкур металлнинг фотоэффекти

тушаётган ёруғлик частотаси $6 \cdot 10^{14} \text{ сек}^{-1}$ бўлганда бошланади. Бу металлдан электрон чиқаётганда бажариладиган иш топилсин.

19.16. Калий тўлқин узунлиги 3300 \AA бўлган ёруғлик билан ёритилганида чиқадиган фотоэлектронлар учун тутувчи потенциал катталигини топинг.

19.17. Платина сиртидан фотоэффектда тутувчи потенциал катталиги $0,8 \text{ в}$ га тенг. 1) Қўлланилган нурувнинг тўлқин узунлиги, 2) фотоэффект рўй берган максимал тўлқин узунлиги топилсин.

19.18. $\epsilon = 4,9 \text{ эв}$ энергияли ёруғлик квантлари $A = 4,5 \text{ эв}$ иш бажарган ҳолда металлдан фотоэлектронларни узиб чиқаради. Ҳар бир электрон учиб чиқаётганда металл сиртига берилган максимал импульсни топинг.

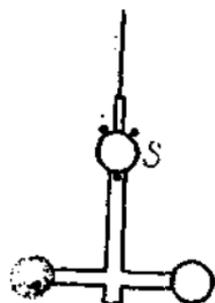
19.19. Агар бирор металл сиртидан $2,2 \cdot 10^{18} \text{ сек}^{-1}$ частотали ёруғлик билан ажралиб чиқадиган фотоэлектронлар $6,6 \text{ в}$ тескари потенциал билан, $4,6 \cdot 10^{16} \text{ сек}^{-1}$ частотали ёруғлик билан ажралиб чиқадиган фотоэлектронлар $16,5 \text{ в}$ тескари потенциал билан бутунлай тутилса, Планк доимийси // аниқлансин.

19.20. Вакуум фотоэлемент марказий катод — вольфрам шар билан анод — икки сиртига кумуш югуртирилган қолбадан иборат. Электродлар орасидаги контакт потенциаллар айирмаси сон жиҳатидан $U_0 = 0,6 \text{ в}$ га тенг бўлиб, учиб чиқаётган электронларни тезлаштиради. Фотоэлемент тўлқин узунлиги $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ га тенг бўлган ёруғлик билан ёритилади. 1) Фототок нолга қадар тушиши учун электродлар орасига қандай тутувчи потенциаллар айирмаси берилиши керак? 2) Катод билан анод орасига ташқи потенциаллар айирмаси берилмаса фотоэлектронлар анодга қадар учиб борганида қандай тезликка эришади?

19.21. Олдинги масалада фотоэлемент электродлари орасига 1 в тутувчи потенциаллар айирмаси берилган. Катодга тушаётган ёруғлик λ тўлқин узунлигининг қандай чегара қийматида фотоэффект ҳодисаси бошланади?

19.22. 65-расмда П. Н. Лебедевнинг ёруғлик босимини ўлчашда ўтказган тажрибаларида ишлатган асбобининг бир қисми кўрсатилган. Ингичка ипга осилган шиша крестовина ҳавоси сўриб олинган идишга туширилган. Крестовинанинг учларига платина заридан ясалган иккита енгил доирача ёпиштирилган. Доирачанинг бири қорага бўялган,

иккинчиси ялтироқлигича қолдирилган. Ёруғликни доирачалардан бирига йўналтириб ва ипнинг бурилиш бурчагини ўлчаб (ҳисоб боши учун S кўзгуча хизмат қилади), ёруғлик босими катталигини аниқлаш мумкин. 1) Ёруғлик босимининг катталиги, 2) ёй лампа билан ялтироқ доирача



65- расм.

ёритилганда кўзгучадан 1200 мм узоқлаштирилган шкалада шуъланинг оғиши 76 мм бўлса, лампадан 1 сек да доирачанинг 1 см^2 сиртига тушаётган энергия миқдори топилсин. Доирачаларнинг диаметри 5 мм. Доирача марказидан айланиш ўқигача бўлган масофа 9,2 мм. Ёруғликнинг ялтироқ доирачадан қайтиш коэффициенти 0,5. Ип буралиш моментининг ($M = k\alpha$) доимийси $k = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ дн} \cdot \text{см/рад}$.

19. 23. П. Н. Лебедев тажрибаларидан бирида қорага бўялган доирачага ёруғлик тушганида ($\rho = 0$) ипнинг бурилиш бурчаги $10'$ бўлган. 1) Ёруғлик босими катталигини, 2) тушаётган ёруғлик қувватини топинг. Асбобга тегишли маълумотларни бундан аввалги масала шартларидан олинг.

19.24. П. Н. Лебедев тажрибаларидан бирида доирачага тушаётган монохроматик ёруғликнинг ($\lambda = 5,6 \cdot 10^{-6} \text{ см}$) қуввати 0,5 ж/мин га тенг бўлган. 1) Парракчанинг 1 см^2 сиртига 1 сек да тушган фотонлар сонини; 2) 1 сек да доирачанинг 1 см^2 сиртига берилган куч импульсини топинг. а) $\rho = 0$, б) $\rho = 0,5$ ва в) $\rho = 1$ ҳоллар учун импульс катталигини топинг. Асбобга тегишли маълумотларни 19.22- масала шартларидан оласиз.

19.25. Рус астрономи Ф. А. Бредихин комета думларининг шакли Қуёш нурларининг босимидан вужудга келади деб тушунтирди. 1) Қуёшдан Ергача бўлган масофага тенг узоқликка жойлаштирилган абсолют қора жисмга тушган Қуёш нурларининг босими топилсин. 2) Агар шундай масофадаги комета думидаги заррачани Қуёш нурларининг босим кучи Қуёшнинг тортиш кучи билан мувозанатлаштирадиган бўлса, мазкур заррача массаси қандай бўлиши керак? Унга тушаётган барча нурларни қайтарувчи заррача юзини $0,5 \cdot 10^{-8} \text{ см}^2$ га ва Қуёш доимийсининг катталигини $8,21 \text{ ж/мин} \cdot \text{см}^2$ га тенг деб ҳисоблансин.

19.26. Юз ваттли электр лампочка деворига берадиган ёруғлик босими топилсин. Лампочка колбаси радиуси 5 см сферик идишдан иборат. Лампочка девори ўзига тушган ёруғликнинг 10% ини қайтаради. Истеъмол қилинган барча қувват нурланишга сарфланади деб ҳисоблансин.

19.27. 100 см² сиртга ҳар минутда 63 ж ёруғлик энергияси тушади. 1) Сирт ҳамма нурларни батамом қайтаридиган ва 2) ўзига тушувчи ҳамма нурларни батамом ютадиган ҳоллар учун ёруғлик босими катталигини топинг.

19.28. Монохроматик ёруғлик дастаси ($\lambda = 4900 \text{ \AA}$) сиртга нормал тушиб, унга $5 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м}^2$ га тенг босим беради. Шу сирт бирлигига ҳар секундда қанча квант ёруғлик тушади? Ёруғликнинг қайтиш коэффициентини $\rho = 0,25$.

19.29. $\lambda_0 = 0,708 \text{ \AA}$ тўлқин узунликли рентген нурлари парафинда комптон ҳодисаси бўйича сочилади. 1) $\frac{\pi}{2}$, 2) π йўналишларда сочилган рентген нурларининг тўлқин узунлиги топилсин.

19.30. Графит рентген нурлариниш 60° бурчак билан сочса (тўлқин узунлиги $2,54 \cdot 10^{-9} \text{ см}$), комптон сочилишда рентген нурларининг тўлқин узунлиги қандай бўлган?

19.31. Тўлқин узунлиги $\lambda = 0,2 \text{ \AA}$ бўлган рентген нурлари 90° бурчак билан комптон ҳодисаси бўйича сочилади. 1) Рентген нурлари сочилганда тўлқин узунлигининг ўзгаришини, 2) тепкили электрон энергиясини, 3) тепкили электрон ҳаракат миқдорини топинг.

19.32. Комптон ҳодисасида тушаётган фотон энергияси сочилган фотон билан тепкили электрон ўртасида баравар тақсимланади. Сочилиш бурчаги $\frac{\pi}{2}$. Сочилган фотон энергиясини ва ҳаракат миқдорини топинг.

19.33. Рентген нурлари энергияси 0,6 Мэв. Комптон сочилишдан кейин рентген нурларининг тўлқин узунлиги 20% га ўзгарган бўлса, тепкили электрон энергиясини топинг.

19.34. 1) 1 в ва 2) 100 в потенциаллар айирмасидан ўтган электронлар учун де Бройль тўлқин узунлиги топилсин.

19.35. Юқоридаги масалани протонлар дастаси учун ҳал қилинг.

19.36. 1) 10^8 см/сек тезликда учаётган электрон учун; 2) 300°K температурада ўртача квадрат тезликка баравар тезликда ҳаракатланаётган водород атоми учун; 3) 1 см/сек тезликда ҳаракатланаётган 1 г массали шар учун де Бройль тўлқин узунлигини топинг.

19.37. Кинетик энергияси: 1) 10 кэв, 2) 1 Мэв бўлган электрон учун де Бройль тўлқин узунлигини топинг.

19.38. 200 э потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган зарядли заррача $0,0202 \text{ \AA}$ га тенг де Бройль тўлқин узунлигига эга. Заррача заряди сон жиҳатдан электрон зарядига тенг бўлса, шу заррачанинг массасини топинг.

19.39. Қуйидаги тезликлар: 1) $2 \cdot 10^8$ м/сек, 2) $2,2 \cdot 10^8$ м/сек, 3) $2,4 \cdot 10^8$ м/сек, 4) $2,6 \cdot 10^8$ м/сек, 5) $2,8 \cdot 10^8$ м/сек учун (v тезликка боғлиқ) электроннинг де Бройль тўлқин узунлиги қийматлари жадвалини тузинг.

19.40. α - заррача кучланганлиги 250 э бўлган бир жинсли магнит майдонида 0,83 см радиусли айлана бўйича ҳаракат қилади. Шу α - заррача учун де Бройль тўлқин узунлигини топинг.

19.41. 20°C температурада кўпроқ эҳтимол тезликда ҳаракат қилаётган водород атоми учун де Бройль тўлқин узунлигини топинг.

20- §. Бор атоми. Рентген нурлари

Борнинг биринчи постулатига кўра электрон ядро атофида радиуслари қуйидаги муносабатни қаноатлантирадиган муайян орбиталар бўйичагина ҳаракат қилиши мумкин:

$$m v_k r_k = k \frac{h}{2\pi}$$

бунда m — электрон массаси, v_k — унинг k - орбитадаги тезлиги, r_k — шу орбитанинг радиуси, h — Планк доимийси ва k — ихтиёрый бутун сон (квант сони).

Борнинг иккинчи постулатига кўра электроннинг бир орбитадан иккинчи орбитага ўтишига мувофиқ келувчи нурланиш частотаси қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$h\nu = W_a - W_k$$

Бунда k ва n — орбита номерлари ($n > k$), W_k ва W_n — шуларга мувофиқ келувчи электрон энергиясининг қийматлари.

Водород спектри чизиқларига мувофиқ келувчи частота ν ёки тўлқин узунлиги λ ни топишга имкон берувчи формула қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R c \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

бунда k ва n — орбиталарнинг номерлари, c — ёруғлякнинг бўшлиқдаги тезлиги ва R — Ридберг доимийси,

$$R = \frac{e^4 m}{8 \epsilon_0^3 h^3 c} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1},$$

бунда e — электрон заряди, m — унинг массаси, h — Планк доимийси ва ϵ_0 — электр доимийси. Водородсимон ионларнинг ν частотаси ёки λ тўлқин узунлигини топишга имкон берувчи формула қуйидаги кўринишда:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R c Z^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

бунда Z — элементнинг тартиб номери.

Рентген нурлари дифракциясида Вульф — Брегг теңламаси ўришли бўлади:

$$2d \sin \varphi = m \lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

бунда d — кристаллнинг атом текисликлари ўртасидаги масофа ва φ — рентген нурлари дастаси билан кристалл сирти орасидаги бурчак.

Туташ рентген спектрининг қисқа тўлқинли чегараси ν_0 қуйидаги муносабатдан топилиши мумкин:

$$h \nu_0 = eU,$$

бунда U — рентген трубкасига берилган потенциаллар айирмаси.

Рентген характеристик (қаттиқ ёки юмшоқ) нурларининг тўлқин узунликлари Мозли формуласи билан топилиши мумкин:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R c (Z - b)^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

бунда Z — антикатод ясалган элементнинг тартиб номери ва b — «экранлаш доимийси». Сўнгги формула бундай ёзилиши ҳам мумкин:

$$\sqrt{v} = a(Z - b),$$

бунда

$$a = \sqrt{Rc \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)},$$

Қалинлиги x пластинкадан ўтган рентген нурлари дастасининг интенсивлиги қуйидаги формула билан аниқланади:

$$I = I_0 e^{-\mu x},$$

бунда, I_0 — пластинкага тушувчи дастанинг интенсивлиги ва μ — ютилишнинг чизиқли коэффициентини. Ютилиш коэффициенти μ рентген нурлари тўлқин узунлигига ва модда зичлигига боғлиқ. Ютилишнинг масса коэффициенти μ_m чизиқли коэффициент μ га $\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$ муносабатда боғланган, бунда ρ — материал зичлиги.

Турли моддалар билан рентген нурларининг ютилишини «ярим кучсизланиш қатлами» билан, яъни тушаётган нурлар интенсивлигини икки баравар камайтирувчи пластинка қалинлиги билан характерлаш мумкин.

20.1. 1) Водород атомидаги биринчи учта бор электрон орбиталарининг радиусларини, 2) улардаги электрон тезлигини топинг.

20.2. Биринчи бор орбитасидаги электроннинг кинетик, потенциал ва тўла энергияси сон қийматини топинг.

20.3. Водород атомининг n - орбитасида турган электроннинг кинетик энергиясини ҳисоблаб чиқаринг. Масалани $n = 1, 2, 3$ ва ∞ учун ҳал қилинг.

20.4. 1) Биринчи бор орбитасидаги водород атоми электронининг айланиш даврини; 2) унинг бурчак тезлигини топинг.

20.5. Спектрнинг кўринадиган соҳасидаги водород спектрал чизиқларининг энг кичик ва энг катта тўлқин узунликларини топинг.

20.6. 1) Водород спектрининг ультрабинафша сериясидаги энг катта тўлқин узунлигини топинг, 2) электрон урилишидан водород атомлари ғалаёнланишида чизиқ пай-

до бўлиши учун электронлар қандай энг кичик тезликка эга бўлиши керак?

20.7. Водород атомининг ионланиш потенциалини аниқланг.

20.8. Водород атомининг дастлабки ғалаёнланиш потенциалини аниқланг.

20.9. 1) Водород атомлари электронлар урилишидан ғалаёнланишида водород спектри серияларининг барча чизиқлари пайдо бўлиши учун бу электронлар қанча энг кичик энергияга (электрон-вольт ҳисобида) эга бўлиши керак? 2) Бу электронлар қандай энг кичик тезликка эга бўлиши керак?

20.10. Водород атомлари электронлар урилишидан ғалаёнланишида водород спектри фақат битта спектрал чизиққа эга бўлиши учун бомбардимон қилувчи электронларнинг энергияси қандай чегарада бўлиши керак?

20.11. Водород атомлари электронлар урилишидан ғалаёнланишида водород спектри учта спектрал чизиқларга эга бўлиши учун бу электронлар (электрон-вольт ҳисобида) қандай энг кичик энергияга эга бўлиши керак? Бу линияларнинг тўлқин узунлигини топинг.

20.12. Водород атомлари монохроматик ёруғлик квантлардан ғалаёнланишида учта спектрал чизиқ кузатишга бўлса, бу ёруғликнинг тўлқин узунликлари қандай чегарада ётиши керак?

20.13. Тўлқин узунлиги $\lambda = 4860 \text{ \AA}$ бўлган фотон атомни нурлантирганида водород атомида электроннинг кинетик энергияси қанчага ўзгарган?

20.14. Водород атомлари монохроматик ёруғлик квантлари билан ғалаёнланишида электроннинг орбита радиуси 9 марта катталаниши учун бу ёруғлик тўлқин узунлиги қандай чегарада ётиши керак?

20.15. Дифракцион панжарага атомар водород тўлғазилган разряд трубадан ёруғлик дастаси нормал турибди. Панжара донмийси $5 \cdot 10^{-4} \text{ см}$. Бу панжара ёрдамида бешинчи тартиб спектрда 41° бурчак билан кузатиладиган спектрал чизиқ электроннинг қандай ўтишига мўвофиқ келади?

20.16. Водород атомида биринчи бор орбитасида ҳаракатланадиган электрон учун де Бройль тўлқин узунлигини топинг.

20.17. 1) Бир карра ионлашган гелий учун биринчи бор электрон орбитаси радиусини, 2) ундаги электрон тезлигини топинг.

20.18. 1) Бир карра ионлашган гелий, 2) икки карра ионлашган литийнинг биринчи ғалаёнланиш потенциалини топинг.

20.19. 1) Бир карра ионлашган гелий ва 2) икки карра ионлашган литийнинг ионланиш потенциалини топинг.

20.20. Бир карра ионлашган гелий атомида электроннинг иккинчи бор орбитасидан биринчи бор орбитасига ўтишига мувофиқ келувчи фотоннинг тўлқин узунлигини топинг.

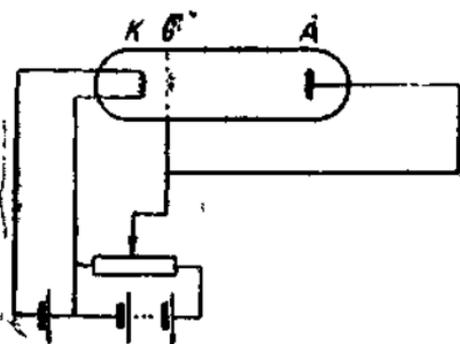
20.21. Олдинги масала литийнинг икки карра ионлашган атоми учун ҳал қилинсин.

20.22. Электрон атомнинг бир орбитасидан иккинчи орбитасига ўтганида натрийнинг D - чизиғи нурланади. Бунда атом энергияси $3,37 \cdot 10^{-19}$ ж га камаяди. Натрий D - чизиғининг тўлқин узунлиги аниқлансин.

20.23. 66- расмда натрийнинг резонанс потенциалини аниқлайдиган асбоб схемаси тасвирланган. Трубкада натрий буғи бор. Электродлар G ва A бирдай потенциалга эга. Тўлқин узунлиги 5890 \AA ли спектрал чизиқ K катод

билан G тўр ўртасида потенциаллар айирмаси қандай бўлганда кузатилади?

20.24. Электрон $4,9$ в потенциаллар айирмасида ўтгач, симоб атоми билан тўқнашиб, уни биринчи ғалаёнланган ҳолатга ўтказди. Симоб атомининг нормал ҳолатга ўтишига мувофиқ келувчи фотон қандай тўлқин узунликка эга бўлади?



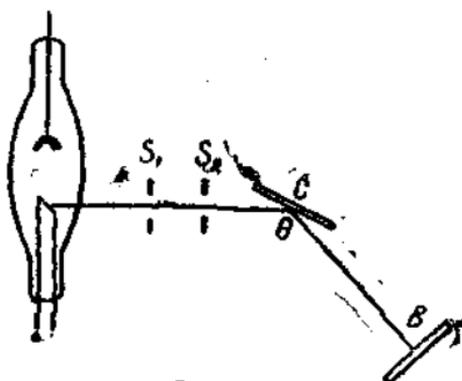
166- расм.

20.25. 67- расмда рентген нурларининг дифракциясини кузатадиган экспериментал қурилма тасвирланган. S кристалл айланганида тўлқин узунлиги Вульф — Брегг тенг-ламасини қаноатлантирадиган пургина фотография пластинкаси B да қайд қилинади. Рентген нурлари дастаси билан

кристалл текислиги ўртасидаги бурчак қанчалик кичик бўлганда $0,2 \text{ \AA}$ тўлқин узунликли рентген нурлари қайтган? Кристалл паңжарасининг доимийси $3,03 \text{ \AA}$ га тенг.

20.26. Тош тузининг бир киломоль оғирлиги ва зичлиги ($\rho = 2,2 \text{ г/см}^3$) маълум бўлса, паңжарасининг доимийси топилсин. Тош тузи кристаллари оддий куб структурага эга.

20.27. Планк доимийси h ни рентген нурлари ёрдамида экспериментал йўл билан аниқлашда кристалл маълум θ бурчак остида ўрнатилади. Рентген трубкасига берилган потенциаллар айирмаси эса мазкур бурчакка мос келувчи чизик пайдо бўлгунча орттирилади. Қуйидаги маълумотлар бўйича Планк доимийси топилсин: тош тузи кристали 14° бурчак остида ўрнатирилган; мана шу бурчакка мос келувчи чизик биринчи марта пайдо бўлганда потенциаллар айирмаси 9100 в бўлган. Кристалл паңжарасининг доимийси $2,81 \text{ \AA}$.



67- расм.

20.28. Рентген трубкаси электродларига 60 кВ потенциаллар айирмаси берилган. Бу трубкадан олинган рентген нурларининг энг кичик тўлқин узунлиги $0,194 \text{ \AA}$ га тенг. Бу маълумотлардан Планк доимийси топилсин.

20.29. Рентген трубкасига 1) 30 кВ , 2) 40 кВ ва 3) 50 кВ потенциаллар айирмаси берилган. Узлуксиз рентген спектрининг қисқа тўлқин чегараси топилсин.

20.30. Рентген трубкасига берилган кучланишнинг 23 кВ га камайиши изланаётган тўлқин узунлигини 2 марта орттиришни маълум бўлса, узлуксиз рентген спектрининг қисқа тўлқин чегараси топилсин.

20.31. Радий C чиқарган γ -нурланиш тўлқин узунлиги $0,016 \text{ \AA}$. Шундай тўлқин узунликли рентген нурларини олиш учун рентген трубкасига қандай потенциаллар айирмаси берилиши керак?

20.32. Антикатоод материали сифатида 1) мис, 2) кумуш, 3) вольфрам ва 4) платина олинган бўлса, K -сериядаги барча чизиқларни олиш учун рентген трубкасига энг кичик қанча кучланиш берилиши керак?

20.33. Мозли формуласи характеристик рентген нурлари частотаси билан антикатоод ясалган элементнинг тартиб номери ўртасидаги боғланишни етарлича аниқлик билан беради деб ҳисоблаб, 1) темир, 2) мис, 3) молибден, 4) кумуш, 5) тантал, 6) вольфрам ва 7) платинадан қилинган антикатоодли трубка берадиган K -серия рентген нурларининг энг катта тўлқин узунлиги топилсин. K -серия учун экранлаш доимийси бирга тенг.

20.34. Агар вольфрам атомидаги электрон M -қатламдан L -қатламга ўтаётганида $\lambda = 1,43 \text{ \AA}$ тўлқин узунликли рентген нурлари чиқарса, L -серия рентген нурлари учун экранлаш доимийсини топинг.

20.35. Атомдаги электрон L -қатламдан K -қатламга ўтаётганида $0,788 \text{ \AA}$ тўлқин узунликли рентген нурларини чиқаради. Бу қандай атом? K -серия учун экранлаш доимийси бирга тенг.

20.36. Муайян V ҳажмдаги ҳавони рентген нурлари билан нурлантирилган. Нурланиш дозаси $4,5 \text{ p}$. Мазкур ҳажмдаги атомларнинг қанча улуши бу нурланиш билан ионлашганлигини топинг.

20.37. Рентген трубкаси муайян масофада қуввати $2,58 \times 10^{-5} \text{ a/kg}$ бўлган дозани ҳосил қилади. Шу масофада мазкур трубка бир грамм ҳавода бир секундда қанча жуфт ион ҳосил қилади?

20.38. 6 cm^3 ҳажмли ионизация камерасидаги нормал шароитдаги ҳавони рентген нурлари билан нурлантирилган. Рентген нурлари дозасининг қуввати $0,48 \text{ mpr/soat}$. Ионлашишнинг тўйиниш токини топинг.

20.39. Муайян тўлқин узунликдаги рентген нурларининг ярим кучсизланиши учун алюминийнинг қалинлигини топинг. Бу тўлқин узунлик учун алюминийнинг массали ютилиш коэффициенти $5,3 \text{ m}^2/\text{kg}$.

20.40. $0,2 \text{ \AA}$ тўлқин узунликли рентген нурлари $0,15 \text{ мм}$ қалинликдаги темир қатламидан ўтганида интенсивлиги неча барабар камаяди? Бу тўлқин узунлик учун темирнинг массали ютилиш коэффициенти $1,1 \text{ m}^2/\text{kg}$.

20.41. Бундан аввали масала шартларидан темирнинг рентген нурларининг ярим кучсизланиши учун темир қатлам қалинлигини топинг.

20.42. Қуйидаги жадвалда 1 Мэв энергияли рентген нурларини ярим кучсизлантирувчи баъзи материалларнинг қалинлиги қийматлари берилган. 1) Рентген нурларининг мазкур энергияси учун бу материалларнинг қизиқли ва массали ютилиш коэффициентларини топинг. 2) Мазкур маълумотлар қандай тўлқин узунликли рентген нурлари учун олинганлигини кўрсатинг.

Модда	Сув	Алюминий	Темир	Қўроғош
$x, \text{ см}$	10.2	4.5	1.56	0.87

20.43. Рентген нурлари интенсивлигини 80 марта камайтириш учун ярим кучсизлантирувчи қатлам қанча бўлади?

21- §. Радиоактивлик

dt вақт ичида парчаланувчи радиоактив моддаларнинг атомлар миқдори мавжуд атомлар миқдорига пропорционал бўлиб, қуйидаги нисбат билан аниқланади:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N,$$

бунда λ — радиоактив парчланиш доимийси. Тенгламани интегралласак,

$$N = N_1 e^{-\lambda t},$$

бунда N_1 , $t = 0$ вақтда мавжуд атомлар сони, N — t вақт ўтгандан кейинги уларнинг сони.

Ярим емирилиш даври T ва парчланиш доимийси қуйидаги нисбатда боғланган:

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}.$$

Парчланиш доимийсига тескари миқдор $\tau = \frac{1}{\lambda}$ радиоактив атомнинг ўртача яшаш вақти деб аталади.

Агар A радиоактив препаратнинг бирор миқдори берк идишга жойлаштирилган бўлса, A модда парчаланганида яна радиоактив B препарат ҳосил бўлади, t вақт ўтгандан кейин идишда B модда миқдори қуйидаги формула билан аниқланади:

$$N_B = N_{1A} \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}).$$

Бунда N_{1A} , $t = 0$ вақтдаги A препаратнинг миқдори, λ_A ва $\lambda_B - A$ ва B препаратларнинг тегншлигича парчалануш доимийси. Агар A препаратнинг ярим емирилиш даври B препаратнинг ярим емирилиш давридан анча катта бўлса, охириги формула қуйидаги кўринишни олади:

$$N_B = N_{1A} \frac{\lambda_A}{\lambda_B} (1 - e^{-\lambda_B t}).$$

Радиоактив мувозанатда $\frac{N_A}{N_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A}$.

Радиоактив препаратнинг солиштирма активлиги парчаланаяётган модда масса бирлигида бир секунддаги парчалануш акти сонлари билан аниқланади.

21.1. 1 миллион полоний атомидан бир суткада қанчаси парчаланаяди?

21.2. 1 миллион радий (радон) эманацияси атомидан бир суткада қанчаси парчаланаяди?

21.3. 1 г радийнинг 1 сек даги парчалануш сони топилсин.

21.4. Активлиги 1 кюри радоннинг массаси топилсин.

21.5. Активлиги $3,7 \cdot 10^{10}$ парча/сек га тенг ${}_{84}\text{Po}^{210}$ полоний миқдори топилсин.

21.6. Радон атом сони 1 суткада 18,2% камайса, радоннинг парчалануш доимийсини топинг.

21.7. 1) Уран ${}_{92}\text{U}^{235}$ ва 2) радон ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ ларнинг солиштирма активлигини топинг.

21.8. Гейгер — Мюллер ионизация счётчикларида радиоактив препарат бўлмаганда ҳам маълум «фон» бўлади. Шу фон космик нурланишлардан ёки радиоактив ифлосликдан вужудга келган бўлиши мумкин. 5 сек да счётчикда бир марта импульс берувчи фон қанча радон миқдорига мувофиқ келади?

21.9. Муайян радиоактив препаратнинг парчаланиш тезлиги ионизация сўтчиғи ёрдамида тадқиқ этилмоқда. Бошланғич пайтда сўтчиғи 10 сек да 75 марта импульс беради. $\frac{T}{2}$ сек вақт ўтганидан сўнг сўтчиғи 10 сек ичида неча марта импульс беради? $T \gg 10$ сек деб ҳисоблансин.

21.10. Муайян радиоактив препаратнинг парчаланиш сони $\lambda = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{с}^{-1}$. Орадан қанча вақт ўтгандан сўнг дастлабки атом миқдорининг 75% и парчаланаяди?

21.11. Табиий уран уч хил изотопларнинг ${}_{92}\text{U}^{234}$, ${}_{92}\text{U}^{235}$, ${}_{92}\text{U}^{238}$ аралашмасидан иборат. ${}_{92}\text{U}^{234}$ уранинги миқдори ннҳоятда оз (0,006%), ${}_{92}\text{U}^{235}$ ҳиссасига 0,71% тўғри келади, қолган массани (99,28%) ${}_{92}\text{U}^{238}$ уран ташкил қиладн. Маэкур изотопларнинг ярим емирилиш даврлари тегишлича $2,5 \cdot 10^5$ йил, $7,1 \cdot 10^8$ йил ва $4,5 \cdot 10^9$ йил. Ҳар бир изотопнинг табиий уран умумий радиоактивлигига киритувчи радиоактивлик процент улушини ҳисоблаб чиқаринг.

21.12. Радиоактив парчаланишда радий атоми ядросидан учиб чиқувчи α -заррачанинги кинетик энергияси 4,78 Мэв. 1) α -заррача тезлиги, 2) α -заррача учиб чиқётганда ажралувчи тўла энергияни топинг.

21.13. 1 кюри дозали радон: 1) бир соатда ва 2) ўртача яшаш вақтида қанча иссиқлик миқдори ажратади? Радондан учиб чиқувчи α -заррачанинги кинетик энергияси 5,5 Мэв.

21.14. 1 г ${}_{92}\text{U}^{238}$ уран парчаланиш маҳсулотлари билан мувозанатда $1,07 \cdot 10^{-7}$ вт қувват чиқаради. Уран атомларининг ўртача яшаш вақтида бир грамм атом уран чиқарган иссиқликнинг тўла миқдори топилсин.

21.15. Бир соатда 1 г радийдан ҳосил бўлган радоннинг активлиги нимага тенг?

21.16. Бир йилда 1 г радийнинг парчаланишидан ҳосил бўлган гелий миқдори нормал шароитда 0,043 см³ ҳажмини эгаллайди. Булардан Авогадро сонини топинг.

21.17. Берк идиш (ампула) га 1,5 г радийли препарат жойлаштирилган. $t = \frac{T}{2}$ вақтдан кейин бу ампулада қанча миқдор радон тўпланади? Бунда T — радоннинг ярим емирилиш даври.

21.18. Берк идишга бирор миқдор радий жойлаштирилган. 1) Бу идишдаги N радон атомларининг сони қанча

вақтдан сўнг радийнинг бу идишдаги радон билан радиоактив мувозанатига мувофиқ келадиган N' радон атомлари сонидан 10% га фарқ қилади? 2) $0 \leq t \leq 6T$ интервалда вақтга нисбатан $\frac{N}{N'}$ боғланишни берувчи эгри чизиқни чизинг. Абсцисса ўқи деб вақт бирлиги учун радоннинг ярим емирилиш даври T ни қабул қилинг.

21.19. Бўш идишга бирор миқдор N' радон жойлаштирилган. 1) $0 \leq t \leq 20$ сутка интервалда ҳар икки суткада идишдаги радон миқдорининг $\frac{N}{N'}$ вақтга боғланиш эгри чизиғини чизинг. Радон учун $\lambda = 0,181$ сутка⁻¹. 2) Бу эгри чизиқ $\frac{N}{N'} = f(t)$ дан радоннинг ярим емирилиш даврини топинг.

21.20. Қуйидаги жадвалда бирор радиоактив элемент a активлигининг t вақтга боғлиқлигининг ўлчаш натижалари келтирилган:

t, c	0	3	6	9	12	15
$a, \text{мюри}$	21,6	12,6	7,6	4,2	2,4	1,8

Бу элементнинг ярим емирилиш даврини топинг.

21.21. 400 мюри активликли радон ампулага жойлаштирилган. Ампула тўлдирилганидан кейин қанча вақт ўтгач радон $2,22 \cdot 10^9$ парч/сек ни беради.

21.22. Уран рудасидаги қўрғошин ураннынг қатор емирилишининг сўнгги маҳсулоти бўлганлигидан рудадаги уран миқдорининг қўрғошин миқдорига нисбатидан руданинг ёшини аниқлаш мумкин. Бу рудада 1 кг ${}_{92}\text{U}^{238}$ уранга 320 г қўрғошин тўғри келса, уран рудасининг ёшини аниқланг.

21.23. Радий ва ураннынг ярим емирилиш давлари маълум бўлса, табиий уран рудасидаги битта радий атомга нечта уран атоми тўғри келишини топинг.

Қўрсатма. Табиий уран радиоактивлиги асосан ${}_{92}\text{U}^{238}$ изотопига боғлиқ эканлиги назарда тутилсин.

21.24. Таркибида 42% соф уран бўлган қанча рудадан 1 г радий олиш мумкин?

21.25. Радий препаратидан α -заррачалар $1,5 \cdot 10^4$ км/сек тезликда учиб чиқиб, флуоресценцияланувчи экранга бориб урилади. Экран 1 *шам* га 0,25 *вт* истеъмол қилади деб, 1 *мкг* радий чиқарган барча α -заррачалар экранга тушса, экраннинг ёруғлик кучини топинг.

21.26. Бу изотопнинг яшаш вақтида радиоактив изотоп дастлабки миқдорининг қанча улуши парчаланди?

21.27. 1 *мкг* полоний ${}_{84}\text{Po}^{210}$ активлигини топинг.

21.28. Сушый йўл билан олинган стронций ${}_{38}\text{Sr}^{90}$ радиоактив изотопининг солиштирма активлигини топинг.

21.29. 10 *мг* радиоактив изотоп ${}_{20}\text{Ca}^{45}$ га 30 *мг* радиоактивмас изотоп ${}_{20}\text{Ca}^{40}$ аралаштирилган. Препаратнинг солиштирма активлиги қанчага камайган?

21.30. 10 суткадан сўнг парчаланган атомлар сонининг парчаланмаган атомлар сонига нисбати 50% бўлиши учун 5 *мг* радиоактивмас изотоп ${}_{83}\text{Bi}^{209}$ га қанча радиоактив изотоп ${}_{83}\text{Bi}^{210}$ аралаштириш керак? ${}_{83}\text{Bi}^{210}$ парчаланishi доимийси $\lambda = 0,14$ сутка $^{-1}$.

21.31. Тўртта α -парчаланишдан ва иккита β -парчаланишдан сўнг ${}_{90}\text{Th}^{232}$ дан қанча изотоп ҳосил бўлади?

21.32. Учта α -парчаланиш ва иккита β -парчаланишдан сўнг ${}_{92}\text{U}^{238}$ дан қандай изотоп ҳосил бўлади?

21.33. Иккита β -парчаланиш ва битта α -парчаланишдан сўнг ${}_{92}\text{U}^{239}$ дан қандай изотоп ҳосил бўлади?

21.34. Битта β -парчаланиш ва битта α -парчаланишдан сўнг ${}_{3}\text{Li}^8$ радиоактив изотопдан қандай изотоп ҳосил бўлади?

21.35. Тўртта β -парчаланишдан сўнг ${}_{51}\text{Sb}^{133}$ сурьма радиоактив изотопидан қандай изотоп ҳосил бўлади?

21.36. Радиоактив парчаланишда ${}_{84}\text{Po}^{214}$ полоний атоми ядросидан учиб чиққан α -заррача кинетик энергияси 7,68 *Мэв*. 1) α -заррачанинг тезлигини, 2) α -заррача учиб чиқаётганда ажралган тўла энергияни, 3) ҳавода бир жуфт ион ҳосил бўлиши учун $W_0 = 34$ *эв* энергия талаб қилинади деб, α -заррача ҳосил қилган жуфт ионлар сонини, 4) 1 *мкюри* дозали полоний чиқарган барча заррачаларнинг ионизация камерасида ҳосил қилган тўйиниш токини топинг.

22- §. Ядро реакциялари

Ҳар қандай изотоп ядросининг боғланиш энергияси қуйидаги муносабатдан аниқланади:

$$\Delta W = c^2 \Delta M,$$

бунда ΔM — ядрони ташкил этувчи заррачалар массалари билан ядронинг ўз массаси ўртасидаги фарқ. Демак,

$$\Delta M = ZM_p + (M - Z)M_n - M_A \quad (1)$$

бунда Z — изотопнинг тартиб номери, M — масса сони, M_p — протон массаси, M_n — нейтрон массаси ва M_A — изотоп ядросининг массаси. $M_A = M_A - Zm$ бўлганлигидан (бунда M_A — изотоп массаси ва m — электрон массаси) бундан аввалги тенгламани қуйидагига алмаштира бўлади:

$$\Delta M = ZM_{H^1} + (M - Z)M_H - M_A \quad (2)$$

бунда M_{H^1} — ${}^1_1\text{H}$ водород изотопи массаси ва M_A — мазкур изотоп массаси.

Ядро реакциясидаги энергия ўзгариши қуйидаги муносабатдан аниқланади:

$$\Delta W = c^2 (\sum M_1 - \sum M_2), \quad (3)$$

бунда $\sum M_1$ — реакцияга қадар бўлган заррачалар массаларининг йиғиндиси ва $\sum M_2$ — реакциядан кейин заррачалар массаларининг йиғиндиси.

$\sum M_1 > \sum M_2$ бўлса, реакция энергия ажратиш билан боради, $\sum M_1 < \sum M_2$ бўлса, реакция энергия ютиш билан боради. Сўнги формулага ядро боғланиш энергиясини ҳисоблаб чиқаришдаги сингари ядро массасини эмас, балки изотоп массасини қўйишни қайд қиламиз, чунки қобиқ электронлари массасига берилган тузатишлар турли ишорали бўлиб, улар чиқариб ташланган.

22.1. Магнийнинг учта изотопи: 1) ${}_{12}\text{Mg}^{24}$, 2) ${}_{12}\text{Mg}^{26}$ ва 3) ${}_{12}\text{Mg}^{28}$ ядролари таркибидagi протон ва нейтронлар сонини топинг.

22.2. Литий изотопи ${}^7_3\text{Li}$ ядросининг боғланиш энергиясини топинг.

22.3. Гелий ${}^4_2\text{He}$ атом ядросининг боғланиш энергиясини топинг.

22.4. Алюминий атоми ${}^{27}_{13}\text{Al}$ ядросининг боғланиш энергиясини топинг.

22.5. 1) ${}^1_1\text{H}$ ва 2) ${}^3_2\text{He}$ ядроларининг боғланиш энергиясини топинг. Бу ядролардан қайси бири энг барқарор?

22.6. Кислород атоми ядросидаги ${}^8_8\text{O}$ битта нуклонга тўғри келувчи боғланиш энергиясини топинг.

22.7. Дейтерий ядросининг ${}^2_1\text{H}$ боғланиш энергиясини топинг.

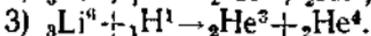
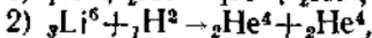
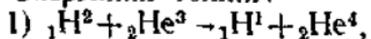
22.8. 1) ${}^7_3\text{Li}$, 2) ${}^{14}_7\text{N}$, 3) ${}^{27}_{13}\text{Al}$, 4) ${}^{40}_{20}\text{Ca}$, 5) ${}^{63}_{29}\text{Cu}$, 6) ${}^{113}_{48}\text{Cd}$, 7) ${}^{200}_{80}\text{Hg}$ ва 8) ${}^{238}_{92}\text{U}$ ядролардаги битта нуклонга тўғри келувчи W_0 боғланиш энергиясини топинг. $W_0 = f(M)$ боғланиш энгри чизигини чизинг, буида M — масса сони.

22.9. ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$ ядро реакциясида ажраладиган энергияни топинг.

22.10. ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$ реакциясида ютилган энергияни топинг.

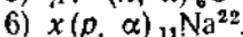
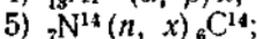
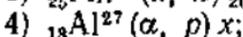
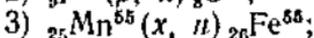
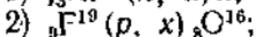
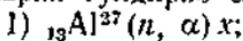
22.11. 1) ${}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$,
2) ${}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_{-1}\text{e}$ ядро реакцияларида ажраладиган энергияни топинг.

22.12. Қуйидаги термоядро реакцияларда ажраладиган энергияни топинг:



22.13. Бир грамм литийнинг тўла парчаланнш ${}^7_3\text{Li}(p, \alpha)$ реакциясида ажраладиган бутун иссиқликдан фойдаланилса, қанча миқдор сувни 0°C дан қайнагунча иситса бўлади?

22.14. Қуйидаги ядро реакцияларида етишмаётган ишораларни тўлдириб ёзинг:



22.15. ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^0_{-1}\text{e}$ реакциясида ажраладиган энергияни топинг.

22.16. ${}^4_2\text{Be} + {}^1_1\text{H}^2 \rightarrow {}^8_3\text{B}^{10} + {}^0_0n^1$ реакцияда ажраладиган энергияни топинг.

22.17. Азот изотопи ${}^7_7\text{N}^{14}$ нейтронлар билан бомбардимон қилинганида β -радиоактив углерод изотопи ${}^6_6\text{C}^{14}$ ҳосил бўлади. Иккала реакциянинг тенгламаларини ёзинг.

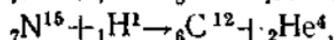
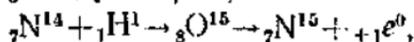
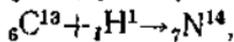
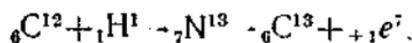
22.18. Алюминий изотопи ${}^{13}_{13}\text{Al}^{27}$ α -заррачалар билан бомбардимон қилинганида радиоактив фосфор изотопи ${}^{15}_{15}\text{P}^{30}$ ҳосил бўлади, кейин бу изотоп позитрон чиқариб парчаланadi. Иккала реакциянинг тенгламаларини ёзинг. Олинган изотопнинг ярим емирилиш даври 130 сек бўлса, бу изотопнинг солиштирма активлигини топинг.

22.19. ${}^{11}_{11}\text{Na}^{23}$ изотоп дейтонлар билан бомбардимон қилинганида β -радиоактив изотоп ${}^{11}_{11}\text{N}^{24}$ ҳосил бўлади. β -заррача сўтчиғи радиоактив ${}^{11}_{11}\text{Na}^{24}$ препарат яқинига ўрнатилган. Дастлабки ўлчашда сўтчиғ 1 минутда 170 марта импульс берган, бир суткадан кейин эса 1 минутда 56 марта импульс берган. Иккала реакциянинг тенгламаларини ёзинг. ${}^{11}_{11}\text{Na}^{24}$ изотопнинг ярим емирилиш даврини топинг.

22.20. ${}^{13}_{13}\text{Al}^{27} + {}^2_2\text{He}^4 \rightarrow {}^{14}_{14}\text{Si}^{30} + {}^1_1\text{H}^1$ реакцияда 1 г алюминийнинг барча ядролари бошқа ядрога айлansa қанча энергия ажраб чиқади? 2) Алюминий ядролари 8 Мэв энергияли α -заррачалар билан бомбардимон қилинганида $2 \cdot 10^6$ заррачадан битта α -заррача бошқа ядрога айлантирса, бу реакцияга қанча энергия сарфлаш керак бўлади?

22.21. Литий изотопи ${}^6_3\text{Li}^6$ дейтонлар билан бомбардимон қилинганида иккита α -заррача ҳосил бўлади. Бунда 22,3 Мэв энергия ажралadi. Дейтон массаси ва α -заррача массаси маълум бўлса, литий изотопи ${}^6_3\text{Li}^6$ массасини топи г.

22.22. Қуйидаги циклик реакцияда



водороддан гелий ҳосил бўлиш энергияси Қуёш нурланиши энергиясининг манбаи бўлади деб, ҳар секундда неча тонна водород гелийга айланишини ҳисоблаб чиқаринг. Қуёш дeимийси $1,96 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$. Водород Қуёш массаси-

нинг 35% ини ташкил этади деб, Қуёш нурланиши ўзгармаса, водород запаси неча йилга етишини ҳисоблаб чиқаринг.

22.23. Дейтоннинг γ - нурлар билан парчаланиш реакцияси:



Қуйидаги маълумотлар бўйича нейтрон массасини топинг: γ - квантлар энергияси 2,66 Мэв, учиб чиқаётган протонларнинг вужудга келтирган ионизация энергияси 0,22 Мэв га тенг. Нейтрон энергиясини протон энергиясига барабар деб олинсин. Дейтон ва протон массаларини маълум деб ҳисоблансин.

22.24. Фотонлар вужудга келтирган қуйидаги ядро реакцияларда етишмаётган ишораларни тўлдириб ёзинг:

- 1) ${}_{13}\text{Al}^{27}(\gamma, x){}_{12}\text{Mg}^{26}$;
- 2) ${}_{13}\text{Al}^{27}(\gamma, n)x$;
- 3) ${}_{20}\text{Cu}^{63}(\gamma, x){}_{29}\text{Cu}^{62}$;
- 4) $x(\gamma, n){}_{74}\text{W}^{181}$.

22.25. Радиоактив изотоплар ҳосил бўлиш реакцияси чиқишини икки ёқлама: ё k_1 сони — ядро айланишлари активи бомбардимон қилувчи заррачалар сонига нисбати билан, ёки k_2 сони — олинган маҳсулот активлигининг нишонини бомбардимон қилувчи заррачалар сонига нисбати билан характерлаш мумкин. k_1 ва k_2 катталиклар қандай ўзаро боғланганлигини топинг.

22.26. ${}_3\text{Li}^7$ ни протонлар билан бомбардимон қилинганда бериллийнинг ярим емирилиш даври $4,67 \cdot 10^6$ сек бўлган радиоактив изотопи ${}_4\text{Be}^7$ ҳосил бўлади. 1 мка·соат умумий зарядли бомбардимон қилувчи протонлар олинган препаратнинг активлигини 176 мккюри га орттирса бу реакция учун k_1 катталигини топинг (бундан олдинги масаланинг шартига қаранг).

22.27. ${}_{26}\text{Fe}^{56}(p, n)$ ядро реакцияси натижасида кобальтнинг ярим емирилиш даври 80 суткага барабар радиоактив изотопи ҳосил бўлади. Икки соат 10 мка токда протонлар оқими ўтганда ${}_{26}\text{Fe}^{56}$ дан нишонни нурлантирилганда ${}_{27}\text{Co}^{56}$ изотоп активлиги $5,2 \cdot 10^7$ парч/сек ни ташкил этса, бу реакциянинг k_1 чиқишини топинг (22.25- масаланинг шартига қаранг).

22.28. ${}^9\text{Be}$ бериллий кукуни ва газсимон радон тўдирилган трубкадан нейтронлар манбаи сифатида фойдаланилади. Радон α -заррачаларининг бериллий билан реакциясидан нейтронлар пайдо бўлади. 1) Нейтронларнинг олинмиш реакциясини ёзинг. 2) Манба тайёрланганидан 5 сутка ўтганда бир *сек* да $1,2 \cdot 10^6$ нейтрон берса, ундаги радон миқдорини топинг. Бундай реакциянинг чиқиши $\frac{1}{4000}$ га тенг, яъни 4000 дан фақат битта α -заррачагина реакцияни вужудга келтиради.

22.29. Юқоридаги масалада баён қилинган трубкадан нейтрон манбаи сифатида фойдаланилади. 1 *кюри* радондан чиққан α -заррачалар бериллий кукунига тушиб 1 *сек* да нечта нейтрон вужудга келтиришини топинг. 4000 та α -заррачадан фақат биттаси реакцияни вужудга келтиради деб ҳисоблансин.

22.30. ${}^{12}\text{C}$ углерод радиоактив изотопининг ҳосил бўлиш реакцияси ${}^6\text{B}^{10}(d, n)$ кўринишида, бунда d — дейтон — дейтерий ядроси, ${}^1\text{H}^2$ ишораси. ${}^{12}\text{C}$ изотопнинг ярим емирилиш даври 20 *мин*. 1) Бу реакцияда қанча миқдор энергия ажралади? 2) $k_1 = 10^{-8}$ бўлса, k_2 реакция чиқишини топинг (22.25-масаланинг шартига қаранг).

22.31. ${}^{14}\text{N}(\alpha, p)$ реакциясида α -заррачанинг кинетик энергияси $W_\alpha = 7,7$ *Мэв*. Протоннинг кинетик энергияси $W_p = 8,5$ *Мэв* эканлиги маълум бўлса, унинг α -заррача ҳаракати йўналишига нисбатан қандай бурчак ҳосил қилиб учиб чиқишини топинг.

22.32. Литий изотопи ${}^6\text{Li}$ дейтонлар билан бомбардимон қилинганда иккита α -заррачалар ҳосил бўлиб, улар бомбардимон қилаётган дейтонларнинг тезлик йўвалишига нисбатан ϕ бурчак ҳосил қилиб симметрик равишда учиб чиқади. 1) Бомбардимон қилаётган дейтонларнинг энергияси 0,2 *Мэв* бўлса, ҳосил бўлган α -заррачаларнинг кинетик энергиясини топинг. 2) ϕ бурчакни топинг.

22.33. Тритий ядроси ${}^3\text{H}$ протонлар билан бомбардимон қилинганда гелий изотопи ${}^4\text{He}^3$ ҳосил бўлади. 1) Ядро реакциясининг теңгласини ёзинг. 2) Бу реакцияда ажралган энергияни топинг. 3) Ядро реакцияси «чегарасини», яъни мазкур реакцияни вужудга келтирадиган бомбардимон қилувчи заррача кинетик энергиясининг минимал қийматини топинг.

Кўрсатма. Бомбардимон қилувчи заррача кинетик энергиясининг чегара қийматида реакция натижасида вужудга келувчи заррачаларнинг нисбий тезлиги нолга тенг деб олинсин.

22.34. ${}^7\text{N}^{14}(\alpha, p)$ ядро реакцияси бошланган энергия қийматини топинг.

22.35. ${}^3\text{Li}^7(p, n)$ ядро реакцияси бошланган энергия қийматини топинг.

22.36. Углерод ядроси ${}^6\text{C}^{12}$ дейтонлар билан бомбардимон қилинганда сунъий азот изотопи ${}^7\text{N}^{13}$ олинади. 1) Ядро реакциясининг тенгламасини ёзинг. 2) Бу реакцияда ютилган иссиқлик миқдорини топинг. 3) Бу реакция бошланиш энергия қийматини топинг. 4) Дейтонлар кинетик энергиясининг чегара қийматидаги бу реакция маҳсулотининг кинетик энергияси йиғиндисини топинг. Углерод ядроси қўзғалмас деб ҳисоблансин.

22.37. Тезлиги жуда кам («иссиқлик» нейтронлари) нейтронлар билан бор бомбардимон қилинганида ${}^6\text{B}^{10}(n, \alpha)$ реакцияси боради. 1) Бу реакцияда ажраладиган энергияни топинг. 2) Бор ядросини қўзғалмас деб ҳисоблаб ва нейтронлар тезлигига эътибор бермай, α -заррача тезлигини ва кинетик энергиясини топинг.

22.38. Литий изотопи ${}^6\text{Li}^7$ протонлар билан бомбардимон қилинганда иккита α -заррача ҳосил бўлади. Ҳар бир α -заррачанинг ҳосил бўлишидаги энергияси 9,15 Мэв. Бомбардимон қилувчи протонлар энергияси нимага тенг?

22.39. γ -нурлар билан дейтоннинг парчаланиши учун реакция боришига етарли γ -квант энергиясининг энг кичик қийматини топинг



22.40. ${}^{12}\text{Mg}^{24}(\gamma, n)$ реакциянинг бориши учун етарли γ -квант энергиясининг энг кичик қийматини топинг.

22.41. Ҳар бир бўлинишда 200 Мэв га яқин энергия ажралса, 1 г ${}^{235}\text{U}$ уранинг бўлинишидан (киловатт-соат билан ҳисоблаганда) қанча миқдор энергия олиш мумкин?

22.42. 5000 *квт* қувватли атом электр станциясида бир суткада қанча миқдор уран ${}^{235}\text{U}$ сарфланади? Фойда-

ли иш коэффициентини 17% деб олинг. Ҳар бир парчала-ниш актида 200 Мэв энергия ажралади деб ҳисобланг.

22.43. Водород бомбаси портлаганида дейтерий ва три-тийдан гелий ҳосил бўлиш термоядро реакцияси содир бў-лади. 1) Ядро реакциясини ёзинг. 2) Бу реакцияда ажрал-ган энергияни топинг. 3) 1 г гелий ҳосил бўлишида қанча миқдор энергия олиш мумкин?

23- §. Элементар заррачалар. Заррачаларни тезлаштиргичлар

Мазкур параграфдаги масалаларнинг ечими «Масалалар тўплами»нинг бундан аввалги бўлимларида кўриб чиқилган қонуниятларга: заррачаларнинг тўқнашиши, заррачаларнинг электр ва магнит майдонларидаги ҳаракати ва ҳоказолар-га асосланган. Қатор масалаларни ҳал этишда нисбийлик назариясининг формулаларидан фойдаланишга тўғри ке-лади.

23.1. Ядро физикасида нишонни бомбардимон қилувчи зарядли заррачалар сонини уларнинг микроампер-соат ($\text{мкА} \cdot \text{с}$) билан ифодаланган умумий зярди билан характерлаш қа-бул қилинган. 1 $\text{мкА} \cdot \text{с}$ қанча зарядли заррачалар сонига тўғри келишини топинг. Масалани: 1) электронлар ва 2) α -зарралар учун ҳал қилинг.

23.2. Секинлаштирувчи модданинг қўзғалмас ядроси билан нейтрон марказий эластик тўқнашганда унинг кинетик энергияси 1,4 баравар камайган. Секинлаштирувчи мод-данинг ядроси массасини топинг.

23.3. ${}_{11}\text{Na}^{23}$ изотопининг қўзғалмас ядроси билан ней-трон марказий эластик тўқнашгандан сўнг унинг тезлиги дастлабки тезлигининг қанча улушини ташкил этади?

23.4. Секинлаштирилган нейтронлар олиш учун улар таркибида водород (масалан, парафин) бўлган моддалар орасидан ўтказилади. m_0 массали нейтрон ўз кинетик энер-гиясининг қанчалик катта қисмини: 1) протонга (массаси m_0) ва 2) қўрғошин атоми ядросига (массаси $m = 207m_0$) бера олишини топинг. Мазкур энергиянинг энг катта қис-ми марказий эластик зарбга мувофиқ келади.

23.5. Зарб марказий бўлмай, нейтрон ҳар тўқнашгани-да ўрта ҳисобда 45° га оғса, бундан олдинги масалада

нейтрон билан протон ўртасида энергия тақсимотини топинг.

23.6. 4,6 Мэв энергияли нейтрон протонлар билан тўқнашиш натижасида секинлашади. Нейтрон ҳар тўқнашганда ўрта ҳисобда 45° оғади деб ҳисоблаб, унинг энергияси 0,23 эв гача камайиши учун неча марта тўқнашиши кераклигини топинг.

23.7. 3 вб/м² индукцияли бир жинсли магнит майдонига зарядли заррачалар оқими учиб кирмоқда. Заррачаларнинг тезлиги $1,52 \cdot 10^7$ м/сек бўлиб, майдон куч чизиқларининг йўналишига перпендикуляр йўналган. Заррачага таъсир этувчи куч $1,46 \cdot 10^{-11}$ н бўлса, ҳар бир заррачанинг зарядини топинг.

23.8. 0,5 тл индукцияли зарядли заррача бир жинсли магнит майдонига учиб кириб, 10 см радиусли айлана бўйлаб ҳаракат қилади. Заррачанинг тезлиги $2,4 \cdot 10^8$ м/сек. Бу заррача учун массанинг зарядига бўлган нисбатини топинг.

23.9. Электрон 180 кэ потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган. 1) Нисбийлик назариясининг тузатмаларини назарда тутиб бу электроннинг массасини, тезлигини, кинетик энергиясини ва $\frac{e}{m}$ нисбатини топинг. 2) Маэкур электрон учун релятивистик тузатмани назарда тутмай, тезлигини топинг.

23.10. Космик нурлардаги тез мезонларнинг энергияси тахминан 300 Мэв; бу мезоннинг тинч ҳолатдаги энергияси 100 Мэв. Лаборатория соати бўйича бу мезон яшаш вақтида атмосферада қанча масофани босиб ўтади? Мезоннинг хусусий яшаш вақти $\tau_0 = 2 \cdot 10^{-6}$ сек.

23.11. Космик нурлардаги мезоннинг кинетик энергияси $W = 7M_0c^2$, буида M_0 — мезоннинг тинч ҳолатдаги массаси. Бу мезоннинг хусусий яшаш вақти лаборатория билан боғлиқ координаталар системаси ҳисоб боши қилиб ҳисобланган яшаш вақтидан неча марта кичик бўлади?

23.12. Позитрон билан электрон бирикиб иккита фотон ҳосил қилади. 1) Электрон билан позитроннинг тўқнашишига қадар энергиясини назарга олинмаса, пайдо бўлган фотонлардан ҳар бирининг энергиясини топинг. 2) Бу фотонларнинг тўлқин узунлигини топинг.

23.13. Фотондан электрон ва позитрон ҳосил бўлишда фотон энергияси $2,62 \text{ МэВ}$ эди. Позитрон ва электрон пайдо бўлишда уларнинг тўла кинетик энергияси қанча бўлган?

23.14. $5,7 \text{ МэВ}$ энергияли квант ҳосил қилган электрон ва позитроннинг магнит майдонига жойлаштирилган Вильсон камерасидаги траекториясининг эгрилик радиуси 3 см . Магнит майдонининг индукциясини топинг.

23.15. Қўзғалмас нейтрал π -мезон парчаланиб, иккита бирдай фотонга айланади. Ҳар бир фотоннинг энергиясини топинг. π -мезоннинг тинч ҳолатдаги массаси $M = 264,2m_0$, буида m_0 — электроннинг тинч ҳолатдаги массаси.

23.16. Нейтрон билан антинейтрон бирикиб иккита фотон ҳосил қилади. Заррачаларнинг бошланғич энергиясини назарга олинмаса, пайдо бўлган фотонлардан ҳар бирининг энергиясини топинг.

23.17. K^0 -мезон зарядли икки π -мезонга парчаланadi. Ҳосил бўлган ҳар бир π -мезоннинг массаси унинг тинч ҳолатдаги массасидан $1,77$ марта катта. Дастлаб K^0 -мезон тинч ҳолатда бўлиб, унинг тинч ҳолатдаги массасини $965 m_0$ деб олиб (буида m_0 — электроннинг тинч ҳолатдаги массаси): 1) ҳосил бўлган π -мезонларнинг тинч ҳолатдаги массасини, 2) π -мезонларнинг ҳосил бўлиш пайтдаги тезлигини топинг.

23.18. Циклотрон магнит майдони индукцияси билан дуантларга берилган потенциаллар айирмаси частотасини боғловчи формулани келтириб чиқаринг. 2) Дуантларга берилган потенциаллар айирмаси частотасини: а) дейтонлар, б) протонлар ва в) α -заррачалар учун топинг. Магнит майдонининг индукцияси $12,6 \text{ кэс}$.

23.19. 1) Циклотрондан учиб чиққан заррачалар энергиясини ҳаракат траекториясининг максимал эгрилик радиуси билан боғловчи формулани келтириб чиқаринг. 2) Циклотрондан учиб чиққан: а) дейтонлар, б) протонлар ва в) α -заррачалар (максимал эгрилик радиуси $R = 48,3 \text{ см}$) энергиясини топинг. Дуантларга берилган потенциаллар айирмасининг частотаси 12 МГц .

23.20. Заррачалар траекториясининг максимал эгрилик радиуси $R = 0,35 \text{ м}$ бўлган циклотронда дуантларга берилган потенциаллар айирмасининг частотаси $\nu = 1,38 \cdot 10^7 \text{ Гц}$.

Протонлар билан ишлаш учун: 1) циклотроннинг синхрон ишлаши учун зарур бўлган магнит майдони индукциясини, 2) учиб чиқувчи протонларнинг максимал энергиясини топинг.

23.21. Юқоридаги масалани: 1) дейтонлар билан ва 2) α -заррачалар билан ишлаш шариоти учун ҳал қилинг.

23.22. α -заррачалар билан ишлаганда циклотронда олинадиган йон тоқининг катталиги 15 мкА. Шундай циклотроннинг иш унуми 1 с радийдан неча марта кўп?

23.23. Циклотрондаги заррачалар траекториясининг максимал эгрилик радиуси $R = 0,5$ м; магнит майдонининг индукцияси $B = 10^4$ Гс. Протонлар мазкур циклотрондаги сингари тезлашиш олиши учун қандай донмий потенциаллар айирмасидан ўтиши керак?

23.24. Циклотрон 7 МэВ энергияли дейтонлар беради. Берилган магнит майдони индукцияси 15000 Гс. Дейтон траекториясининг энг катта эгрилик радиусини топинг.

23.25. 50 см радиусли циклотрон дуантлари ўртасига $\nu = 10$ МГц частотали $U = 75$ кВ ўзгарувчан потенциаллар айирмаси берилган. 1) Циклотрон магнит майдонининг индукциясини, 2) циклотрондан учиб чиқувчи заррачалар тезлигини ва энергиясини, 3) зарядли заррача циклотрондан учиб чиққанга қадар неча марта айланишини топинг. Масала дейтонлар, протонлар ва α -заррачалар учун ҳал қилинсин.

23.26. Заррача массасининг $k = \frac{m - m_0}{m_0}$ нисбий ортиши 5% дан ортмаслиги учун циклотрондаги α -заррачаларни қанча энергияга қадар тезлаштириш мумкин?

23.27. Синхротронда тезлаштирилган дейтонлар энергияси 200 МэВ. Бу дейтонлар учун: 1) $\frac{M}{M_0}$ нисбатини (бунда M — ҳаракатдаги дейтон массаси ва M_0 — унинг тинч ҳолатдаги массаси), 2) тезлигини топинг.

23.28. Фазотронда заррача тезлиги кўпайганида заррача массасининг ортиши тезлаштирувчи майдон даврининг катталаштириш билан компенсацияланади. Протонларни тезлаштирувчи фазотронда дуантларга берилган кучлашиш частотаси тезлаштирувчи ҳар бир тезлаштириш циклида

ёрқинлигининг спектрал зичлиги максимуми неча баравар кўпайган?

18.18. Абсолют қора жисм $T_1 = 2900^\circ\text{K}$ температурада. Шу жисмнинг совиши натижасида энергетик ёрқинлигининг спектрал зичлиги максимумига тўғри келадиган тўлқин узунлик $\Delta\lambda = 9 \text{ мкм}$ га ўзгарган. Жисм қандай T_2 температурага қадар совиган.

18.19. Жисм сирти 1000°K температурага қадар қиздирилган. Сўнгра бу сиртнинг ярми 100°K га қиздирилган, иккинчи ярми эса 100°K га совитилган. Бу жисм сиртининг энергетик ёрқинлиги неча баравар ўзгаради?

18.20. Радиуси 2 см қорайган металл шарнинг температурасини атрофдаги муҳитга нисбатан 27° дан ортиқ тутиш учун унга қандай қувват келтирмоқ керак? Атрофдаги муҳит температураси 20°C . Бунда иссиқлик фақат нурланиш ҳисобигагина йўқолади деб ҳисоблансин.

18.21. Қорайган шар 27°C температурадан 20°C температурага қадар совийди. Унинг энергетик ёрқинлигининг спектрал зичлиги максимумига тегишли тўлқин узунлиги қанча ўзгарган?

18.22. 1) Бир йилда нурланганида Қуёш массаси қанча камайишини топинг. 2) Қуёш нурланишини ўзгармас деб Қуёш массасининг қанча вақтда икки баравар камайишини топинг. Қуёш сиртининг температурасини 5800°K га тенг деб олиш керак.

VI БОБ

АТОМ ВА АТОМ ЯДРОСИ ФИЗИКАСИ

РАДИОАКТИВЛИК ВА ИОНЛОВЧИ НУРЛАНИШЛАР БИРЛИКЛАРИ

18-жадвалда ГОСТ 8848-63 га биноан радиоактивлик ва ионловчи нурланишлар соҳасидаги ўлчашлар учун асосий ва баъзи бир ҳосила birlikлар келтирилган.

ГОСТ 8848-63 даги системалардан ташқари ишлатиладиган birlikлар 19-жадвалда келтирилган.

Масалалар ечишга доир мисоллар

1-масала. Нормал шароитда ҳаво рентген нурлари билан нурлантирилган. Нурланиш дозаси бир рентгенга тенг. Мазкур нурланиш билан 1 см^3 ҳавода вужудга келтирилган жуфт ионлар сонини топинг.

18-жадвал

Катталик ва унинг белгиланиши	Бирлиكنи аниқлаш учун хизмат қилувчи тенглама	Ўлчов бирлиги	Қисқача белгиланиши	Катталик ўлчамлиги
Асосий birlikлар				
Узунлик l	—	метр	m	L
Масса m	—	килограмм	kg	M
Вақт t	—	секунд	$сек$	T
Ток кучи I	—	ампер	a	I
Ҳосила birlikлар				
Радиоактив маъбадаги изотопнинг активлиги (n)	$n = \frac{dN}{dt}$	секунддаги емирилиш	$емир./сек$	T^{-1}
Нурланиш натижаси свлиги J	$J = \frac{W}{st}$	ватт бўлинган метр квадрат	$вт/м^2$	MT^{-2}

Катталик ва унинг белгиланиши	Бирлигини аниқлаш учун хяэват қилучи теңглама	Улчов бирлиги	Кисқача белгиланиш	Катталик улчамлиги
Нурланишнинг ютилган дозаси $D_{ю}$	$D_{ю} = \frac{W}{m}$	жоуль бўлинган килограмм	ж/кг	L^2T^{-2}
Нурланишнинг ютилган дозаси қуввати $P_{ю}$	$P_{ю} = \frac{D_{ю}}{t}$	ватт бўлинган килограмм	вт/кг	L^2T^{-3}
Рентген ва гамма-нурланишларнинг экспозиция дозаси $D_э$	$D_э = \frac{q}{m}$	кулон бўлинган килограмм	к/кг	$M^{-1}T^1$
Рентген ва гамма-нурланишлар экспозиция дозасининг қуввати $P_э$	$P_э = \frac{D_э}{t}$	ампер бўлинган килограмм	а/кг	M^{-1}

Э с л а т м а. Нурланишнинг ютилган дозаси билан рентген ва гамма-нурланишнинг экспозиция дозасини ўлчайдиган бирликлар таърифи.

Жоуль бўлинган килограмм — модданинг 1 кг массасини 1 ж энергияли ҳар қандай турдаги ионлаштирувчи нур билан нурлантирилганда нурланишнинг ютилган дозасидир.

Кулон бўлинган килограмм — рентген ва гамма-нурланишлар дозасидан иборат бўлиб, бунда 1 кг қуруқ атмосфера ҳавосига жуфт корпускуляр эмиссия ҳавода иккала ишорадаги 1 к электр зарядини ташувчи ионларни вужудга келтиради.

19-жадвал

Катталик	Улчов бирлиги ва унинг СИ бирликлари билан боғлавиши
Радиоактив манбадаги изотопнинг активлиги	1 кюри = $3,7 \cdot 10^{10}$ парч/сек
Нурланишнинг ютилган дозаси	1 рад = 10^{-2} ж/кг
Рентген ва гамма-нурланишнинг экспозиция дозаси	1 рентген (р) = $2,57976 \cdot 10^{-4}$ к/кг

Э с л а т м а. Квант энергияси $5 \cdot 10^{-13}$ ж дан ортмайдиган (тахминан 3 Мэв) нурланишларни ўлчашда рентген ва гамма-нурланишлар экспозиция дозаси бирлиги — жоуль бўлинган килограмм, шунингдек системага кирмайдиган бирлик — рентгендан фойдаланиш мумкин.

Ечилиши. Рентген нурланиш D_0 экспозиция дозаси билан M ҳаво массасида ҳосил қилинган ионлар

$$q = D_0 M \quad (1)$$

заряд олиб ўтади.

Ҳавонинг M массаси ва V ҳажми

$$M = V \frac{\rho \mu}{RT} \quad (2)$$

нисбатда боғланган; бунда ρ — ҳавонинг босими, T — унинг температураси, μ — бир киломоль масса ва R — газ доимийси.

Қидириладиган жуфт ионлар сони

$$N = \frac{q}{e} \quad (3)$$

га тенг, бунда e — ҳар бир ион заряди. (1), (2) ва (3) дан

$$N = \frac{D_0 V \rho \mu}{eRT} \quad (4)$$

га эга бўламиз.

Масаланинг шартига кўра $D_0 = 1 \text{ p} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ к/кг}$, $V = 1 \text{ см}^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$, $\rho = 760 \text{ мм}$ симоб устуви $\cong 10^5 \text{ н/м}^2$, $\mu = 29 \text{ кг/кмоль}$, $R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град}$, $T = 273^\circ \text{К}$ ва $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ к}$. Шу маълумотларни (4) га қўйсақ, $N = 2,1 \cdot 10^9$ жуфт ион эканлиги келиб чиқади.

2-масала. Сунлий равишда олинган радиоктив кальций изотопи $^{45}_{20}\text{Ca}$ да 164 сутка ярим емирилиш даврига эга. 1 мкг бу препаратнинг активлигини топинг.

Ечилиши. Δt вақти мобайнида емирилган ΔN радиоактив модда атомлари сони $[\Delta N] = \frac{\ln 2}{T} N \Delta t$ формуласи билан аниқланади; бунда T — изотопнинг ярим емирилиш даври, N — унинг мазкур массадаги атомлари сони. Атомлар сони N препаратнинг M массаси билан $N = \frac{M}{A} N_0$ нисбатида боғланган; бунда N_0 — Авогадро сони ва A — бир кг-атом массаси. Масаланинг шартига кўра $T = 164 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ сек}$. $M = 10^{-6} \text{ кг}$, $N_0 = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/кг-атом}$, $A = 45 \text{ кг/кг-атом}$. Шу сонларни ўрнига қўйсақ, 1 сек даги парчаланишлар сони $\frac{\Delta N}{\Delta t} = 6,53 \cdot 10^8 \text{ парц/сек} = 1,77 \cdot 10^{-2} \text{ кюри} = 17,7 \text{ мкюри}$.

19- §. Ёруғликнинг квант табиати ва заррачаларнинг тўлқин хоссалари

Ёруғлик кванти (фотони) нинг энергияси қуйидаги формула билан аниқланади:

$$e = h\nu,$$

бунда $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ ж·сек — Планк доимийси ва ν — тебраниш частотаси.

Фотоннинг ҳаракат миқдори

$$p_{\phi} = \frac{h\nu}{c},$$

фотон массаси

$$m = \frac{h\nu}{c^2},$$

бунда c — ёруғликнинг бўшлиқдаги тезлиги.

Ташқи фотоэффектни вужудга келтирувчи фотон энергияси билан учиб чиқаётган электронларнинг максимал кинетик энергияси ўртасидаги боғланиш Эйнштейн формуласи билан берилади:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2},$$

бунда A — металлдан электроннинг чиқиш иши, m — электрон массаси. Агар $v = 0$ бўлса, $h\nu_0 = A$, бу ерда ν_0 — фотоэффектнинг қизил чегарасига мувофиқ келувчи частота.

Ёруғлик босимининг миқдори

$$p = \frac{E}{c}(1 + \rho),$$

бунда E — бирлик сиртга вақт бирлигида тушувчи энергия миқдори, ρ — ёруғликнинг қайтиш коэффициентини.

Комптон ҳодисасидаги рентген нурлари тўлқин узунликларининг ўзгариши қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi),$$

бунда ϕ — сочилиш бурчаги ва m — электрон массаси.

Элементар заррачалар дастаси заррача силжиши йўналишида тарқалувчи ясси тўлқин хоссасига эга. Бу даста-

нинг λ тўлқин узунлиги де Бройль нисбати билан аниқланади:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2W_k m}},$$

бунда v — заррачалар тезлиги, m — заррачалар массаси ва W_k — уларнинг кинетик энергияси. Агар заррачаларнинг v тезлиги ёруғлик тезлиги c билан ўлчовдош бўлса, у ҳолда юқоридаги формула қуйидаги кўринишни олади:

$$\lambda = \frac{h}{m_0 v \sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{h}{\sqrt{2W_k m_0 + \frac{W_k^2}{c^2}}},$$

бунда $\beta = \frac{v}{c}$ ва m_0 — заррачанинг тинч ҳолатидаги массаси.

19.1. 1) Қизил ёруғлик нурлари ($\lambda = 7 \cdot 10^{-5}$ см), 2) рентген нурлари ($\lambda = 0,25 \text{ \AA}$) ва 3) гамма-нурлари ($\lambda = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}$) фотониинг массасини топинг.

19.2. Фотонга мувофиқ келадиган тўлқин узунлик $0,016 \text{ \AA}$ бўлса, унинг энергияси, массаси ва ҳаракат миқдорини топинг.

19.3. Симоб ёйининг қуввати 125 вт. Қуйидаги тўлқин узунликка эга нурланишдан ҳар секундда неча квант ёруғлик чиқади: 1) $\lambda = 6123 \text{ \AA}$, 2) $\lambda = 5791 \text{ \AA}$, 3) $\lambda = 5461 \text{ \AA}$, 4) $\lambda = 4047 \text{ \AA}$, 5) $\lambda = 3655 \text{ \AA}$, 6) $\lambda = 2537 \text{ \AA}$? Бу чизиқларнинг интенсивлиги мос ҳолда 1) 2%, 2) 4%, 3) 4%, 4) 2,9%, 5) 2,5% ва 6) 4% га тенг. 80% қувват нурланишга кетади деб ҳисоблансин.

19.4. Электроннинг кинетик энергияси тўлқин узунлиги $\lambda = 5200 \text{ \AA}$ бўлган фотон энергиясига тенг бўлиши учун электрон қандай тезлик билан ҳаракат қилиши керак?

19.5. Электроннинг ҳаракат миқдори тўлқин узунлиги $\lambda = 5200 \text{ \AA}$ бўлган фотоннинг ҳаракат миқдорига тенг бўлиши учун у қандай тезлик билан ҳаракат қилиши керак?

19.6. Фотон массаси тинч турган электрон массасига тенг бўлиши учун унинг энергияси қанча бўлиши керак?

19.7. Монохроматик фотонлар дастасини $t = 0,5$ мин

вақт ичида $S = 2 \text{ см}^2$ майдончадан олиб ўтадиган ҳаракат миқдори $p_{\phi} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ г} \cdot \text{см/сек}$. Бу даста учун майдон бирлигига вақт бирлигида тушадиган энергияни топинг.

19.8. Икки атомли газ молекуласининг кинетик энергияси қандай температурада тўлқин узунлиги $\lambda = 5,89 \times 10^{-4} \text{ мм}$ бўлган фотон энергиясига барабар бўлади?

19.9. Юқори энергияларда рентген ва гамма-нурланиш дозаларини рентген билан ўлчаш учун шароит вужудга келтириш қийин бўлганлигидан, ГОСТ 8848-63 да квантлар энергияси 3 Мэв гача бўлган нурланишлар учун рентгендан доза бирлиги сифатида фойдаланишга йўл қўяди. Рентген нурланишининг қандай чегарадаги тўлқин узунлигига рентген ўлчов бирлигини қўллаш мумкинлигини аниқланг.

19.10. Ҳаракат миқдори 20°C температурадаги водород молекуласининг ҳаракат миқдорига тенг бўлган фотон массасини топинг. Молекула тезлигини ўртача квадрат тезликка барабар деб ҳисобланг.

19.11. А. Г. Столетовнинг «Актино-электрик текширишлар» (1888 йил) асарида биринчи марта фотоэффектнинг асосий қонунилари белгиланган эди. Унинг тажрибасининг натижаларидан бири бундай ифодаланган: «Тўлқин узунликлари $295 \cdot 10^{-6} \text{ мм}$ дан кам ва синдириш кўрсаткичи энг юқори бўлган нурлар разрядловчи таъсирга эга бўлади». А. Г. Столетов ишлаган металлдан электрон чиқаётганда бажарилган иш аниқлансин.

19.12. Литий, натрий, калий ва цезий учун фотоэффектнинг қизил чегарасини топинг.

19.13. Муайян металл учун фотоэффектнинг қизил чегараси 2750 \AA . Фотоэффектни вужудга келтирувчи фотон энергиясининг минимал қиймати нимага тенг?

19.14. Муайян металл учун фотоэффектнинг қизил чегараси 2750 \AA га тенг. 1) Шу металлдан электрон чиқаётганда бажарилган иш, 2) тўлқин узунлиги 1800 \AA бўлган ёруғлик билан шу металлдан ажратиб олинадиган электронларнинг максимал тезлиги, 3) мазкур электронларнинг максимал энергияси топилсин.

19.15. Металл сиртидан 3 в тескари потенциал билан бутунлай ушланадиган электронларни ажратувчи ёруғликнинг частотаси топилсин. Мазкур металлнинг фотоэффекти

тушаётган ёруғлик частотаси $6 \cdot 10^{14} \text{ сек}^{-1}$ бўлганда бошланади. Бу металлдан электрон чиқаётганда бажариладиган иш топилсин.

19.16. Калий тўлқин узунлиги 3300 \AA бўлган ёруғлик билан ёритилганида чиқадиган фотоэлектронлар учун тутувчи потенциал катталигини топинг.

19.17. Платина сиртидан фотоэффектда тутувчи потенциал катталиги $0,8 \text{ в}$ га тенг. 1) Қўлланилган нурунинг тўлқин узунлиги, 2) фотоэффект рўй берган максимал тўлқин узунлиги топилсин.

19.18. $\nu = 4,9 \text{ эв}$ энергияли ёруғлик квантлари $A = 4,5 \text{ эв}$ иш бажарган ҳолда металлдан фотоэлектронларни узиб чиқаради. Ҳар бир электрон учиб чиқаётганда металл сиртига берилган максимал импульсни топинг.

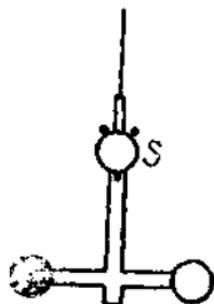
19.19. Агар бирор металл сиртидан $2,2 \cdot 10^{16} \text{ сек}^{-1}$ частотали ёруғлик билан ажралиб чиқадиган фотоэлектронлар $6,6 \text{ в}$ тескари потенциал билан, $4,6 \cdot 10^{15} \text{ сек}^{-1}$ частотали ёруғлик билан ажралиб чиқадиган фотоэлектронлар $16,5 \text{ в}$ тескари потенциал билан бутунлай тутилса, Планк доимийси h аниқлансин.

19.20. Вакуум фотоэлемент марказий катод — вольфрам шар билан анод — ички сиртига кумуш югуртирилган қолбадан иборат. Электродлар орасидаги контакт потенциаллар айирмаси сон жиҳатидан $U_0 = 0,6 \text{ в}$ га тенг бўлиб, учиб чиқаётган электронларни тезлаштиради. Фотоэлемент тўлқин узунлиги $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ га тенг бўлган ёруғлик билан ёритилади. 1) Фототок нолга қадар тушиши учун электродлар орасига қандай тутувчи потенциаллар айирмаси берилиши керак? 2) Катод билан анод орасига ташқи потенциаллар айирмаси берилмаса фотоэлектронлар анодга қадар учиб борганида қандай тезликка эришади?

19.21. Олдинги масалада фотоэлемент электродлари орасига 1 в тутувчи потенциаллар айирмаси берилган. Катодга тушаётган ёруғлик λ тўлқин узунлигининг қандай ҳадди қийматида фотоэффект ҳодисаси бошланади?

19.22. 65-расмда П. Н. Лебедевнинг ёруғлик босмиши ўлчишида ўтказган тажрибаларида ишлатган асбобнинг бир қисми кўрсатилган. Ингичка ипга осилган шиша крестонини ҳавоси сўриб олинган идишга туширилган. Крестонининг учларига платина заридан ясалган иккита енгил доирача ёпиштирилган. Доирачанинг бири қорага бўялган,

иккинчиси ялтироқлигича қолдирилган. Ёруғликни доирачалардан бирига йўналтириб ва ипнинг бурилиш бурчагиши ўлчаб (ҳисоб боши учун S кўзгуча хизмат қилади), ёруғлик босими катталигини аниқлаш мумкин. 1) Ёруғлик босимининг катталиги, 2) ёй лампа билан ялтироқ доирача ёритилганда кўзгучадан 1200 мм узоқлаштирилган шкалада шуъланинг оғиши 76 мм бўлса, лампадан 1 сек да доирачанинг 1 см^2 сиртига тушаётган энергия миқдори топилсин. Доирачаларнинг диаметри 5 мм. Доирача марказидан айланиш ўқиғача бўлган масофа 9,2 мм. Ёруғликнинг ялтироқ доирачадан қайтиш коэффициентини 0,5. Ип бурилиш моментининг ($M = k\alpha$) доимийси $k = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ дн} \cdot \text{см}/\text{рад}$.



65- расм.

19.23. П. Н. Лебедев тажрибаларидан бирида қорага бўялган доирачага ёруғлик тушганида ($\rho = 0$) ипнинг бурилиш бурчаги $10'$ бўлган. 1) Ёруғлик босими катталигини, 2) тушаётган ёруғлик қувватини топинг. Асбобга тегишли маълумотларни бундан аввалги масала шартларидан олинг.

19.24. П. Н. Лебедев тажрибаларидан бирида доирачага тушаётган монохроматик ёруғликнинг ($\lambda = 5,6 \cdot 10^{-6} \text{ см}$) қуввати 0,5 $\text{ж}/\text{мин}$ га тенг бўлган. 1) Парракчанинг 1 см^2 сиртига 1 сек да тушган фотонлар сонини; 2) 1 сек да доирачанинг 1 см^2 сиртига берилган куч импульсини топинг. а) $\rho = 0$, б) $\rho = 0,5$ ва в) $\rho = 1$ ҳоллар учун импульс катталигини топинг. Асбобга тегишли маълумотларни 19.22-масала шартларидан оласиз.

19.25. Рус астрономи Ф. А. Бредихин комета думларининг шакли Қуёш нурларининг босимидан вужудга келади деб тушунтирди. 1) Қуёшдан Ергача бўлган масофага тенг узоқликка жойлаштирилган абсолют қора жисмга тушган Қуёш нурларининг босими топилсин. 2) Агар шундай масофадаги комета думидаги заррачани Қуёш нурларининг босим кучи Қуёшнинг тортиш кучи билан мувозанатлаштирадиган бўлса, мазкур заррача массаси қандай бўлиши керак? Ўзига тушаётган барча нурларни қайтарувчи заррача юзини $0,5 \cdot 10^{-8} \text{ см}^2$ га ва Қуёш доимийсининг катталигини $8,21 \text{ ж}/\text{мин} \cdot \text{см}^2$ га тенг деб ҳисоблансин.

19.26. Юз ваттли электр лампочка деворига берадиган ёруғлик босими топилсин. Лампочка колбаси радиуси 5 см сферик идишдан иборат. Лампочка девори ўзига тушган ёруғликнинг 10% ини қайтаради. Истеъмол қилинган барча қувват нурланишга сарфланади деб ҳисоблансин.

19.27. 100 см² сиртга ҳар минутда 63 ж ёруғлик энергияси тушади. 1) Сирт ҳамма нурларни батамом қайтаридиган ва 2) ўзига тушувчи ҳамма нурларни батамом ютадиган ҳоллар учун ёруғлик босими катталигини топинг.

19.28. Монохроматик ёруғлик дастаси ($\lambda = 4900 \text{ \AA}$) сиртга нормал тушиб, унга $5 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^2$ га тенг босим беради. Шу сирт бирлигига ҳар секундда қанча квант ёруғлик тушади? Ёруғликнинг қайтиш коэффициенти $\rho = 0,25$.

19.29. $\lambda_0 = 0,708 \text{ \AA}$ тўлқин узунликли рентген нурлари парафинда комптон ҳодисаси бўйича сочилади. 1) $\frac{\pi}{2}$, 2) π йўналишларда сочилган рентген нурларининг тўлқин узунлиги топилсин.

19.30. Графит рентген нурларини 60° бурчак билан сочса (тўлқин узунлиги $2,54 \cdot 10^{-9} \text{ см}$), комптон сочилишда рентген нурларининг тўлқин узунлиги қандай бўлган?

19.31. Тўлқин узунлиги $\lambda = 0,2 \text{ \AA}$ бўлган рентген нурлари 90° бурчак билан комптон ҳодисаси бўйича сочилади. 1) Рентген нурлари сочилганда тўлқин узунлигининг ўзгаришини, 2) тепкили электрон энергиясини, 3) тепкили электрон ҳаракат миқдорини топинг.

19.32. Комптон ҳодисасида тушаётган фотон энергияси сочилган фотон билан тепкили электрон ўртасида баравар тақеимланади. Сочилиш бурчаги $\frac{\pi}{2}$. Сочилган фотон энергиясини ва ҳаракат миқдорини топинг.

19.33. Рентген нурлари энергияси 0,6 Мэв. Комптон сочилишдан кейин рентген нурларининг тўлқин узунлиги 20% га ўзгарган бўлса; тепкили электрон энергиясини топинг.

19.34. 1) 1 в ва 2) 100 в потенциаллар айирмасидан ўтган электронлар учун де Бройль тўлқин узунлиги топилсин.

19.35. Юқоридаги масалани протонлар дастаси учун ҳал қилинг.

19.36. 1) 10^8 см/сек тезликда учаётган электрон учун; 2) 300°K температурада ўртача квадрат тезликка баравар тезликда ҳаракатланаётган водород атоми учун; 3) 1 см/сек тезликда ҳаракатланаётган 1 г массали шар учун де Бройль тўлқин узунлигини топинг.

19.37. Кинетик энергияси: 1) 10 кэв, 2) 1 Мэв бўлган электрон учун де Бройль тўлқин узунлигини топинг.

19.38. 200 в потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган зарядли заррача $0,0202 \text{ \AA}$ га тенг де Бройль тўлқин узунлигига эга. Заррача заряди сон жиҳатдан электрон зарядига тенг бўлса, шу заррачанинг массасини топинг.

19.39. Қуйидаги тезликлар: 1) $2 \cdot 10^8$ м/сек, 2) $2,2 \cdot 10^8$ м/сек, 3) $2,4 \cdot 10^8$ м/сек, 4) $2,6 \cdot 10^8$ м/сек, 5) $2,8 \cdot 10^8$ м/сек учун (v тезликка боғлиқ) электроннинг де Бройль тўлқин узунлиги қийматлари жадвалини тузинг.

19.40. α - заррача кучланганлиги 250 э бўлган бир жинсли магнит майдонида $0,83$ см радиусли айлана бўйича ҳаракат қилади. Шу α - заррача учун де Бройль тўлқин узунлигини топинг.

19.41. 20°C температурада кўпроқ эҳтимол тезликда ҳаракат қилаётган водород атоми учун де Бройль тўлқин узунлигини топинг.

20- §. Бор атоми. Рентген нурлари

Борнинг биринчи постулатига кўра электрон ядро атрофида радиуслари қуйидаги муносабатни қаноатлантирадиган муайян орбиталар бўйичагина ҳаракат қилиши мумкин:

$$m v_k r_k = k \frac{h}{2\pi}$$

бунда m — электрон массаси, v_k — унинг k - орбитадаги тезлиги, r_k — шу орбитанинг радиуси, h — Планк доимийси ва k — ихтиёрий бутун сон (квант сони).

Борнинг иккинчи постулатига кўра электроннинг бир орбитадан иккинчи орбитага ўтишига мувофиқ келувчи нурланиш частотаси қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$h\nu = W_n - W_k$$

бунда k ва n — орбита номерлари ($n > k$), W_k ва W_n — шуларга мувофиқ келувчи электрон энергиясининг қий-матлари.

Водород спектри чизиқларига мувофиқ келувчи частота ν ёки тўлқин узунлиги λ ни топишга имкон берувчи фор-мула қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R c \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

бунда k ва n — орбиталарнинг номерлари, c — ёруғликнинг бўшлиқдаги тезлиги ва R — Ридберг доимийси,

$$R = \frac{e^4 m}{8 \epsilon_0^3 h^3 c} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1},$$

бунда e — электрон заряди, m — унинг массаси, h — Планк доимийси ва ϵ_0 — электр доимийси. Водородсимон ионлар-нинг ν частотаси ёки λ тўлқин узунлигини топишга имкон берувчи формула қуйидаги кўринишда:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R c Z^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

бунда Z — элементнинг тартиб номери.

Рентген нурлари дифракциясида Вульф — Брегг тенг-ламаси ўрнили бўлади:

$$2d \sin \varphi = m \lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

бунда d — кристаллнинг атом текисликлари ўртасидаги ма-софа ва φ — рентген нурлари дастаси билан кристалл сир-ти орасидаги бурчак.

Туташ рентген спектрининг қисқа тўлқинли чегараси ν_0 қуйидаги муносабатдан топилиши мумкин:

$$h \nu_0 = eU,$$

бунда U — рентген трубкасига берилган потенциаллар айир-маси.

Рентген характеристик (қаттиқ ёки юмшоқ) нурларининг тўлқин узунликлари Мозли формуласи билан топилиши мумкин:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R c (Z - b)^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

бунда Z — антикатод ясалган элементнинг тартиб номери ва b — «экранлаш доимийси». Сўнги формула бундай ёзилиши ҳам мумкин:

$$\sqrt{v} = a(Z - b),$$

бунда

$$a = \sqrt{Rc \left(\frac{1}{h^2} - \frac{1}{n^2} \right)}.$$

Қалинлиги x пластинкадан ўтган рентген нурлари дастасининг интенсивлиги қуйидаги формула билан аниқланади:

$$I = I_0 e^{-\mu x},$$

бунда, I_0 — пластинкага тушувчи дастанинг интенсивлиги ва μ — ютилишнинг чизиқли коэффициент. Ютилиш коэффициенти μ рентген нурлари тўлқин узунлигига ва модда зичлигига боғлиқ. Ютилишнинг масса коэффициенти μ_m чизиқли коэффициент μ га $\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$ муносабатда боғланган, бунда ρ — материал зичлиги.

Турли моддалар билан рентген нурларининг ютилиши «ярим кучсизланиш қатлами» билан, яъни тушаётган нурлар интенсивлигини икки барабар камайтирувчи пластинка қалинлиги билан характерлаш мумкин.

20.1. 1) Водород атомидagi биринчи учта бор электрон орбиталарининг радиусларини, 2) улардаги электрон тезлигини топинг.

20.2. Биринчи бор орбитасидаги электроннинг кинетик, потенциал ва тўла энергияси сон қийматини топинг.

20.3. Водород атомининг n - орбитасида турган электроннинг кинетик энергиясини ҳисоблаб чиқаринг. Масалани $n = 1, 2, 3$ ва ∞ учун ҳал қилинг.

20.4. 1) Биринчи бор орбитасидаги водород атоми электронининг айланиш даврини; 2) унинг бурчак тезлигини топинг.

20.5. Спектрнинг кўринадиган соҳасидаги водород спектрал чизиқларининг энг кичик ва энг катта тўлқин узунликларини топинг.

20.6. 1) Водород спектрининг ультрабинафша сериясидаги энг катта тўлқин узунлигини топинг, 2) электрон урилишидан водород атомлари ғалаёнланишида чизиқ пай-

до бўлиши учун электронлар қандай энг кичик тезликка эга бўлиши керак?

20.7. Водород атомининг ионланиш потенциалини аниқланг.

20.8. Водород атомининг дастлабки галаёнланиш потенциалини аниқланг.

20.9. 1) Водород атомлари электронлар урилишидан галаёнланишида водород спектри серияларининг барча чизиқлари пайдо бўлиши учун бу электронлар қанча энг кичик энергияга (электрон-вольт ҳисобида) эга бўлиши керак? 2) Бу электронлар қандай энг кичик тезликка эга бўлиши керак?

20.10. Водород атомлари электронлар урилишидан галаёнланишида водород спектри фақат битта спектрал чизиққа эга бўлиши учун бомбардимон қилувчи электронларнинг энергияси қандай чегарада бўлиши керак?

20.11. Водород атомлари электронлар урилишидан галаёнланишида водород спектри учта спектрал чизиқларга эга бўлиши учун бу электронлар (электрон-вольт ҳисобида) қандай энг кичик энергияга эга бўлиши керак? Бу линияларнинг тўлқин узунлигини топинг.

20.12. Водород атомлари монохроматик ёруғлик квантлардан галаёнланишида учта спектрал чизиқ кузатилган бўлса, бу ёруғликнинг тўлқин узунликлари қандай чегарида ётиши керак?

20.13. Тўлқин узунлиги $\lambda = 4860 \text{ \AA}$ бўлган фотон атомни нурлантирганида водород атомида электроннинг кичик энергияси қанчага ўзгарган?

20.14. Водород атомлари монохроматик ёруғлик квантлари билан галаёнланишида электроннинг орбита радиуси 9 марта катталаниши учун бу ёруғлик тўлқин узунлиги қандай чегарада ётиши керак?

20.15. Дифракцион панжарага атомар водород тўлғазилган разряд трубасидан ёруғлик дастаси нормал тушиб турибди. Панжара доимийси $5 \cdot 10^{-4} \text{ см}$. Бу панжара ёрдамида бешинчи тартиб спектрда 41° бурчак билан кузатиладиган спектрал чизиқ электроннинг қандай ўтишига мувофиқ келади?

20.16. Водород атомида биринчи бор орбитасида ҳаракатланадиган электрон учун де Бройль тўлқин узунлигини топинг.

20.17. 1) Бир карра ионлашган гелий учун биринчи бор электрон орбитаси радиусини, 2) ундаги электрон тезлигини топинг.

20.18. 1) Бир карра ионлашган гелий, 2) икки карра ионлашган литийнинг биринчи галаёнлашиш потенциалини топинг.

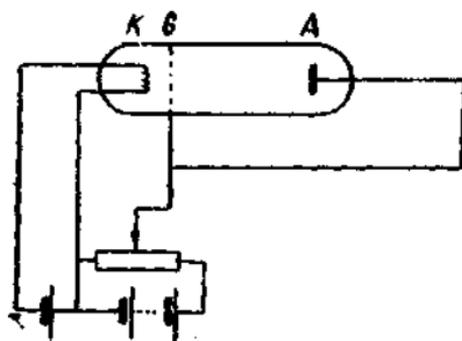
20.19. 1) Бир карра ионлашган гелий ва 2) икки карра ионлашган литийнинг ионланиш потенциалини топинг.

20.20. Бир карра ионлашган гелий атомида электроннинг иккинчи бор орбитасидан биринчи бор орбитасига ўтишига мувофиқ келувчи фотоннинг тўлқин узунлигини топинг.

20.21. Олдинги масала литийнинг икки карра ионлашган атоми учун ҳал қилинсин.

20.22. Электрон атомнинг бир орбитасидан иккинчи орбитасига ўтганида натрийнинг D - чизиги нурланади. Бунда атом энергияси $3,37 \cdot 10^{-19}$ ж га камаяди. Натрий D - чизигининг тўлқин узунлиги аниқлансин.

20.23. 66- расмда натрийнинг резонанс потенциалини аниқлайдиган асбоб схемаси тасвирланган. Трубкада натрий буғи бор. Электродлар G ва A бирдай потенциалга эга. Тўлқин узунлиги 5890 \AA ли спектрал чизик K катод



166- расм.

билан G тўр ўртасида потенциаллар айирмаси қандай бўлганда кузатилади?

20.24. Электрон $4,9 \text{ e}$ потенциаллар айирмасидан ўтгач, симоб атоми билан тўқнашиб, уни биринчи галаёиланган ҳолатга ўтказди. Симоб атомининг нормал ҳолатга ўтишига мувофиқ келувчи фотон қандай тўлқин узунлигига эга бўлади?

20.25. 67- расмда рентген нурларининг дифракциясини кузатадиган экспериментал қурлма тасвирланган. C кристалл айланганида тўлқин узунлиги Вульф — Брегг теңламасини қаноатлантирадиган нургина фотография пластинкаси B да қайд қилинади. Рентген нурлари дастаси билан

кристалл текислиги ўртасидаги бурчак қанчалик кичик бўлганда $0,2 \text{ \AA}$ тўлқин узунликли рентген нурлари қайтган? Кристалл панжарасининг доимийси $3,03 \text{ \AA}$ га тенг.

20.26. Тош тузининг бир киломоль оғирлиги ва zichлиги ($\rho = 2,2 \text{ г/см}^3$) маълум бўлса, панжарасининг доимийси топилсин. Тош тузи кристаллари оддий куб структурага эга.

20.27. Планк доимийси h ни рентген нурлари ёрдамида экспериментал йўл билан аниқлашда кристалл маълум θ бурчак остида ўрнатилди. Рентген трубкасига берилган потенциаллар айирмаси эса мазкур бурчакка мос келувчи чизиқ пайдо бўлгунча орттирилади.

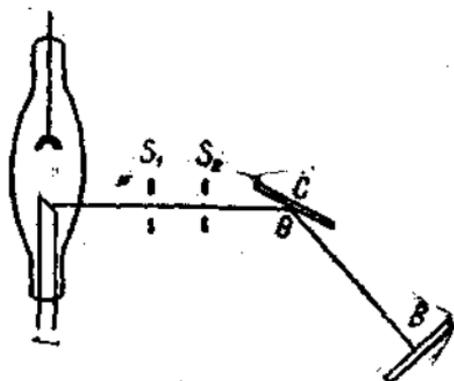
Қуйидаги маълумотлар бўйича Планк доимийси топилсин: тош тузи кристалли 14° бурчак остида ўрнатилган; машина шу бурчакка мос келувчи чизиқ биринчи марта пайдо бўлганда потенциаллар айирмаси 9100 в бўлган. Кристалл панжарасининг доимийси $2,81 \text{ \AA}$.

20.28. Рентген трубкасига электродларига 60 кВ потенциаллар айирмаси берилган. Бу трубкадан олинган рентген нурларининг энг кичик тўлқин узунлиги $0,194 \text{ \AA}$ га тенг. Бу маълумотлардан Планк доимийси топилсин.

20.29. Рентген трубкасига 1) 30 кВ , 2) 40 кВ ва 3) 50 кВ потенциаллар айирмаси берилган. Узлуксиз рентген спектрининг қисқа тўлқин чегараси топилсин.

20.30. Рентген трубкасига берилган кучланишнинг 23 кВ га камайиши изланаётган тўлқин узунликни 2 марта орттириши маълум бўлса, узлуксиз рентген спектрининг қисқа тўлқин чегараси топилсин.

20.31. Радий C чиқарган γ -нурланиш тўлқин узунлиги $0,016 \text{ \AA}$. Шундай тўлқин узунликли рентген нурларини олиш учун рентген трубкасига қандай потенциаллар айирмаси берилиши керак?



67- расм.

20.32. Антикато́д материали сифатида 1) мис, 2) кумуш, 3) вольфрам ва 4) платина олинган бўлса, *K*-сериядаги барча чизиқларни олиш учун рентген трубкасига энг кичик қанча кучланиш берилши керак?

20.33. Мозли формуласи характеристик рентген нурлари частотаси билан антикато́д ясалган элементнинг тартиб номери ўртасидаги боғланишни етарлича аниқлик билан беради деб ҳисоблаб, 1) темир, 2) мис, 3) молибден, 4) кумуш, 5) таптал, 6) вольфрам ва 7) платинадан қилинган антикато́дли трубка берадиган *K*-серия рентген нурларининг энг катта тўлқин узунлиги топилсин. *K*-серия учун экранлаш доимийси бирга тенг.

20.34. Агар вольфрам атомидаги электрон *M*-қатламдан *L*-қатламга ўтаётганида $\lambda = 1,43 \text{ \AA}$ тўлқин узунликли рентген нурлари чиқарса, *L*-серия рентген нурлари учун экранлаш доимийсини топинг.

20.35. Атомдаги электрон *L*-қатламдан *K*-қатламга ўтаётганида $0,788 \text{ \AA}$ тўлқин узунликли рентген нурларини чиқарали. Бу қандай атом? *K*-серия учун экранлаш доимийси бирга тенг.

20.36. Муайян *V* ҳажмдаги ҳавони рентген нурлари билан нурлантирилган. Нурланиш дозаси $4,5 \text{ p}$. Мазкур ҳажмдаги атомларнинг қанча улуши бу нурланиш билан ионлашганлигини топинг.

20.37. Рентген трубкаси муайян масофада қуввати $2,58 \times 10^{-5} \text{ a/кг}$ бўлган дозани ҳосил қилади. Шу масофада мазкур трубка бир грамм ҳавода бир секундда қанча жуфт ион ҳосил қилади?

20.38. 6 см^3 ҳажмли ионизация камерасидаги нормал шароитдаги ҳавони рентген нурлари билан нурлантирилган. Рентген нурлари дозасининг қуввати $0,48 \text{ мр/соат}$. Ионлашишнинг тўйиниш токини топинг.

20.39. Муайян тўлқин узунликдаги рентген нурларининг ярим кучсизланиши учун алюминийнинг қалинлигини топинг. Бу тўлқин узунлик учун алюминийнинг массали ютилиш коэффициентини $5,3 \text{ м}^2/\text{кг}$.

20.40. $0,2 \text{ \AA}$ тўлқин узунликли рентген нурлари $0,15 \text{ мм}$ қалинликдаги темир қатламидан ўтганида интенсивлиги печка баравар камаяди? Бу тўлқин узунлик учун темирнинг массали ютилиш коэффициентини $1,1 \text{ м}^2/\text{кг}$.

20.41. Бундан аввалги масала шартларидан темирнинг рентген нурларининг ярим кучсизланиши учун темир қатлам қалинлигини топинг.

20.42. Қуйидаги жадвалда 1 Мэв энергияли рентген нурларини ярим кучсизлантирувчи баъзи материалларнинг қалинлиги қийматлари берилган. 1) Рентген нурларининг мазкур энергияси учун бу материалларнинг чизиқли ва массали ютилиш коэффициентларини топинг. 2) Мазкур маълумотлар қандай тўлқин узунликли рентген нурлари учун олинганлигини кўрсатинг.

Модда	Сув	Алюминий	Темир	Қўرғошин
$x, \text{ см}$	10,2	4,5	1,56	0,87

20.43. Рентген нурлари интенсивлигини 80 марта камайтириш учун ярим кучсизлантирувчи қатлам қанча бўлади?

21- §. Радиоактивлик

dt вақт ичида парчаланувчи радиоактив моддаларнинг атомлар миқдори мавжуд атомлар миқдорига пропорционал бўлиб, қуйидаги нисбат билан аниқланади:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N,$$

бунда λ — радиоактив парчланиш доимийси. Тенгламани интегралласак,

$$N = N_1 e^{-\lambda t},$$

бунда N_1 , $t = 0$ вақтда мавжуд атомлар сони, N — t вақт ўтгандан кейинги уларнинг сони.

Ярим емирилиш даври T ва парчланиш доимийси қуйидаги нисбатда боғланган:

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}.$$

Парчланиш доимийсига тесқари миқдор $\tau = \frac{1}{\lambda}$ радиоактив атомнинг ўртача яшаш вақти деб аталади.

Агар A радиоактив препаратнинг бирор миқдори берк идишга жойлаштирилган бўлса, A модда парчаланганида яна радиоактив B препарат ҳосил бўлади, t вақт ўтгандан кейин идишда B модда миқдори қуйидаги формула билан аниқланади:

$$N_B = N_{1A} \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}).$$

Бунда N_{1A} , $t = 0$ вақтдаги A препаратнинг миқдори, λ_A ва λ_B — A ва B препаратларнинг тегишлигича парчланиш доимийси. Агар A препаратнинг ярим емирилиш даври B препаратнинг ярим емирилиш давридан анча катта бўлса, охириги формула қуйидаги кўринишни олади:

$$N_B = N_{1A} \frac{\lambda_A}{\lambda_B} (1 - e^{-\lambda_B t}).$$

Радиоактив мувозанатда $\frac{N_A}{N_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A}$.

Радиоактив препаратнинг солиштирма активлиги парчланаётган модда масса бирлигида бир секунддаги парчланиш акти сонлари билан аниқланади.

21.1. 1 миллион полоний атомидан бир суткада қанчаси парчланади?

21.2. 1 миллион радий (радон) эманацияси атомидан бир суткада қанчаси парчланади?

21.3. 1 г радийнинг 1 сек даги парчланиш сони топилсин.

21.4. Активлиги 1 кюри радоннинг массаси топилсин.

21.5. Активлиги $3,7 \cdot 10^{10}$ парча/сек га тенг ${}_{84}\text{Po}^{210}$ полоний миқдори топилсин.

21.6. Радон атом сони 1 суткада 18,2% камайса, радоннинг парчланиш доимийсини топинг.

21.7. 1) Уран ${}_{92}\text{U}^{235}$ ва 2) радон ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ ларинг солиштирма активлигини топинг.

21.8. Гейгер — Мюллер ионизация счётчикларида радиоактив препарат бўлмаганда ҳам маълум «фон» бўлади. Шу фон космик нурланишлардан ёки радиоактив ифлосликдан вужудга келган бўлиши мумкин. 5 сек да счётчикда бир марта импульс берувчи фон қанча радон миқдорига мувофиқ келади?

21.9. Муайян радиоактив препаратнинг парчаланish тезлиги ионизация счётчиги ёрдамида тадқиқ этилмоқда. Бошланғич пайтда счётчик 10 сек да 75 марта импульс беради. $\frac{T}{2}$ сек вақт ўтганидан сўнг счётчик 10 сек ичида неча марта импульс беради? $T \gg 10$ сек деб ҳисоблансин.

21.10. Муайян радиоактив препаратнинг парчаланish сони $\lambda = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{с}^{-1}$. Орадан қанча вақт ўтгандан сўнг дастлабки атом миқдорининг 75% и парчаланади?

21.11. Табiiй уран уч хил изотопларнинг ${}_{92}\text{U}^{234}$, ${}_{92}\text{U}^{236}$, ${}_{92}\text{U}^{238}$ аралашмасидан иборат. ${}_{92}\text{U}^{234}$ уранинг миқдори ниҳоятда оз (0,006%), ${}_{92}\text{U}^{235}$ ҳиссасига 0,71% тўғри келади, қолган массани (99,28%) ${}_{92}\text{U}^{238}$ уран ташкил қилади. Мазкур изотопларнинг ярим емирилиш даврлари тегишлича $2,5 \cdot 10^5$ йил, $7,1 \cdot 10^8$ йил ва $4,5 \cdot 10^9$ йил. Ҳар бир изотопнинг табiiй уран умумий радиоактивлигига киритувчи радиоактивлик процент улушини ҳисоблаб чиқаринг.

21.12. Радиоактив парчаланишда радий атоми ядросидан учиб чиқувчи α -заррачанинг кинетик энергияси 4,78 Мэв. 1) α -заррача тезлиги, 2) α -заррача учиб чиқаётганда ажралувчи тўла энергияни топинг.

21.13. 1 кюри дозали радон: 1) бир соатда ва 2) ўртача яшаш вақтида қанча иссиқлик миқдори ажратади? Радондан учиб чиқувчи α -заррачанинг кинетик энергияси 5,5 Мэв.

21.14. 1 г ${}_{92}\text{U}^{238}$ уран парчаланish маҳсулотлари билан мувозанатда $1,07 \cdot 10^{-7}$ вт қувват чиқаради. Уран атомларининг ўртача яшаш вақтида бир грамм атом уран чиқарган иссиқликнинг тўла миқдори топилин.

21.15. Бир соатда 1 г радийдан ҳосил бўлган радоннинг активлиги нимага тенг?

21.16. Бир йилда 1 г радийнинг парчаланишидан ҳосил бўлган гелий миқдори нормал шароитда 0,043 см³ ҳажмини эгаллайди. Булардан Авогадро сонини топинг.

21.17. Берк идиш (ампула) га 1,5 г радийли препарат жойлаштирилган. $t = \frac{T}{2}$ вақтдан кейин бу ампулада қанча миқдор радон тўпланади? Бунда T — радоннинг ярим емирилиш даври.

21.18. Берк идишга бирор миқдор радий жойлаштирилган. 1) Бу идишдаги N радон атомларининг сони қанча

вақтдан сўнг радийнинг бу идишдаги радон билан радиоактив мувозанатига мувофиқ келадиган N' радон атомлари сонидан 10% га фарқ қилади? 2) $0 \leq t \leq 6T$ интервалда вақтга нисбатан $\frac{N}{N'}$ боғланишни берувчи эгри чизиқни чизинг. Абсцисса ўқи деб вақт бирлиги учун радоннинг ярим емирилиш даври T ни қабул қилинг.

21.19. Бўш идишга бирор миқдор N' радон жойлаштирилган. 1) $0 \leq t \leq 20$ сутка интервалда ҳар икки суткада идишдаги радон миқдорининг $\frac{N}{N'}$ вақтга боғланиш эгри чизигини чизинг. Радон учун $\lambda = 0,181$ сутка⁻¹. 2) Бу эгри чизиқ $\frac{N}{N'} = f(t)$ дан радоннинг ярим емирилиш даврини топинг.

21.20. Қуйидаги жадвалда бирор радиоактив элемент a активлигининг t вақтга боғлиқлигининг ўлчаш натижалари келтирилган:

t, c	0	3	6	9	12	15
$a, \text{мкюри}$	21,6	12,6	7,6	4,2	2,4	1,8

Бу элементнинг ярим емирилиш даврини топинг.

21.21. 400 мкюри активликли радон ампулага жойлаштирилган. Ампула тўлдирилганидан кейин қанча вақт ўтгач радон $2,22 \cdot 10^9$ парц/сек ни беради.

21.22. Уран рудасидаги қўрғошин уранинг қатор емирилишининг сўнги маҳсулоти бўлганлигидан рудадаги уран миқдорининг қўрғошин миқдорига нисбатидан руданинг ёшини аниқлаш мумкин. Бу рудада 1 кг ${}_{92}\text{U}^{238}$ уранга 320 г қўрғошин тўғри келса, уран рудасининг ёшини аниқланг.

21.23. Радий ва уранинг ярим емирилиш давлари маълум бўлса, табиий уран рудасидаги битта радий атомига неча уран атоми тўғри келишини топинг.

Қўрсатма. Табиий уран радиоактивлиги асосан ${}_{92}\text{U}^{238}$ изотопига боғлиқ эканлиги назарда тутилсин.

21.24. Таркибида 42% соф уран бўлган қанча рудадан 1 г радий олиш мумкин?

21.25. Радий препаратидан α -заррачалар $1,5 \cdot 10^4$ км/сек тезликда учиб чиқиб, флуоресценцияланувчи экранга бориб урилади. Экран 1 см га 0,25 вт истеъмол қилади деб, 1 мкг радий чиқарган барча α -заррачалар экранга тушса, экраннинг ёруғлик кучини топинг.

21.26. Бу изотопнинг яшаш вақтида радиоактив изотоп дастлабки миқдорининг қанча улуши парчаланди?

21.27. 1 мкг полоний ${}_{84}\text{P}^{210}$ активлигини топинг.

21.28. Сунъий йўл билан олинган стронций ${}_{38}\text{Sr}^{90}$ радиоактив изотопининг солиштирма активлигини топинг.

21.29. 10 мг радиоактив изотоп ${}_{20}\text{Ca}^{46}$ га 30 мг радиоактивмас изотоп ${}_{20}\text{Ca}^{40}$ аралаштирилган. Препаратнинг солиштирма активлиги қанчага камайган?

21.30. 10 суткадан сўнг парчаланган атомлар сонининг парчаланмаган атомлар сонига нисбати 50% бўлиши учун 5 мг радиоактивмас изотоп ${}_{83}\text{Bi}^{209}$ га қанча радиоактив изотоп ${}_{83}\text{Bi}^{210}$ аралаштириш керак? ${}_{83}\text{Bi}^{210}$ парчаланиш доимийси $\lambda = 0,14$ сутка $^{-1}$.

21.31. Тўртта α -парчаланишдан ва иккита β -парчаланишдан сўнг ${}_{90}\text{Th}^{232}$ дан қанча изотоп ҳосил бўлади?

21.32. Учта α -парчаланиш ва иккита β -парчаланишдан сўнг ${}_{92}\text{U}^{238}$ дан қандай изотоп ҳосил бўлади?

21.33. Иккита β -парчаланиш ва битта α -парчаланишдан сўнг ${}_{92}\text{U}^{239}$ дан қандай изотоп ҳосил бўлади?

21.34. Битта β -парчаланиш ва битта α -парчаланишдан сўнг ${}_{3}\text{Li}^8$ радиоактив изотопдан қандай изотоп ҳосил бўлади?

21.35. Тўртта β -парчаланишдан сўнг ${}_{51}\text{Sb}^{133}$ сурьма радиоактив изотопидан қандай изотоп ҳосил бўлади?

21.36. Радиоактив парчаланишда ${}_{84}\text{Po}^{214}$ полоний атоми ядросидан учиб чиққан α -заррача кинетик энергияси 7,68 Мэв. 1) α -заррачанинг тезлигини, 2) α -заррача учиб чиқаётганда ажралган тўла энергияни, 3) ҳавода бир жуфт ион ҳосил бўлиши учун $W_0 = 34$ эв энергия талаб қилинади деб, α -заррача ҳосил қилган жуфт ионлар сонини, 4) 1 мккюри дозали полоний чиқарган барча заррачаларнинг ионизация камерасида ҳосил қилган тўйиниш токни топинг.

22- §. Ядро реакциялари

Ҳар қандай изотоп ядросининг боғланиш энергияси қуйидаги муносабатдан аниқланади:

$$\Delta W = c^2 \Delta M,$$

бунда ΔM — ядрони ташкил этувчи заррачалар массалари билан ядронинг ўз массаси ўртасидаги фарқ. Демак,

$$\Delta M = ZM_p + (M - Z)M_n - M_A \quad (1)$$

бунда Z — изотопнинг тартиб номери, M — масса сони, M_p — протон массаси, M_n — нейтрон массаси ва M_A — изотоп ядросининг массаси. $M_A = M_A - Zm$ бўлганлигидан (бунда M_A — изотоп массаси ва m — электрон массаси) бундан аввалги тенгламани қуйидагига алмаштира бўлади:

$$\Delta M = ZM_{H^1} + (M - Z)M_{H^1} - M_A \quad (2)$$

бунда M_{H^1} — ${}^1_1\text{H}$ водород изотопи массаси ва M_A — мазкур изотоп массаси.

Ядро реакциясидаги энергия ўзгариши қуйидаги муносабатдан аниқланади:

$$\Delta W = c^2 (\sum M_1 - \sum M_2) \quad (3)$$

бунда $\sum M_1$ — реакцияга қадар бўлган заррачалар массаларининг йиғиндиси ва $\sum M_2$ — реакциядан кейин заррачалар массаларининг йиғиндиси.

$\sum M_1 > \sum M_2$ бўлса, реакция энергия ажратиш билан боради, $\sum M_1 < \sum M_2$ бўлса, реакция энергия ютиш билан боради. Сўнги формулага ядро боғланиш энергиясини ҳисоблаб чиқаришдаги сннгари ядро массасини эмас, балки изотоп массасини қўйишни қайд қиламиз, чунки қобиқ электронлари массасига берилган тузатишлар турли йшорали бўлиб, улар чиқариб ташланган.

22.1. Магнийнинг учта изотопи: 1) ${}^{24}_{12}\text{Mg}$, 2) ${}^{26}_{12}\text{Mg}$ ва 3) ${}^{26}_{12}\text{Mg}$ ядролари таркибдаги протон ва нейтронлар сонини топинг.

22.2. Литий изотопи ${}^7_3\text{Li}$ ядросининг боғланиш энергиясини топинг.

22.3. Гелий ${}^4_2\text{He}$ атом ядросининг боғланиш энергиясини топинг.

22.4. Алюминий атоми ${}^{27}_{13}\text{Al}$ ядросининг боғланиш энергиясини топинг.

22.5. 1) ${}^1_1\text{H}^3$ ва 2) ${}^3_2\text{He}$ ядроларининг боғланиш энергиясини топинг. Бу ядролардан қайси бири энг барқарор?

22.6. Кислород атоми ядросидаги ${}^6_8\text{O}^{16}$ битта нуклонга тўғри келувчи боғланиш энергиясини топинг.

22.7. Дейтерий ядросининг ${}^2_1\text{H}$ боғланиш энергиясини топинг.

22.8. 1) ${}^7_3\text{Li}$, 2) ${}^{14}_7\text{N}$, 3) ${}^{27}_{13}\text{Al}$, 4) ${}^{40}_{20}\text{Ca}$, 5) ${}^{63}_{29}\text{Cu}$, 6) ${}^{113}_{48}\text{Cd}$, 7) ${}^{200}_{80}\text{Hg}$ ва 8) ${}^{238}_{92}\text{U}$ ядролардаги битта нуклонга тўғри келувчи W_0 боғланиш энергиясини топинг. $W_0 = f(M)$ боғланиш эгри чизигини чизинг, бунда M — масса сон.

22.9. ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$ ядро реакциясида ажраладиган энергияни топинг.

22.10. ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$ реакциясида ютилган энергияни топинг.

22.11. 1) ${}^1_1\text{H}^2 + {}^1_1\text{H}^3 \rightarrow {}^1_1\text{H}^2 + {}^1_1\text{H}^3$,
2) ${}^1_1\text{H}^2 + {}^1_1\text{H}^3 \rightarrow {}^3_2\text{He} + \gamma$ ядро реакцияларида ажраладиган энергияни топинг.

22.12. Қуйидаги термоядро реакцияларда ажраладиган энергияни топинг:

$$1) {}^1_1\text{H}^3 + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H}^2 + {}^4_2\text{He},$$

$$2) {}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{H}^2 \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_2\text{He},$$

$$3) {}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^4_2\text{He}.$$

22.13. Бир грамм литийнинг тўла ларчланиш ${}^7_3\text{Li}(p, \alpha)$ реакциясида ажраладиган бутун иссиқликдан фойдаланилса, қанча миқдор сувни 0°C дан қайнагунча иситса бўлади?

22.14. Қуйидаги ядро реакцияларида етишмаётган ишораларни тўлдириб ёзинг:

$$1) {}^{27}_{13}\text{Al}(n, \alpha)x;$$

$$2) {}^{19}_9\text{F}(p, x){}^{16}_8\text{O};$$

$$3) {}^{55}_{25}\text{Mn}(x, n){}^{56}_{26}\text{Fe};$$

$$4) {}^{27}_{13}\text{Al}(\alpha, p)x;$$

$$5) {}^{14}_7\text{N}(n, x){}^{14}_6\text{C};$$

$$6) x(p, \alpha){}^{22}_{11}\text{Na}.$$

22.15. ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H}^2 \rightarrow {}^4_2\text{He} + \gamma$ реакциясида ажраладиган энергияни топинг.

22.16. ${}_4\text{Be}^9 + {}_1\text{H}^2 \rightarrow {}_6\text{B}^{10} + {}_0n^1$ реакцияда ажраладиган энергияни топинг.

22.17. Азот изотопи ${}_7\text{N}^{14}$ нейтронлар билан бомбардимон қилинганида β -радиоактив углерод изотопи ${}_6\text{C}^{14}$ ҳосил бўлади. Иккала реакциянинг тенгламаларини ёзинг.

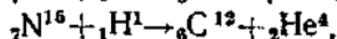
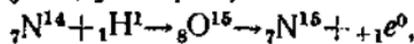
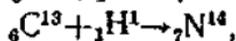
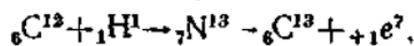
22.18. Алюминий изотопи ${}_{13}\text{Al}^{27}$ α -заррачалар билан бомбардимон қилинганида радиоактив фосфор изотопи ${}_{15}\text{P}^{30}$ ҳосил бўлади, кейин бу изотоп позитрон чиқариб парчаланadi. Иккала реакциянинг тенгламаларини ёзинг. Олинган изотопнинг ярим емирилиш даври 130 сек бўлса, бу изотопнинг солиштирма активлигини топинг.

22.19. ${}_{11}\text{Na}^{23}$ изотоп дейтонлар билан бомбардимон қилинганида β -радиоактив изотоп ${}_{11}\text{N}^{24}$ ҳосил бўлади. β -заррача сўётчиги радиоактив ${}_{11}\text{Na}^{24}$ препарат яқинига ўрнатилган. Дастлабки ўлчада сўётчик 1 минутда 170 марта импульс берган, бир суткадан кейин эса 1 минутда 56 марта импульс берган. Иккала реакциянинг тенгламаларини ёзинг. ${}_{11}\text{Na}^{24}$ изотопнинг ярим емирилиш даврини топинг.

22.20. ${}_{13}\text{Al}^{27} + {}_2\text{He}^4 \rightarrow {}_{14}\text{Si}^{30} + {}_1\text{H}^1$ реакцияда 1 г алюминийнинг барча ядролари бошқа ядрога айланса қанча энергия ажраб чиқади? 2) Алюминий ядролари 8 Мэв энергияли α -заррачалар билан бомбардимон қилинганида $2 \cdot 10^6$ заррачадан битта α -заррача бошқа ядрога айлантирса, бу реакцияга қанча энергия сарфлаш керак бўлади?

22.21. Литий изотопи ${}_3\text{Li}^6$ дейтонлар билан бомбардимон қилинганида иккита α -заррача ҳосил бўлади. Бунда 22,3 Мэв энергия ажралади. Дейтон массаси ва α -заррача массаси маълум бўлса, литий изотопи ${}_3\text{Li}^6$ массасини топи г.

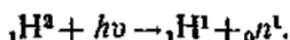
22.22. Қуйидаги циклик реакцияда



водороддан гелий ҳосил бўлиш энергияси Қуёш нурланиши энергиясининг манбаи бўлади деб, ҳар секундда неча тонна водород гелийга айланишини ҳисоблаб чиқаринг. Қуёш доимийси $1,96 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$. Водород Қуёш массаси.

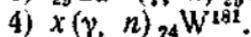
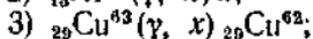
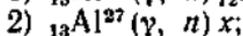
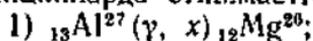
нинг 35% ини ташкил этади деб, Қуёш нурланиши ўзгар-
маса, водород запаси неча йилга етишини ҳисоблаб чи-
қаринг.

22.23. Дейтоннинг γ - нурлар билан парчаланиш реак-
цияси:



Қуйидаги маълумотлар бўйича нейтрон массасини топинг:
 γ - квантлар энергияси 2,66 Мэв, учиб чиқаётган протон-
ларнинг вужудга келтирган ионизация энергияси 0,22 Мэв
га тенг. Нейтрон энергиясини протон энергиясига барабар
деб олинсин. Дейтон ва протон массаларини маълум деб
ҳисоблансин.

22.24. Фотонлар вужудга келтирган қуйидаги ядро
реакцияларда етишмаётган ишораларни тўлдириб ёзинг:



22.25. Радиоактив изотоплар ҳосил бўлиш реакцияси
чиқишини икки ёқлама: ё k_1 сони — ядро айланишлари ак-
тив бомбардимон қилувчи заррачалар сонига нисбати би-
лан, ёки k_2 сони — олинган маҳсулот активлигининг ни-
шонни бомбардимон қилувчи заррачалар сонига нисбати
билан характерлаш мумкин. k_1 ва k_2 катталиклар қандай
ўзаро боғланганлигини топинг.

22.26. ${}^7_3\text{Li}^7$ ни протонлар билан бомбардимон қилин-
ганида бериллийнинг ярим емирилиш даври $4,67 \cdot 10^6$ сек
бўлган радиоактив изотопи ${}^7_4\text{Be}^7$ ҳосил бўлади. 1 мка·соат
умумий зарядли бомбардимон қилувчи протонлар олинган
препаратнинг активлигини 176 мккюри га орттирса бу
реакция учун k_1 катталигини топинг (бундан олдинги ма-
саланинг шартига қаранг).

22.27. ${}^{60}_{26}\text{Fe}^{60}(p, n)$ ядро реакцияси натижасида кобальт-
нинг ярим емирилиш даври 80 суткага барабар радиоактив
изотопи ҳосил бўлади. Икки соат 10 мка-токда протонлар
оқими ўтганда ${}^{60}_{26}\text{Fe}^{60}$ дан нишонни пулантирилганида
 ${}^{60}_{27}\text{Co}^{60}$ изотоп активлиги $5,2 \cdot 10^7$ парч/сек ни ташкил этса,
бу реакциянинг k_1 чиқишини топинг (22.25- масаланинг
шартига қаранг).

22.28. ${}^4\text{Be}^9$ бериллий кукуни ва газсимон радон тўлдирилган трубкadan нейтронлар манбаи сифатида фойдаланилади. Радон α -заррачаларининг бериллий билан реакциядан нейтронлар пайдо бўлади. 1) Нейтронларнинг олинмиш реакциясини ёзинг. 2) Манба тайёрланганидан 5 сутка ўтганда бир сек да $1,2 \cdot 10^6$ нейтрон берса, ундаги радон миқдорини топинг. Бундай реакциянинг чиқиши $\frac{1}{4000}$ га тенг, яъни 4000 дан фақат битта α -заррачагина реакцияни вужудга келтиради.

22.29. Юқоридаги масалада баён қилинган трубкadan нейтрон манбаи сифатида фойдаланилади. 1 кюри радондан чиққан α -заррачалар бериллий кукунига тушиб 1 сек да нечта нейтрон вужудга келтиришини топинг. 4000 та α -заррачадан фақат биттаси реакцияни вужудга келтиради деб ҳисоблансин.

22.30. ${}^6\text{C}^{11}$ углерод радиоактив изотопининг ҳосил бўлиш реакцияси ${}^9\text{B}^{10}(d, n)$ кўринишида, буида d — дейтон — дейтерий ядроси ${}^2\text{H}^2$ ишораси. ${}^6\text{C}^{11}$ изотопининг ярим емирилиш даври 20 мин. 1) Бу реакцияда қанча миқдор энергия ажралади? 2) $k_1 = 10^{-8}$ бўлса, k_2 реакция чиқишини топинг (22.25-масаланинг шартига қаранг).

22.31. ${}^7\text{N}^{14}(\alpha, p)$ реакциясида α -заррачанинг кинетик энергияси $W_\alpha = 7,7$ Мэв. Протоннинг кинетик энергияси $W_p = 8,5$ Мэв эканлиги маълум бўлса, унинг α -заррача ҳаракати йўналишига нисбатан қандай бурчак ҳосил қилиб учиб чиқишини топинг.

22.32. Литий изотопи ${}^6\text{Li}^6$ дейтонлар билан бомбардимон қилинганида иккита α -заррачалар ҳосил бўлиб, улар бомбардимон қилаётган дейтонларнинг тезлик йўналишига нисбатан ϕ бурчак ҳосил қилиб симметрик равишда учиб чиқади. 1) Бомбардимон қилаётган дейтонларнинг энергияси 0,2 Мэв бўлса, ҳосил бўлган α -заррачаларнинг кинетик энергиясини топинг. 2) ϕ бурчакни топинг.

22.33. Тритий ядроси ${}^3\text{H}^3$ протонлар билан бомбардимон қилинганда гелий изотопи ${}^4\text{He}^3$ ҳосил бўлади. 1) Ядро реакциясининг тенгلامасини ёзинг. 2) Бу реакцияда ажралган энергияни топинг. 3) Ядро реакцияси «чегарасини», яъни мазкур реакцияни вужудга келтирадиган бомбардимон қилувчи заррача кинетик энергиясининг минимал қийматини топинг.

Кўрсатма. Бомбардимон қилувчи заррача кинетик энергиясининг чегара қийматида реакция натижасида вужудга келувчи заррачаларнинг инсбий тезлиги нолга тенг деб олинсин.

22.34. ${}^7\text{N}^{14}(\alpha, p)$ ядро реакцияси бошланган энергия қийматини топинг.

22.35. ${}^3\text{Li}^7(p, n)$ ядро реакцияси бошланган энергия қийматини топинг.

22.36. Углерод ядроси ${}^6\text{C}^{12}$ дейтонлар билан бомбардимон қилинганда суғъий азот изотопи ${}^7\text{N}^{13}$ олинади. 1) Ядро реакциясининг теңгласини ёзинг. 2) Бу реакцияда ютилган иссиқлик миқдорини топинг. 3) Бу реакция бошланиш энергия қийматини топинг. 4) Дейтонлар кинетик энергиясининг чегара қийматидаги бу реакция маҳсулотининг кинетик энергияси йиғиндисини топинг. Углерод ядроси қўзғалмас деб ҳисоблансин.

22.37. Тезлиги жуда кам («иссиқлик» нейтронлари) нейтронлар билан бор бомбардимон қилинганда ${}^5\text{B}^{10}(n, \alpha)$ реакцияси боради. 1) Бу реакцияда ажраладиган энергияни топинг. 2) Бор ядросини қўзғалмас деб ҳисоблаб ва нейтронлар тезлигига эътибор бермай, α -заррача тезлигини ва кинетик энергиясини топинг.

22.38. Литий изотопи ${}^3\text{Li}^7$ протонлар билан бомбардимон қилинганда иккита α -заррача ҳосил бўлади. Ҳар бир α -заррачанинг ҳосил бўлишидаги энергияси 9,15 Мэв. Бомбардимон қилувчи протонлар энергияси нимага тенг?

22.39. γ -нурлар билан дейтоннинг парчаланиши учун реакция боришига етарли γ -квант энергиясининг энг кичик қийматини топинг.



22.40. ${}_{12}\text{Mg}^{24}(\gamma, n)$ реакциянинг бориши учун етарли γ -квант энергиясининг энг кичик қийматини топинг.

22.41. Ҳар бир бўлинишда 200 Мэв га яқин энергия ажралса, 1 г ${}_{92}\text{U}^{235}$ уранинг бўлинишида (киловатт-соат билан ҳисоблаганда) қанча миқдор энергия олиш мумкин?

22.42. 5000 кВт қувватли атом электр станциясида бир суткада қанча миқдор уран ${}_{92}\text{U}^{235}$ сарфланади? Фойда-

ли иш коэффициентини 17% деб олинг. Ҳар бир парчаланиш актида 200 Мэв энергия ажралади деб ҳисобланг.

22.43. Водород бомбаси портлаганида дейтерий ва трибийдан гелий ҳосил бўлиш термоядро реакцияси содир бўлади. 1) Ядро реакциясини ёзинг. 2) Бу реакцияда ажралган энергияни топинг. 3) 1 г гелий ҳосил бўлишида қанча миқдор энергия олиш мумкин?

23- §. Элементар заррачалар. Заррачаларни тезлаштиргичлар

Мазкур параграфдаги масалаларнинг ечими «Масалалар тўплами»нинг бундан аввалги бўлимларида кўриб чиқилган қонуниятларга: заррачаларнинг тўқнашиши, заррачаларнинг электр ва магнит майдонларидаги ҳаракати ва ҳоказоларга асосланган. Қатор масалаларни ҳал этишда нисбийлик назариясининг формулаларидан фойдаланишга тўғри келади.

23.1. Ядро физикасида нишонни бомбардимон қилувчи зарядли заррачалар сонини уларнинг микроампер-соат ($\mu\text{ка}\cdot\text{с}$) билан ифодаланган умумий зярди билан характерлаш қабул қилинган. 1 $\mu\text{ка}\cdot\text{с}$ қанча зарядли заррачалар сонига тўғри келишини топинг. Масалани: 1) электронлар ва 2) α -зарралар учун ҳал қилинг.

23.2. Секинлаштирувчи модданинг қўзғалмас ядроси билан нейтрон марказий эластик тўқнашганда унинг кинетик энергияси 1,4 барабар камайган. Секинлаштирувчи модданинг ядроси массасини топинг.

23.3. ${}_{11}\text{Na}^{23}$ изотопининг қўзғалмас ядроси билан нейтрон марказий эластик тўқнашгандан сўнг унинг тезлиги дастлабки тезлигининг қанча улушини ташкил этади?

23.4. Секинлаштирилган нейтронлар олиш учун улар таркибида водород (масалан, парафин) бўлган моддалар орасидан ўтказилади. m_0 массали нейтрон ўз кинетик энергиясининг қанчалик катта қисмини: 1) протонга (массаси m_0) ва 2) қўрғошин атоми ядросига (массаси $m = 207m_0$) бера олишини топинг. Мазкур энергиянинг энг катта қисми марказий эластик зарбга мувофиқ келади.

23.5. Зарб марказий бўлмай, нейтрон ҳар тўқнашганида ўрта ҳисобда 45° га оғси, бундан олдинги масалада

нейтрон билан протон ўртасида энергия тақсимотини топинг.

23.6. 4,6 Мэв энергияли нейтрон протонлар билан тўқнашиш натижасида секинлашади. Нейтрон ҳар тўқнашганда ўрта ҳисобда 45° оғади деб ҳисоблаб, унинг энергияси 0,23 эв гача камайиши учун неча марта тўқнашиши кераклигини топинг.

23.7. 3 вб/м² индукцияли бир жинсли магнит майдонига зарядли заррачалар оқими учиб кирмоқда. Заррачаларнинг тезлиги $1,52 \cdot 10^7$ м/сек бўлиб, майдон куч чизиқларининг йўналишига перпендикуляр йўналган. Заррачага таъсир этувчи куч $1,46 \cdot 10^{-11}$ н бўлса, ҳар бир заррачанинг зарядини топинг.

23.8. 0,5 тл индукцияли зарядли заррача бир жинсли магнит майдонига учиб кириб, 10 см радиусли айлана бўйлаб ҳаракат қилади. Заррачанинг тезлиги $2,4 \cdot 10^8$ м/сек. Бу заррача учун массанинг зарядига бўлган нисбатини топинг.

23.9. Электрон 180 кВ потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган. 1) Нисбийлик назариясининг тузатмаларини назарда тутиб бу электроннинг массасини, тезлигини, кинетик энергиясини ва $\frac{e}{m}$ нисбатини топинг. 2) Мазкур электрон учун релятивистик тузатмани назарда тутмай, тезлигини топинг.

23.10. Космик нурлардаги тез мезонларнинг энергияси тахминан 300 Мэв; бу мезоннинг тинч ҳолатдаги энергияси 100 Мэв. Лаборатория соати бўйича бу мезон яшаш вақтида атмосферада қанча масофани босиб ўтади? Мезоннинг хусусий яшаш вақти $\tau_0 = 2 \cdot 10^{-6}$ сек.

23.11. Космик нурлардаги мезоннинг кинетик энергияси $W = 7M_0c^2$, бунда M_0 — мезоннинг тинч ҳолатдаги массаси. Бу мезоннинг хусусий яшаш вақти лаборатория билан боғлиқ координаталар системаси ҳисоб боши қилиб ҳисобланган яшаш вақтидан неча марта кичик бўлади?

23.12. Позитрон билан электрон бирикиб яккита фотон ҳосил қилади. 1) Электрон билан позитроннинг тўқнашишига қадар энергиясини назарга олинмаса, пайдо бўлган фотонлардан ҳар бирининг энергиясини топинг. 2) Бу фотонларнинг тўлқин узунлигини топинг.

23.13. Фотондан электрон ва позитрон ҳосил бўлишда фотон энергияси $2,62$ Мэв эди. Позитрон ва электрон пайдо бўлишда уларнинг тўла кинетик энергияси қанча бўлган?

23.14. $5,7$ Мэв энергияли квант ҳосил қилган электрон ва позитроннинг магнит майдонига жойлаштирилган Вильсон камерасидаги траекториясининг эгрилик радиуси 3 см. Магнит майдонининг индукциясини топинг.

23.15. Қўзғалмас нейтрал π -мезон парчаланиб, иккита бирдай фотонга айланади. Ҳар бир фотоннинг энергиясини топинг. π -мезоннинг тинч ҳолатдаги массаси $M = 264,2m_0$, бунда m_0 — электроннинг тинч ҳолатдаги массаси.

23.16. Нейтрон билан антинейтрон бирикиб иккита фотон ҳосил қилади. Заррачаларнинг бошланғич энергиясини назарга олинмаса, пайдо бўлган фотонлардан ҳар бирининг энергиясини топинг.

23.17. K^0 -мезон зарядли икки π -мезонга парчаланadi. Ҳосил бўлган ҳар бир π -мезоннинг массаси унинг тинч ҳолатдаги массасидан $1,77$ марта катта. Дастлаб K^0 -мезон тинч ҳолатда бўлиб, унинг тинч ҳолатдаги массасини $965 m_0$ деб олиб (бунда m_0 — электроннинг тинч ҳолатдаги массаси): 1) ҳосил бўлган π -мезонларнинг тинч ҳолатдаги массасини, 2) π -мезонларнинг ҳосил бўлиш пайтдаги тезлигини топинг.

23.18. Циклотрон магнит майдони индукцияси билан дуантларга берилган потенциаллар айирмаси частотасини боғловчи формулани келтириб чиқаринг. 2) Дуантларга берилган потенциаллар айирмаси частотасини: а) дейтонлар, б) протонлар ва в) α -заррачалар учун топинг. Магнит майдонининг индукцияси $12,6$ кгс.

23.19. 1) Циклотрондан учиб чиққан заррачалар энергиясини ҳаракат траекториясининг максимал эгрилик радиуси билан боғловчи формулани келтириб чиқаринг. 2) Циклотрондан учиб чиққан: а) дейтонлар, б) протонлар ва в) α -заррачалар (максимал эгрилик радиуси $R = 48,3$ см) энергиясини топинг. Дуантларга берилган потенциаллар айирмасининг частотаси 12 Мгц.

23.20. Заррачалар траекториясининг максимал эгрилик радиуси $R = 0,35$ м бўлган циклотронда дуантларга берилган потенциаллар айирмасининг частотаси $\nu = 1,38 \cdot 10^7$ эц.

Протонлар билан ишлаш учун: 1) циклотроннинг синхрон ишлаши учун зарур бўлган магнит майдони индукциясини, 2) учиб чиқувчи протонларнинг максимал энергиясини топинг.

23.21. Юқоридаги масалани: 1) дейтонлар билан ва 2) α -заррачалар билан ишлаш шароити учун ҳал қилинг.

23.22. α -заррачалар билан ишлаганда циклотронда олинadиган ион токининг катталиги 15 мка. Шундай циклотроннинг иш унуми 1 с радийдан неча марта кўп?

23.23. Циклотрондаги заррачалар траекториясининг максимал эгрилик радиуси $R = 0,5$ м; магнит майдонининг индукцияси $B = 10^4$ гс. Протонлар мазкур циклотрондаги сингари тезлашиш олиши учун қандай довмий потенциаллар айирмасидан ўтиши керак?

23.24. Циклотрон 7 Мэв энергияли дейтонлар беради. Берилган магнит майдони индукцияси 15000 гс. Дейтон траекториясининг энг катта эгрилик радиусини топинг.

23.25. 50 см радиусли циклотрон дуантлари ўртасига $\nu = 10$ Мгц частотали $U = 75$ кэ ўзгарувчан потенциаллар айирмаси берилган. 1) Циклотрон магнит майдонининг индукциясини, 2) циклотрондан учиб чиқувчи заррачалар тезлигини ва энергиясини, 3) зарядли заррача циклотрондан учиб чиққанга қадар неча марта айланишини топинг. Масала дейтонлар, протонлар ва α -заррачалар учун ҳал қилинсин.

23.26. Заррача массасининг $k = \frac{m - m_0}{m_0}$ нисбий ортishi 5% дан ортмаслиги учун циклотрондаги α -заррачаларни қанча энергияга қадар тезлаштириш мумкин?

23.27. Синхротронда тезлаштирилган дейтонлар энергияси 200 Мэв. Бу дейтонлар учун: 1) $\frac{M}{M_0}$ нисбатни (бунда M — ҳаракатдаги дейтон массаси ва M_0 — унинг тиш ҳолатдаги массаси), 2) тезлигини топинг.

23.28. Фазотронда заррача тезлиги кўпайганида заррача массасининг ортishi тезлаштирувчи майдон даврининг катталаштириш билан компенсацияланади. Протонларни тезлаштирувчи фазотронда дуантларга берилган кучланиш частотаси тезлаштирувчи ҳар бир тезлаштириш циклида

25 MeV дан 18,9 MeV га қадар ўзгаради. Бу фазотрон учун: 1) магнит майдони индукциясини ва 2) учиб чиққан протонлар кинетик энергиясини топиш.

23.29. Фазотрон ёрдамида 660 MeV энергияга қадар тезлаштирилган протонлар ва 840 MeV га қадар тезлаштирилган α -заррачалар билан тадқиқотлар ўтказилди. Масса ортишини компенсациялаш учун фазотронда тезлаштирувчи майдон даври ўзгартирилган. 1) Протонлар, 2) заррачалар билан ишлаганда (ҳар бир тезлаштирувчи цикл учун) фазотрондаги тезлаштирувчи майдон даврини неча марта ўзгартириш керак?

ЖАВОБ ВА ЕЧИМЛАР

I БОБ

МЕХАНИКАНИНГ ФИЗИК АСОСЛАРИ

1-§. Кинематика

1.1. Автомобиль ҳаракатининг ўртача тезлиги қуйидаги формуладан аниқланади $\bar{v} = \frac{l}{t}$, бунда $l = l_1 + l_2 = v_1 t_1 + v_2 t_2$. Шартга кўра

$$t_1 = t_2 = \frac{t}{2}. \text{ Шундай қилиб, } \bar{v} = \frac{v_1 \frac{t}{2} + v_2 \frac{t}{2}}{t} = \frac{v_1 + v_2}{2} = 60 \text{ км/соат.}$$

1.2. $\bar{v} = \frac{l}{t}$, бунда $l = l_1 + l_2 = v_1 t_1 + v_2 t_2$. Шартга кўра $t_1 = t_2 = \frac{t}{2}$. Шундай қилиб, $\bar{v} = \frac{l}{\frac{t}{2} + \frac{t}{2}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 53,3 \text{ км/соат.}$

1.3. 1) 12,3 км/соат; 2) 0,83 м/сек.

1.4. 1) 3 м/сек; 2) 1 м/сек; 3) 2,24 м/сек.

1.5. 1) Самолёт жануби-ғарб томонга қараб, меридианга нисбатан $\varphi = 3^\circ 52'$ бурчак остида учishi керак, тезлиги $v = 798 \text{ км/соат}$; 2) шимол-ғарб томонга қараб $\varphi = 3^\circ 52'$, $v = 798 \text{ км/соат}$; 3) ғарб томонга қараб, $v = 746 \text{ км/соат}$; 4) шарқ томонга қараб, $v = 854 \text{ км/соат}$.

1.6. 1) 30 мин; 2) 30,2 мин;

3) 26,8 мин.

1.7. 1) $v = 0,60 \text{ м/сек}$; 2) $t = 250 \text{ сек}$.

1.8. 1) $v_0 = 14,7 \text{ м/сек}$; 2) $h = 11 \text{ м}$.

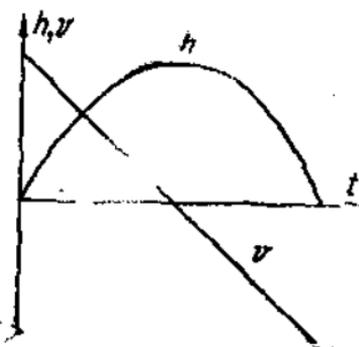
1.9. 1) $t = 2,9 \text{ сек}$; 2) $h_1 = 4h = 40 \text{ м}$.

1.10. 1) 8,4 сек; 2) 7,3 сек;

3) 7,8 сек.

1.11. Юқорига вертикал отилган жисмнинг кўтарилган h баландлиги билан тезлигининг t вақтга боғланиш характери 68-расмда тасвирланган.

1.12. Жисм ҳаракатлана бошлаганидан сўнг биринчи 0,1 сек да



68-расм.

ўтган йўли $h_1 = \frac{gt_1^2}{2} = 0,049$ м га тенг. 2) Жисм бутун йўлни $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2$ сек да ўтади. Жисм ўз ҳаракатининг охириги $0,1$ сек да $h_3 = h - h_2$ йўлни ўтади, бунда h_2 йўл жисм $t_2 = (2 - 0,1)$ сек $= 1,9$ сек да ўтган йўли.

У вақтда $h_2 = \frac{gt_2^2}{2} = 17,7$ м бўлганлигидан, изланаётган масофа $h_3 = 19,6$ м $- 17,7$ м $= 1,9$ м бўлади.

1.13. 1) Жисм йўлнинг биричи метрини $t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = 0,45$ сек да босиб ўтади; 2) умумий тушиш вақти $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2$ сек. Жисм ўз йўлининг охириги метрини $t_2 = t - t_1$ вақтда босиб ўтади, бунда t_2 вақт $h_2 = (19,6 - 1)$ м $= 18,6$ м масофани босиб ўтиш вақти. $t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = 1,95$ сек бўлганлигидан, $t_3 = (2 - 1,95)$ сек $= 0,05$ сек.

1.14. 1) $h = 57$ м; 2) $t = 3,4$ сек.

1.15. А жисмининг босиб ўтган йўли $h_1 = v_1 t - \frac{gt^2}{2}$ га тенг, В жисмининг босиб ўтган йўли эса $h_2 = \frac{gt^2}{2}$ га тенг. Унда жисмлар орасидаги масофа $x = h - (h_1 + h_2)$ бўлади. $h_1 + h_2 = v_1 \cdot t$ бўлганлиги учун $x = h - v_1 t$ бўлади. Жисмлар $x = 0$ бўлганда, яъни $t = \frac{h}{v_1}$ вақтда учрашади.

1.16. 1) $a = 0,13$ м/сек²; 2) $t = 3,6$ мин.

1.17. Текис ўзгарувчан ҳаракатда қўйидаги ҳаракатнинг иккита тенгламаси ўринлидир:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (1)$$

ва

$$v = v_0 + at. \quad (2)$$

Шартга кўра $v = 0$. У вақтда (2) дан

$$a = -\frac{v_0}{t} \quad (3)$$

бўлади. (3) ни (1) га қўйиб, қўйидагини оламиз:

$$s = \frac{v_0 t}{2}. \quad (4)$$

(3) ва (4) га сол қўйматларни қўйсак: $a = -0,5$ м/сек² ва $s = 100$ м.

1.18. 1) $a = -0,05$ м/сек²; 2) $s = 566$ м.

1.19. $t = 30$ сек; $s = 225$ м.

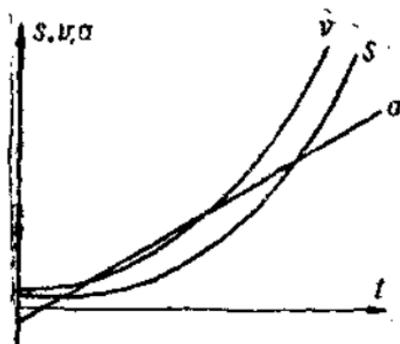
1.20. $t = \frac{v_0' - v_0}{a_1 + a_2}$. Вақт t ҳар доим 0 дан катта бўлганлигидан, масала ечилишга эга бўлиши учун $v_0' > v_0$ бўлиши шарт.

1.21. $a = \frac{v_1^2 - v_0^2}{\Delta t}$. Бу ҳол учун $a = 1 \text{ м/сек}^2$.

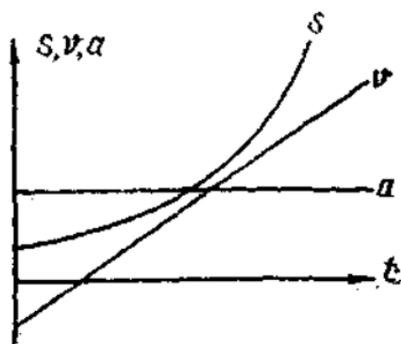
1.22. 1) $v = (2 - 6t + 12t^2) \text{ м/сек}$, $a = (-6 + 24t) \text{ м/сек}^2$,

2) $s = 24 \text{ м}$, $v = 38 \text{ м/сек}$ ва $a = 42 \text{ м/сек}^2$.

Жисмининг ўтган s йўли, v тезлиги ва a тезланишининг вақтга боғланиш характери 69-расмда тасвирланган.



69-расм.



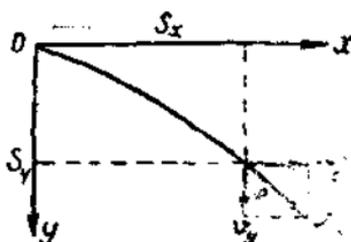
70-расм.

1.23. $\bar{v} = 7 \text{ м/сек}$; $\bar{a} = 4 \text{ м/сек}^2$. Жисмининг ўтган йўли, тезлиги ва тезланишининг вақтга боғланиш характери 70-расмда тасвирланган.

1.24. $\bar{v}_1 = 3 \text{ м/сек}$, $\bar{v}_2 = 5 \text{ м/сек}$, $\bar{v}_3 = 7 \text{ м/сек}$; $\bar{a}_1 = \bar{a}_2 = \bar{a}_3 = 2 \text{ м/сек}^2$.

1.25. 1) 12 сек дан кейин; 2) $\bar{a} = 0,64 \text{ м/сек}^2$.

1.26. Горизонтал отилган тошнинг силжишини горизонтал s_x ва вертикал s_y лардан иборат иккита ташкил этувчиларга ажратиш мумкин (71-расмга қаралсин). Ҳаракатнинг муσταқиллик қонунини қўллаб, тубандагига эга бўламиз: $s_y = H = \frac{gt^2}{2}$, $s_x = v_0 t$, бунда t



71-расм.

ҳаракат вақти. Бундан: 1) $t = \sqrt{\frac{2s_y}{g}}$

$= 2,26 \text{ сек}$, 2) $s_x = v_0 t = 33,9 \text{ м}$, 3) $v_y =$

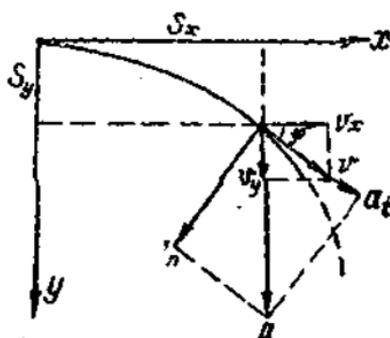
$= gt = 22,1 \text{ м/сек}$ ва $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 26,7 \text{ м/сек}$; 4) $\sin \varphi = \frac{v_y}{v} = 0,827$; $\varphi = 55^\circ 48'$.

1.27. 1) $h = 1,22 \text{ м}$; 2) $v_0 = 10 \text{ м/сек}$; 3) $v = 11,1 \text{ м/сек}$; 4) $\varphi = 26^\circ 12'$.

1.28. 1) $v_0 = 11,1 \text{ м/сек}$; 2) $\varphi = 68^\circ 12'$.

1.29. $v_0 = 4,4 \text{ м/сек}$.

1.30. Тош тезлигининг горизонтал ташкил этувчиси ўзгармас бўлганлигидан, тезданишнинг горизонтал ташкил этувчиси нолга тенг. Шунинг учун тошнинг тула тезданиши вертикал равнишда пастрга йўналган бўлиб, у оғирлик кучининг тезданишига тенгдир. Шундай қилиб, $a \approx$
 $= g = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$. 72-расмдан кўринадикки, $\cos \varphi \approx \frac{v_x}{v} \approx \frac{a_n}{a} = \frac{a_n}{g}$.



72-расм.

$$\sin \varphi = \frac{v_y}{v} = \frac{a_t}{a} = \frac{a_t}{g}. \text{ Бундан } a_t =$$

$$= g \frac{v_y}{v} = \frac{g^2 t}{\sqrt{v_x^2 + g^2 t^2}} \text{ ва } a_n = g \frac{v_x}{v} =$$

$$= \frac{g v_x}{\sqrt{v_x^2 + g^2 t^2}}. \text{ Бу формулаларга}$$

сон қийматларини қўйиб, $a_t \approx$
 $\approx 5,4 \text{ м/сек}^2$ ва $a_n \approx 8,2 \text{ м/сек}^2$
 ларни оламиз.

1.31. $R = 305 \text{ м}$.

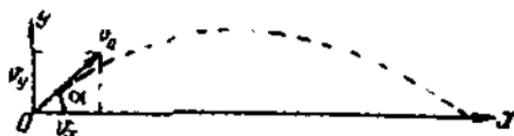
1.32. 1) Горизонтга нисбатан α бурчак остида v_0 тезлик билан отилган жисмнинг максимал кўтарилиш $s_y \text{ max}$ баландлигини топамиз.

Маълумки

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt \quad (1)$$

ва

$$s_y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \quad (2)$$



73-расм.

(73-расмга қаранг). Энг баланд нуқтада $v_y = 0$ ва (1) дан $v_0 \sin \alpha = gt_1$ га эга бўламиз, бундан тўпнинг кўтарилиш вақти $t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$ ва буни

$$(2) \text{ га қўйсак, максимал кўтарилиши } s_y \text{ max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \approx 2,1 \text{ м}.$$

2) Горизонтга нисбатан α бурчак остида отилган жисмнинг учиб узоқлиги $s_x \text{ max}$ ни топамиз. Маълумки

$$v_x = v_0 \cos \alpha, \quad (3)$$

$$s_x = v_x t = v_0 t \cos \alpha \quad (4)$$

(73-расмга қаранг). Жисм горизонтал текисликка $t_2 = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$ вақт ўтгандан кейин тушадн ва уни (4) га қўйсақ, учиш узоқлиғи

$$s_x \max = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha = 10,0 \text{ м.}$$

$$3) t_2 = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = 1,3 \text{ сек.}$$

$$1.33. s_x = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \text{ бўлганлигидан } \frac{s_1}{s_2} = \frac{g_2}{g_1}, \text{ бундан } s_2 = s_1 \frac{g_1}{g_2}.$$

бунда g_1 ва g_2 — Ленинград ва Тошкентга мос келувчи оғирлик кучининг тезланишлари. Соң қийматларни ўрнига қўйиб, $s_2 = 16,23 \text{ м}$ ни оламиз.

$$1.34. 5,9 \text{ м. } 1.35. h = 7,4 \text{ м.}$$

1.36. Жисм траекториясининг энг юқори нуқтасига кўтарилиш вақти $t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = 0,75 \text{ сек}$ ни толамиз. Бундан кўринадики $t = 1,25 \text{ сек}$ пайтда жисм юқори нуқтадан тушаётган экан. Масалани энди қуйидагича таърифлаш мумкин: «Жисм горизонтал равишда $v_0 = v_0 \cos \alpha = 12,7 \text{ м/сек}$ тезлик билан отилган. Ҳаракат бошланишидан $t' = (1,25 - 0,75) \text{ сек} = 0,5 \text{ сек}$ ўтгандан кейинги тангенциал ва нормал тезланиши топилсин». Шундай қилиб, 1.30-масалага ўхшаш масалага эга бўламиз. Масалани 1.30-масалага ўхшаш ечамиз:

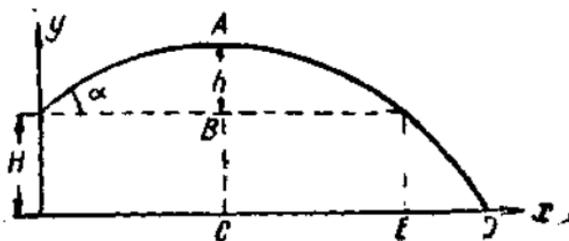
$$a_t = g \frac{v_y}{v} = \frac{g^2 t'}{\sqrt{(v_0)^2 + (t')^2}} = 3,52 \text{ м/сек}^2,$$

$$a_n = \frac{g v_0}{v} = 9,15 \text{ м/сек}^2.$$

Жисмнинг тўла тезланиши ҳар доим пастга йўналган бўлиб, оғирлик кучининг g тезланишига тенг эканлигини текшириш таяжия қилинади (1.30-масаланинг ечилишига қаранг).

$$1.37. R = 6,3 \text{ м. } 1.38. v_0 = 9,4 \text{ м/сек, } \alpha = 54^\circ 44'.$$

1.39. H баландликдан горизонтга нисбатан α бурчак остида отилган тошнинг ҳаракатини икки босқичга ажратиш мумкин: тошнинг энг



74-расм.

баланд нуқта A гача бўлган ҳаракати (74-расмга қаранг) ва A нуқтадан горизонтал равишда $v_x = v_0 \cos \alpha$ тезлик билан отилган тошнинг ҳаракати. Жисмнинг AC кўтарилиш баландлиги

$$AC = s_y = H + h = H + \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \text{ га тенг.}$$

1) Тошнинг умумий кўтарилиш вақти $t = t_1 + t_2$, бунда $t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$

тошнинг h баландликка кўтарилиш вақти ва $t_2 = \sqrt{\frac{2s_y}{g}}$ тошнинг тушиш вақти. Масалада берилган сон қийматларни мана шу тенгламаларга қўйиб, $s_y = 27,9 \text{ м}$, $t_1 = 0,77 \text{ сек}$, $t_2 = 2,39 \text{ сек}$ эканлигини топамиз. Бунда $t = 3,16 \text{ сек}$.

2) Минора асосидан тошнинг ерга келиб тушган жойингача бўлган масофа $OD = OC + CD$, бунда $OC = \frac{OE}{2} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g} = 9,96 \text{ м} \approx 10 \text{ м}$, $CD = v_x t_2 = v_0 t_2 \cos \alpha = 31,1 \text{ м}$. Бундан $OD = 41,1 \text{ м}$.

3) $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$, бунда $v_x = v_0 \cos \alpha = 13,0 \text{ м/сек}$, $v_y = gt_2 = 23,4 \text{ м/сек}$, бундан $v = 26,7 \text{ м/сек}$.

4) Тош траекториясининг горизонт билан тошнинг ерга тушиш нуқтасида ташкил этган бурчани $v_y + v_x \operatorname{tg} \varphi$ формуласидан топилади, бунда $\operatorname{tg} \varphi = \frac{v_y}{v_x} = 1,8$ ва $\varphi = 61^\circ$.

1.40. 1) Коптокининг деворга урилиши унинг юқорига кўтарилишида содир бўлади. 2) $y = 2,1 \text{ м}$. 3) Коптокининг деворга урилиш пайтидаги тезлигининг ташкил этувчилари $v_x = v_0 \cos \alpha = 7,07 \text{ м/сек}$ ва $v_y = v_0 \sin \alpha - gt = 2,91 \text{ м/сек}$ га тенг. φ вақтда $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 7,6 \text{ м/сек}$.

1.41. 1) $7,26 \cdot 10^{-5} \text{ рад/сек}$, 2) $14,5 \cdot 10^{-5} \text{ рад/сек}$, 3) $1,74 \times 10^{-3} \text{ рад/сек}$, 4) $1,19 \cdot 10^{-3} \text{ рад/сек}$, 5) $7,8 \text{ км/сек}$.

1.42. $v = 231 \text{ м/сек}$. 1.43. $v = 1660 \text{ км/соат}$. 1.44. $v = 400 \text{ м/сек}$.

1.45. $R = 8,33 \text{ см}$.

1.46. Текис ўзгарувчан айланма ҳаракатда қуйидаги иккита ҳаракат тенгламаси ўриналидир:

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{e t^2}{2} \quad (1)$$

ва

$$\omega = \omega_0 + e t. \quad (2)$$

Шартга кўра $\omega_0 = 0$. φ вақтда (1) ва (2) тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\varphi = \frac{e t^3}{2} \quad (3)$$

ва

$$\omega = \varepsilon t. \quad (4)$$

(3) ва (4) ларни биргаликда ечиб ва $\varphi = 2\pi N$ эканлигини ҳисобга олиб, $\varepsilon = \frac{\omega^2}{4\pi N} = 3,2 \text{ рад/сек}^2$ эканлигини топамиз.

$$1.47. \varepsilon = 1,26 \text{ рад/сек}^2, N = 360 \text{ айл.}$$

$$1.48. \varepsilon = -0,21 \text{ рад/сек}^2, N = 240 \text{ айл.}$$

$$1.49. 10 \text{ сек. } 1.50. 1) 6,3 \text{ сек} \text{ дан кейин, } 2) 9,4 \text{ айл.}$$

1.51. Шартга кўра $a_t = \text{const}$. Агар t вақт ҳаракат бошланишидан ҳисобланса, у вақтда

$$a_t = \frac{v}{t}. \quad (1)$$

Ундан ташқари

$$a_n = \frac{v^2}{R}. \quad (2)$$

(1) ва (2) дан қуйидагига эга бўламиз:

$$t = \frac{1}{a_t} \sqrt{a_n \cdot R}. \quad (3)$$

$$1) \text{ Агар } a_n = a_t, \text{ у вақтда (3) дан } t = \sqrt{\frac{R}{a_t}} = 2 \text{ сек} \text{ бўлади.}$$

$$2) \text{ Агар } a_n = 2a_t, \text{ у вақтда } t = \sqrt{\frac{2R}{a_t}} = 2,8 \text{ сек.}$$

$$1.52. a_t = \frac{v^2}{4\pi NR} = 0,1 \text{ м/сек}^2. \quad 1.53. a_n = \frac{v^4 t^2}{16\pi^2 N^2 R^3} = 0,01 \text{ м/сек}^2.$$

$$1.54. \omega = 4,4 \cdot 10^{16} \text{ рад/сек}, a_n = 9,7 \cdot 10^{22} \text{ м/сек}^2.$$

1.55. 1) Текис ўзгарувчан айланма ҳаракатда ω бурчак тезлик t вақт билан $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$ тенглама орқали боғланган. Шартга кўра $\omega_0 = 0$ ва у вақтда $\omega = \varepsilon t$, яъни ω бурчак тезлик вақтга пропорционал равишда ортиб боради. Биринчи секунднинг охирида $\omega = 3,14 \text{ рад/сек}$.

2) $v = \omega R$ бўлганлиги учун, чизикли тезлик ҳам вақтга пропорционалдир. Биринчи секунднинг охирида $v = 0,314 \text{ м/сек}$.

3) Тангенциал тезланиш $a_t = \varepsilon R$ вақт t га боғлиқ эмас, яъни бутун ҳаракат вақтида ўзгармасдир. Бизнинг ҳолда $a_t = 0,314 \text{ м/сек}^2$.

4) Нормал тезланиш $a_n = \omega^2 R = \varepsilon^2 R t^2$, яъни нормал тезланиш вақтнинг квадратига пропорционал равишда ортиб боради: $t = 1 \text{ сек}$ бўлганда $a_n = 0,986 \text{ м/сек}^2$.

5) Тўла тезланиш вақтга қараб қуйидаги қонун бўйича ортиб боради: $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = a_t \sqrt{1 + \varepsilon^2 t^4}$. $t = 1 \text{ сек}$ бўлганда $a = 1,03 \text{ м/сек}^2$.

6) $\sin \alpha = \frac{a_t}{a} = \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 t^4}}$ бўлиб, бунда α бурчак тўла тезланиш йўналишининг ёнларак радиуси билан ташкил қилган бурчақдир. Бошланғич вақтда, яъни $t = 0$ бўлганда $a_t = a_t$ бўлиб, тўла тезланиш уринма бўйлаб йўналади. $t = \infty$ бўлганда $a = a_n$ бўлади (чунки $a_t = \text{const}$ ва a_n вақтнинг квадратига пропорционалдир), яъни $t = \infty$ бўл-

ганда тўла тезланиш нормал бўйича йўналган бўлади. Биринчи секунднинг охирида $\sin \alpha = \frac{a_t}{a_n} = \frac{0,314}{1,03} = 0,305$, яъни $\alpha = 17^\circ 46'$.

1.56. $a_n = 4,50 \text{ м/сек}^2$, $a_t = 0,06 \text{ м/сек}^2$.

1.57. $v = 4 \text{ м/сек}$; $a_t = 2 \text{ м/сек}^2$, $a_n = 2 \text{ м/сек}^2$, $\alpha = 2,83 \text{ м/сек}^2$.

1.58. $v = 0,43 \text{ рад/сек}^2$. 1.59. $R = \frac{a}{v \sqrt{1 + v^2 t^4}} = 6,1 \text{ м}$.

1.60. 1) $\omega = 14 \text{ рад/сек}$; 2) $v = 1,4 \text{ м/сек}$; 3) $v = 12 \text{ рад/сек}^2$; 4) $a_t = 1,2 \text{ м/сек}^2$, $a_n = 19,6 \text{ м/сек}^2$. 1.61. $\Delta a_t = 0,3 \text{ м/сек}^2$.

1.62. Қидирилайётган бурчак $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_t}{a_n}$ тенгликдан аниқланади,

бунда a_t — тангенциал ва a_n — нормал тезланиш. Лекин $a_t = \frac{dv}{dt}$ ва $a_n = \frac{v^2}{R}$ бўлганидан, бизнинг масаланинг шартига кўра $\operatorname{tg} \alpha = \frac{(3+2t)R}{(3t+t^2)^2}$.

Бу формулага $t=0, 1, 2, 3, 4$ ва 5 сек қийматларини қўйиб, қуйидагиларга эга бўламиз: 1) $t=0$, $\operatorname{tg} \alpha = \infty$, яъни $\alpha = 90^\circ$ — тўла тезланиш уринма бўйича йўналган; 2) $t=1$ сек, $\operatorname{tg} \alpha = 3,13$ ва $\alpha = 72^\circ 17'$; 3) $t=2$ сек, $\operatorname{tg} \alpha = 0,7$ ва $\alpha = 35^\circ 0'$; 4) $t=3$ сек, $\operatorname{tg} \alpha = 0,278$ ва $\alpha = 15^\circ 32'$; 5) $t=4$ сек, $\operatorname{tg} \alpha = 0,14$ ва $\alpha = 7^\circ 58'$; 6) $t=5$ сек, $\operatorname{tg} \alpha = 0,081$ ва $\alpha = 4^\circ 38'$; $t = \infty$ бўлганда $\operatorname{tg} \alpha = 0$, яъни $\alpha = 0$ бўлади, тўла тезланиш нормал бўйлаб йўналгандир.

1.63. $R = 1,2 \text{ м}$. 1.64. $\frac{v_n}{a_t} = 0,58$.

2-§. Динамика

2.1. Тушайётган аэростатга: F_1 кўтариш кучи (юқорига), F_2 ҳавонинг қаршилик кучи (юқорига) ва шарнинг F_3 оғирлиги (пастга) таъсир қилади. Аэростат текис ҳаракат қилганидан Ньютоннинг биринчи қонунига асосан тенг таъсир этувчи куч нолга тенг бўлади, яъни

$$F_1 + F_2 = F_3. \quad (1)$$

Балласт ташлаб юборилганда аэростат кўтарилма боради, у вақтда (1) тенгламанинг ўрнига қуйидагига эга бўламиз:

$$F_1 = F_2 + (F_3 - F_x). \quad (2)$$

(1) ва (2) ни биргаликда ечсак, $F_x = 2(F_2 - F_1)$ га эга бўламиз. Ҳизда $F_3 = 1600 \text{ кг} = 1600 \cdot 9,81 \text{ н}$, $F_2 = 1200 \text{ кг} = 1200 \cdot 9,81 \text{ н}$. У вақтда $F_x = 7,85 \cdot 10^3 \text{ н} = 800 \text{ кг}$.

2.2. 1) Юқорига кўтарилайётган юкка иккита куч: пастга йўналган юкнинг P оғирлиги ва ипнинг юқорига йўналган T таранглик кучи таъсир қилади. Юқорига кўтарилайётган юкнинг ҳаракатига Ньютоннинг иккинчи қонунига татбиқ қилиб $ma = T - P$ ни топамиз, бундан қидирилайётган ипнинг T таранглик кучи

$$T = ma + P = m(a + g). \quad (1)$$

Визда $m = 1 \text{ кг}$, $a = 5 \text{ м/сек}^2$ ва $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$. Бу берилганларни (1) га қўйиб, $T = 14,8 \text{ н} = 1,51 \text{ кг}$ ни олампиз.

2) Пастга тушаётган юкка P оғирлик кучи (пастга) ва ипнинг T таранглик кучи (юқорига) таъсир қилади. Шунинг учун $ma = P - T$, бундан

$$T = m(g - a). \quad (2)$$

Агар юк g тезланиш билан (эркин) тушаётган, яъни $a = g$ бўлса, ипнинг таранглик кучи нолга тенг бўлиши керак эди. Берилган сон қийматларни (2) га қўйсак $T = 4,8 \text{ н} = 0,49 \text{ кг}$ келиб чиқади.

2.3. $a = 1,25 \text{ м/сек}^2$.

2.4. 1) $a = 4,9 \text{ м/сек}^2$ (лифт кўтарилди); 2) $a = 2,45 \text{ м/сек}^2$ (лифт пастга тушди).

2.5. $a_2 = 13,8 \text{ м/сек}^2$.

2.6. Масалани икки хил усул билан: Ньютоннинг иккинчи қонунини ёки энергиянинг сақланиш қонунини татбиқ қилиб, ечиш мумкин.

1) Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан

$$F = ma, \quad (1)$$

бунда F — тормозлаш кучи, m — автомобилнинг массаси ва a — унинг тезланиши (бизнинг ҳолда манфий). Автомобиль текис секинланувчан ҳаракатланганлиги учун тежис ўзгарувчан ҳаракат кинематикасининг тенгламаларидан қуйидагиларни осонгина олиш мумкин:

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad (2)$$

ва

$$v_0 = \frac{2s}{t}. \quad (3)$$

(1.17-масаланинг ечилишига қараи). (2) ни (1) га қўйсак

$$F = \frac{2sm}{t^2}. \quad (4)$$

Визда $s = 25 \text{ м}$, $m = 1020 \text{ кг}$ ва $t = 5 \text{ сек}$. Бу қийматларни (3) ва (4) ларга қўйсак, $v_0 = 10 \text{ м/сек} = 36 \text{ км/соат}$ ва $F = 2040 \text{ н} = 208 \text{ кг}$ бўлади.

2) Тормозлашда автомобилнинг кинетик энергияси тормозланиш кучининг енгил ишига сарф бўлади, яъни

$$\frac{mv_0^2}{2} = Fs. \quad (5)$$

Лекин кинематиканинг тенгламасидан

$$v_0 = \frac{2s}{t}. \quad (3)$$

(3) ни (5) га қўйиб, юқоридagi тенгламани оламиз:

$$F = \frac{2sm}{t^2}. \quad (4)$$

2.7. $F = 2,77 \cdot 10^4 \text{ н.}$

2.8. 1) $\bar{F} = 3000 \text{ н.}$; 2) $\bar{F} = 3,0 \cdot 10^4 \text{ н.}$; 3) $\bar{F} = 3,0 \cdot 10^5 \text{ н.}$

2.9. Вагонга қўйилиши керак бўлган куч, биринчидан, ишқаланиш-
ни енгизишга ва, иккинчидан, вагонга тезланиш беришга сарфланади, яъни

$F = F_{\text{ишқ}} + F_{\text{тезл.}}$. Лекин $F_{\text{ишқ}} = kP$, бунда P — вагоннинг оғирлиги
ва k — ишқаланиш коэффициенти, $F_{\text{тезл.}} = ma = \frac{P}{g} a$. Шундай қилиб,

$F = kP + \frac{P}{g} a$. Вагон текис тезланувчан ҳаракат қилаётганлиги учун

$s = \frac{at^2}{2}$ бўлади. Бунда $a = \frac{2s}{t^2}$ ва охирида $F = kP + \frac{2Ps}{gt^2}$ бўлади. Бунда
 $k = 0,05$, $P = 16 \text{ Т} = 16 \cdot 9,81 \cdot 10^8 \text{ н.}$, $s = 11 \text{ м.}$, $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ ва
 $t = 30 \text{ сек.}$ Бу берилгаларни ўрнига қўйсак, $F = 8200 \text{ н}$ бўлади.

2.10. $v_0 = 11,75 \text{ м/сек.}$

2.11. 1) $F = 6000 \text{ н.}$; 2) 50 сек дан кейин; 3) $s = 375 \text{ м.}$

2.12. Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан $F = ma$, лекин $a = \frac{dv}{dt}$.
Бунда $v = \frac{ds}{dt} = -11 + 2Ct - 3Dt^2$, демак, $a = \frac{dv}{dt} = 2C - 6Dt$,
у вақтда

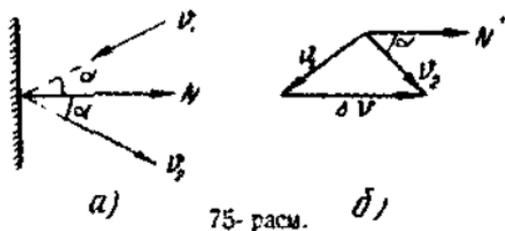
$$F = ma = m(2C - 6Dt) = 0,5(10 - 6t) \text{ н.} \quad (1)$$

(1) тенглама F кучнинг t вақтга боғланишини ифодалайди. Биринчи
секунднинг охирида $F = 2 \text{ н.}$

2.13. $m = 4,9 \text{ кг.}$ 2.14. $F = -0,123 \text{ н.}$

2.15. $F \cdot \Delta t = 5,6 \cdot 10^{-29} \text{ н} \cdot \text{сек.}$

2.16. Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$, бунда
 Δv — вектор айрма. Девор спиртидаги нормалнинг йўналишини мусбат
ҳисоблаб (75-расм), қуйидагиларга эга бўламиз: $\Delta v = v_2 \cos \alpha -$



75-расм.

$-(v_1 \cos \alpha) = v_2 \cos \alpha + v_1 \cos \alpha$. Лекин шартга кўра $v_1 = v_2 = v$,
у вақтда $\Delta v = 2v \cos \alpha$. Шундай қилиб, $F \cdot \Delta t = 2m v \cos \alpha = 2,8 \cdot 10^{-23} \text{ н} \cdot \text{сек.}$

2.17. 0,51 сек. 2.18. $F = 86 \text{ н.}$

Кўрсатма. t вақт ичида деворга узунлиги $l = v \cdot t$ ва қўндаланг
кесим юзи S бўлган цилиндрдаги сув массасининг урилиши назарга
олинсин, яъни $m = \rho S v \cdot l$, бунда ρ — сувнинг zichлиги.

2.19. 1) $v_{\text{тах}} = 21,6 \text{ км/соат.}$; 2) $t = 73 \text{ сек.}$; 3) $a = -0,098 \text{ м/сек}^2$;
4) $s = 218 \text{ м.}$

2.20. 1) $F_1 = 980$ н; 2) $F_2 = 3000$ н. 2.21. $\alpha = 14^\circ$.

Қўрсатма. Оғирлик ва инерция кучларининг тенг таъсир этувчисини сувнинг сиртига перпендикуляр бўлишлиги назарга олинсин.

2.22. $\alpha = 6^\circ 30'$. 2.23. $k = 0,15$.

2.24. Арқон узунлик бирлигининг оғирлигини P_0 орқали ифода-лаймиз. У вақтда осилиб турган арқон қисмининг оғирлиги $P_1 = P_0 \times \times 0,25l$ га тенг. Бу оғирлик арқоннинг стол устида ётган қисмига таъсир қилувчи ишқаланмиш кучи билан мувозанатлашади. Ишқаланмиш кучи

$$F_{\text{ишқ}} = kP_0 \cdot 0,75l. \text{ Шундай қилиб, } P_0 \cdot 0,25l = kP_0 \cdot 0,75l, \text{ бундан } k = \frac{0,25}{0,75} = 0,33.$$

2. 25. 1) Тоққа чиқиб кетаётган автомобиль моторининг вужудга келтирган кучи ишқаланмиш кучини енгишга ҳамда оғирлик кучининг йўлга параллел бўлган ташкил этувчисини енгишга сарфланади (76-расм): $F = F_{\text{ишқ}} + F_1$. Бинобарин, $F_{\text{ишқ}} = kF_2 = kP \cos \alpha$, $F_1 = P \sin \alpha$. Шундай қилиб, тортиш кучи

$$F = P(k \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (1)$$

Масалада берилганларнинг сои қий-матини қўйиб ҳамда $\sin \alpha \approx 0,04$ ва $\cos \alpha \approx 1$ эканлигини назарга ол-сак, $F = 1370$ н бўлади.

2) Автомобиль тоғдан тушиб келаётган ҳолда $F = P(k \cos \alpha - \sin \alpha) = 590$ н. Агар ишқаланмиш кучи оғирлик кучининг йўлга параллел бўлган ташкил этувчисидан кичик, яъни $kP \cos \alpha < P \sin \alpha$ бўл-са, $F < 0$ бўлади. Бу ҳолда автомобиль тоғдан текис ҳаракат қилиб тушиб бериши таъминлаш учун унга қандайдир секинлаштирувчи куч таъсир эттириш керак. Бундай куч бўлмаганда автомобиль тоғдан $a = g(\sin \alpha - k \cos \alpha)$ тезланиш билан туша бошлайди.

2.26. $F = 2370$ н.

2.27. 1) $k < 0,07$; 2) $a = 0,39$ м/сек²; 3) $t = 22,7$ сек; 4) $v = 8,85$ м/сек.

2.28. $k = \operatorname{tg} \alpha - \frac{v^2}{2gs \cos \alpha} = 0,2$. 2.29. $k = 0,5$.

2.30. 1) $P_1 - P_2$ куч иккала тошга ҳам

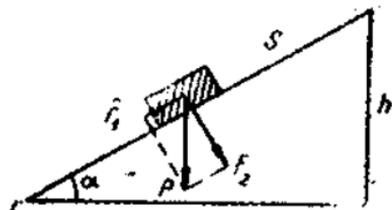
$$a = \frac{P_1 - P_2}{m_1 + m_2} = \frac{g(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2} \quad (1)$$

тезланиш беради. Масалада берилганларнинг сои қийматини ўрнига қўйсак, $a = 3,27$ м/сек² бўлади.

2) P_1 ва P_2 тошларининг ҳаракат тенгламалари мос равишда қуйи-дагича ёзнади:

$$m_1 a = m_1 g - T_1, \quad (2)$$

$$m_2 a = T_2 - m_2 g \quad (3)$$



76-расм.

(2.2-масаланинг ечилишига қаранг). (1), (2) ва (3) тенгламалардан қуйидагини осонгина ҳосил қилиш мумкин:

$$T_1 = T_2 = \frac{2m_1m_2g}{m_1 + m_2} = 13,0 \text{ н.}$$

$$2.31. \quad 1) \quad a = \frac{g(m_1 - km_2)}{m_1 + m_2} = 4,4 \text{ м/сек}^2,$$

$$2) \quad T_1 = T_2 = \frac{m_1m_2g(1+k)}{m_1 + m_2} = 5,4 \text{ н.}$$

$$2.32. \quad 1) \quad a = \frac{(m_1 - m_2 \sin \alpha)g}{m_1 + m_2} = 2,45 \text{ м/сек}^2,$$

$$2) \quad T_1 = T_2 = \frac{m_1m_2g(1 + \sin \alpha)}{m_1 + m_2} = 7,35 \text{ н.}$$

$$2.33. \quad 1) \quad a = \frac{[m_1 - m_2(\sin \alpha + k \cos \alpha)]g}{m_1 + m_2} = 2,02 \text{ м/сек}^2,$$

$$2) \quad T_1 = T_2 = \frac{m_1m_2g[1 + (\sin \alpha + k \cos \alpha)]}{m_1 + m_2} = 7,77 \text{ н.}$$

$$2.34. \quad 1) \quad a = \frac{(m_1 \sin \beta - m_2 \sin \alpha)g}{m_1 + m_2} = 1,02 \text{ м/сек}^2,$$

$$2) \quad T_1 = T_2 = \frac{m_1m_2g(\sin \alpha + \sin \beta)}{m_1 + m_2} = 5,9 \text{ н.}$$

$$2.35. \quad 1) \quad a = \frac{[m_1(\sin \beta - k \cos \beta) - m_2(\sin \alpha + k \cos \alpha)]g}{m_1 + m_2} =$$

$$= 0,244 \text{ м/сек}^2,$$

$$2) \quad T_1 = T_2 = \frac{m_1m_2g[\sin \alpha + \sin \beta + k(\cos \alpha - \cos \beta)]}{m_1 + m_2} =$$

$$= 6,0 \text{ н.}$$

2.36. Иш A юкнинг потенциал энергиясини ошириш ва унга тезланиш бериш учун сарфланади, яъни $A = mgh + mah = mh(g + a)$, бундан $a = \frac{A - mgh}{mh}$. Бизда $A = 8 \text{ кГж} = 8 \cdot 9,81 \text{ ж}$, $m = 2 \text{ кг}$, $h = 1 \text{ м}$. Бу

берилганларни ўринга қўйсақ, $a = 29,4 \text{ м/сек}^2$ келиб чиқади.

2.37. 10 марта. 2.38. 1) $A_1 = 21,0 \text{ ж}$; 2) $A_2 = 64,0 \text{ ж}$.

2.39. $\Delta L = -3,5 \text{ кг м/сек}$. 2.40. $k = 0,01$.

2.41. 1) $A = 2,25 \cdot 10^6 \text{ ж}$; 2) $s = 375 \text{ м}$. 2.42. $v < 50 \text{ км/соат}$.

2.43. $k = 0,05$. 2.44. $A = 35,6 \text{ ж}$. 2.45. $m = 0,06 \text{ кг}$.

2.46. Двигателнинг ўртача қуввати N ва ҳаракат тезлиги v бўлганидан автомобилни s масофага силжитишда двигателнинг бажарган иши $A = \frac{N \cdot t}{\eta} = \frac{Ns}{\eta v}$ га тенг, бунда η — двигателнинг ф. и. к. Бу ишни

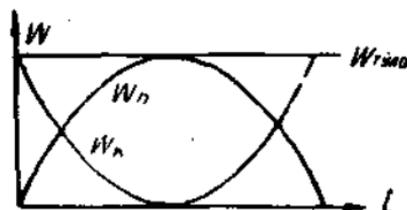
бажариш учун зарур бўлган бензин $m = \frac{A}{q} = \frac{Ns}{qv}$ га тенг, бунда q —

бензиннинг иссиқлик бериш қобилияти. Бизда $N = 15$ от кучи $= 15 \times 736 \text{ ат}$, $s = 10^6 \text{ м}$, $q = 4,6 \cdot 10^7 \text{ ж/кг}$, $\eta = 0,22$ ва $v = 30 \text{ км/соат} = 8,35 \text{ м/сек}$. Бу берилганларни ўрнига қўйсақ, $m = 13 \text{ кг}$ бўлади.

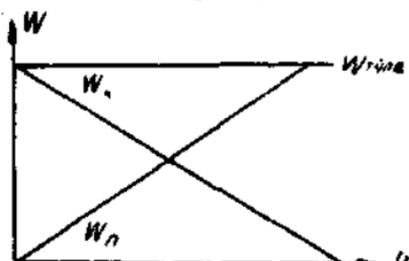
2.47. $\eta = 0,22$.

2.48. 77-расмда юқорига вертикал отилган тошнинг кинетик, потенциал ва тула энергиясининг вақтга боғланиш характери берилган.

2.49. 78-расмда юқорига вертикал отилган тошнинг кинетик, потенциал ва тула энергиясининг масофага боғланиш характери берилган.



77- расм.



78- расм.

2.50. $W_k = W_p = 98,1 \text{ ж}$.

2.51. $W_k = 32,2 \text{ ж}$, $W_p = 39,4 \text{ ж}$.

2.52. 1) $W'_k = 6,6 \text{ ж}$, $W'_p = 15,9 \text{ ж}$, $W'_{\text{тула}} = 22,5 \text{ ж}$,

2) $W'_k = 5,7 \text{ ж}$, $W'_p = 16,8 \text{ ж}$, $W'_{\text{тула}} = 22,5 \text{ ж}$.

Энергиянинг сақланиш қонунига асосан $W'_{\text{тула}} = W_{\text{тула}} = 22,5 \text{ ж}$ эканлигини қайд қиламиз.

2.53. $t = 1,5 \text{ сек}$, $s_x = 19,1 \text{ м}$. 2.54. $a_t = 0,1 \text{ м/сек}^2$.

2.55. Жисм қия текисликда сирғанаётганда унинг потенциал энергияси кинетик энергияга ва ишқаланиш кучига қарши ишга айланади, яъни $mgh = \frac{mv^2}{2} + F_{\text{ишқ}} \cdot l$. Лекин $h = l \sin \alpha$ ва $F_{\text{ишқ}} = kmg \cos \alpha$, бунда k — ишқаланиш коэффициентини ва α — текисликнинг оғиш бурчаги.

1) $W_k = \frac{mv^2}{2} = mgh - F_{\text{ишқ}} \cdot l = mgl (\sin \alpha - k \cos \alpha)$. Бизда $\sin \alpha = \frac{h}{l} = 0,1$, яъни $\alpha = 5^\circ 44'$, демак, $\cos \alpha = 0,995$. Берилган сон қийматларини ўрнига қўйсақ, $W_k = 4,9 \text{ ж}$ бўлади.

2) $v = \sqrt{\frac{2W_k}{m}} = 3,1 \text{ м/сек}$.

3) Жисмнинг қия текислик этагида эга бўлган кинетик энергияси йўлнинг горизонтал қисмидаги ишқаланиш кучига қарши ишга сарф бўлади, яъни $W_k = F_{\text{ишқ}} \cdot s = kmg s$, бундан $s = \frac{W_k}{kmg} = 10 \text{ м}$.

2.56. $k = 0,07$. 2.57. 1) $k = 0,22$; 2) $Q = 5,7 \text{ ж}$.

2.58. 1) $A = 7 \cdot 10^6 \text{ ж}$; 2) $N = 29,4 \text{ кат}$.

2.59. Автомобиль двигатели берадиган қувват қуйидаги формуладан аниқланади:

$$N = F \cdot v = kPv.$$

1) Автомобиль горизонтал йўлда кетаётганда

$$N = kP_0 = 6,9 \text{ кат.}$$

2) Автомобиль тепаликка чиқаётганида ишқаланиш кучини ва оғирлик кучининг йўлга параллел ташкил этувчисини енгининга тўғри келди (2.25-масаланинг ечилишига қаранг), яъни $F = P(k \cos \alpha + \sin \alpha)$. Демак, $N = Pv(k \cos \alpha + \sin \alpha)$. Бизда $\sin \alpha = 0,05$. Бурчак α нинг жуда кичик бўлганлиги туфайли $\cos \alpha \cong 1$ деб олишимиз мумкин, у вақтда $N = 11,8 \text{ кат.}$

3) Автомобиль тепаликдан тушаётганида двигател берадиган қувват $N = Pv(k \cos \alpha + \sin \alpha) = 1,98 \text{ кат}$ га тенг бўлади.

2.60. Автомобиль тоғдан мотори ўчирилган ҳолда ўзгармас тезлик билан тушиши учун ишқаланиш кучи оғирлик кучининг йўлга параллел ташкил этувчисига тенг бўлиши, яъни $kmg \cos \alpha = mg \sin \alpha$ бўлиши зарур, бундан $k = \tan \alpha$. Автомобиль тоққа чиқаётганда двигатели берадиган қуввати $N = F \cdot v = Pv(k \cos \alpha + \sin \alpha)$ формуладан аниқланади. Формулага $k = \tan \alpha$ ни қўйсак, $N = Pv2 \sin \alpha = 11,8 \text{ кат.}$

2.61. 1) Платформа ҳаракатсиз турганда снаряднинг ерга nisbatan бошланғич тезлиги, унинг тўпга nisbatan бўлган тезлигига тенг. Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунига асосан қуйидагига эга бўламиз.

$$(m_1 + m_2 + m_3)v_1 = m_3v_0 + (m_1 + m_2)v_x. \quad (1)$$

Бунда m_1 — платформанинг массаси, m_2 — тўпнинг массаси ва m_3 — снаряднинг массаси. Текшириляётган ҳолда $v_1 = 0$. У вақтда (1) тенгламадан қуйидаги келиб чиқади.

$$v_x = -\frac{m_3v_0}{m_1 + m_2} = -3,33 \text{ м/сек} = -12 \text{ км/соат.}$$

Бунда «минус» ишора, снаряднинг ҳаракат йўналиши мусбат, яъни $v_0 > 0$ ҳисобланганда, $v_x < 0$ бўлиб, платформанинг снаряд ҳаракат йўналишига қарама-қарши йўналишда ҳаракатланганлигини билдирди.

2) Агар снаряд платформа ҳаракатининг йўналиши бўйлаб отилган бўлса, снаряднинг ерга nisbatan тезлиги $v_2 = v_0 + v_1$ га тенг бўлади ва унда ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунига асосан

$$(m_1 + m_2 + m_3)v_1 = m_3(v_0 + v_1) + (m_1 + m_2)v_x. \quad (2)$$

бундан

$$v_x = \frac{(m_1 + m_2 + m_3)v_1 - m_3(v_0 + v_1)}{m_1 + m_2} = 6 \text{ км/соат.}$$

Бунда $v_x > 0$ бўлганлигини, яъни платформа ўша йўналишда, лекин кам тезлик билан ҳаракатланишини қайд қиламиз.

3) Агар снаряд платформа ҳаракатининг йўналишига қарама-қарши томонга отилган бўлса, $v_0 > 0$ бўлиб, $v_1 < 0$ бўлади. Унда (2) тенг., лама қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\begin{aligned} & -(m_1 + m_2 + m_3)v_1 = m_3(v_0 - v_1) + (m_1 + m_2)v_x \\ \text{ёки} \\ v_x & = \frac{-(m_1 + m_2 + m_3)v_1 - m_3(v_0 - v_1)}{m_1 + m_2} = -30 \text{ км/соат.} \end{aligned}$$

Бунда v_x ва v_1 бир томонга йўналганлиги ($v_x < 0$ ва $v_1 < 0$), демак, платформанинг ўша йўналишда, лекин натта тезлик билан ҳаракатланишини қайд қиламиз.

2.62. $v = 0,6$ м/сек; 2.63. 1) $v = 5,14$ км/соат; 2) $v = 1,71$ км/соат.

2.64. 1) $v = 17,8$ км/соат; 2) $v = 53,5$ км/соат; 3) $v = -17,8$ км/соат. «Мялус» ишора вагоннинг снаряд ҳаракатининг йўналишига қарши кам тезлик билан ҳаракатланишини кўрсатади.

2.65. $v = -12,5$ м/сек.

2.66. 1) $0,67$ м/сек; 2) $0,83$ м/сек; 3) $0,5$ м/сек. 2.67. $s = 0,3$ м.

2.68. $W_k = 49$ ж. 2.69. $\Delta t = 0,58$ сек. 2.70. $\bar{F} = 19,6$ н.

2.71. 1) 284 ж; 2) 71 ж; 3) 1770 ж. 2.72. $W_k = 1,5 \cdot 10^5$ ж.

2.73. 1) $v_1 = v_2 = 1,8$ м/сек; 2) $v_1 = 0,6$ м/сек ва $v_2 = 2,6$ м/сек.

2.74. $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3}$.

2.75. Биринчи жисм тўқнашишгача $W_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$ кинетик энергияга эга эди.

Эластикмас тўқнашишдан кейин иккала жисм $v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$ умумий тезлик билан ҳаракат қила бошлайди. Тўқнашишдан кейин

иккала жисмнинг кинетик энергияси $W_2 = \frac{(m_1 + m_2)v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2(m_1 + m_2)}$. Бу кинетик энергияларнинг $W_1 - W_2$ айирмаси тўқнашишда ажратиб чиққан

иссиқлик миқдори $Q = \Delta W = \frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{m_1 v_1^2}{2(m_1 + m_2)}$ га тенг. Сон қийматларни ўрнига қўйсақ, $Q = 12$ ж бўлади.

2.76. $W_1 = 5,62$ ж; $W_2 = 0,62$ ж. 2.77. $W = 7,5$ ж.

2.78. $1,25$ марта. 2.79. 1) $h_1 = 5 \cdot 10^{-3}$ м, $h_2 = 0,08$ м, 3) $h = 2 \cdot 10^{-2}$ м.

2.80. $v = 550$ м/сек.

2.81. $l = 0,64$ м.

2.82. $Q = 0,188$ ж = $0,045$ кол. 2.83. $L = 0,75$ н-сек.

2.84. 1) $h = 0,5$ м, 2) $Q = 1,48$ ж.

2.85. Шарча h_1 баландликдан полга v_1 тезлик билан тушиб, полдан эса $v_2 = kv_1$ тезлик билан сакрайди, бунда k — тикланиш коэффициент. $mgh_1 = \frac{mv_1^2}{2}$ ва $mgh_2 = \frac{m_1 v_2^2}{2}$ бўлганлигидан $\frac{h_2}{h_1} = \frac{v_2^2}{v_1^2} =$

бунда F — марказдан қочирма куч, d — труба-нинг диаметри ва l — труба-нинг босим таъсиридаги қисмининг узунлиги. Сўнгра

$$F = \frac{m\omega^2}{R}, \quad (2)$$

бунда

$$m = \rho l S, \quad (3)$$

m — ҳажми Sl га тенг бўлган сувнинг массаси (S — труба кўндаланг кесимининг юзи, ρ — сувнинг zichлиги). Сув оқимининг тезлиги v қуйи-даги тенгламадан аниқланади: $v = \frac{M}{\rho Sl}$ (4), бунда M — труба-нинг кўн-даланг кесими S орқали l вақт ичида ўтган сувнинг массаси. (2), (3) ва

(4) ни (1) га қўйсақ $P = \frac{M^2}{R \cdot \rho \cdot d \cdot S \cdot l}$ ёки берилган сон қийматларини ўз ўринларига қўйсақ $p = 56,0 \text{ н/м}^2$ бўлади.

2.115. $p = 1250 \text{ н/м}^2$.

(2.116) Пружина қисилганда бажариладиган иш қуйидаги форму-ладан аниқланади

$$A = - \int_0^s F ds, \quad (1)$$

бунда S — қисилиш. Шартга кўра, куч сиқилишга пропорционалдр, яъни

$$F = -ks, \quad (2)$$

бунда k — пружинанинг қаттиқлик даражаси билан аниқланадиган, сон жиҳатдан бир бирлик қисилишни вужудга келтирувчи кучга тенг бўлган деформация коэффициентидр. (2) ни (1) га қўйсақ $A = \int_0^s ks ds = \frac{ks^2}{2}$

келиб чиқади. Бизда $k = \frac{29,4}{0,01} \text{ н/м} = 2490 \text{ н/м}$, $s = 0,2 \text{ м}$. Бу берил-ганларни формулага қўйсақ $A = 58,8 \text{ ж}$ га эга бўламиз.

2. 117. Статик эгилишда $P = kx_0$ бўлади, бунда P — юкнинг оғир-лиги. Бундан $k = \frac{P}{x_0}$. Юк h баландликдан тушаётганда $P(x + h) =$

$\frac{kx^2}{2} = \frac{Px^2}{2x_0}$ ёки $x^2 - 2x_0x - 2x_0h = 0$ га эга бўламиз. Бу тенгламани

ечиб $x = x_0 \pm \sqrt{x_0^2 + 2x_0h}$ ни толамиз. 1) Агар $h = 0$ бўлса, $x = 2x_0 =$
 $= 4 \text{ см}$ бўлади, 2) агар $h = 100 \text{ см}$ бўлса, $x = 22,1 \text{ см}$ бўлади.

2.118. $h_1 = 1,23 \text{ м}$. 2.119. 10 бўлим . 2.120. $7,4 \text{ кг}$.

2.121. $v = 3,6 \text{ км/соат}$. 2.122. $v = 22,1 \text{ м/сек}$. 2.123. $\frac{W_1}{W_2} =$
 $= \frac{k_2}{k_1}$.

2.124. $l = \frac{k_2 L}{k_1 + k_2} = 6 \cdot 10^{-2}$ м, яъни юкни биринчи пружинадан 6 см масофада осиб қўйиш керак бўлади.

$$2.125. \quad F = \frac{m \Delta x}{(\Delta t)^2} = 13,7 \text{ н.}$$

2.126. Ипнинг таранглик кучи (80-расмга қаранг) $T = \frac{P}{\cos \alpha} = 5,7$ н га тенг. Бу T таранглик кучи ипни Δl га чўзиб, $T = k \cdot \Delta l$ га тенг. Бундан $\Delta l = \frac{T}{k} = 9,5 \cdot 10^{-3}$ м. 80-расмдан кўринадики,

$$\frac{l}{R} = \frac{T}{F}. \quad (1)$$

Лекин

$$F = T \sin \alpha = \frac{mv^2}{R} = 4\pi^2 \nu^2 m R. \quad (2)$$

$$(1) \text{ ва } (2) \text{ дан } l = \frac{T}{4\pi^2 \nu^2 m} = 7,25 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Шундай қилиб, резинка ипнинг чўзилишидан кейинги узунлиги $l = 72,5 \cdot 10^{-3}$ м га ва чўзилишгача узунлиги эса $l_0 = l - \Delta l = 63 \cdot 10^{-3}$ м $\approx 6,3$ см га тенг.

$$2.127. \quad l = 10,8 \text{ см.}$$

Қўрсатма. Юкнинг потенциал энергияси ипнинг чўзилиши билан юкнинг олган кинетик энергиясига сарф бўлади.

2.128. Агар коптоқнинг оғирлиги Архимед кучи билан мувозанатланса, яъни $P = f_{\text{Арх}}$ ёки

$$mg = \rho_0 v_0 \cdot g, \quad (1)$$

бўлса, у сувда мувозанат назиятда сузиб юради.

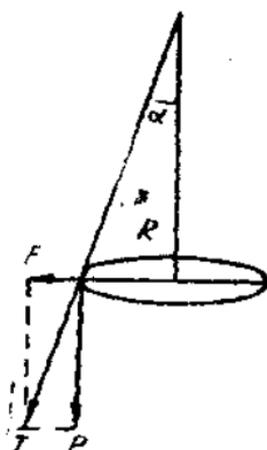
(1) да v_0 — сувда мувозанатда бўлган h баландликли шар сегментининг ҳажми; ρ_0 — сувнинг zichлиги; m — коптоқнинг массаси. Демак, $H + h = R$, яъни шарнинг радиусидир. Агар коптоқни сувга x масофагача ботирилса, Архимед кучи коптоқнинг оғирлигидан катта бўлади ва коптоқни сувдан юқорига кўтарувчи, натижаловчи куч қўйидагига тенг бўлади:

$$f_x = f_{\text{Арх}} - mg. \quad (2)$$

Бу f_x кучга қарши иш бажарилиши шарт. Демак,

$$f_{\text{Арх}} = \rho_0 v_1 g. \quad (3)$$

Бунда v_1 — баландлиги $(h + x)$ бўлган шар сегментининг ҳажми. (1), (2) ва (3) $f_x = \rho_0 v_1 g - \rho_0 v_0 g = \rho_0 g (v_1 - v_0) = \rho_0 g v_x$ га эга бўлаемиз, бунда v_x — баландлиги x бўлган шар қатламичининг ҳажми. Маълумки, баландлиги l бўлган шар сегментининг ҳажми $v = \frac{1}{3} \pi l^2 (3R - l)$ га тенг,



80-расм.

бунда R шарнинг радиуси. Бундан шар қатламнинг ҳажми $v_x = v_1 - v_0 = \frac{1}{3} \pi (x+h)^2 [3R - (x+h)] - \frac{1}{3} \pi h^2 (3R - h)$.

Унда

$$f_x = \rho_0 g v_x = \frac{\rho_0 g \pi}{3} [3R(x+h)^2 - (x+h)^3 - h^2(3R-h)]. \quad (4)$$

Коптокни сувга диаметрал текислигигача ботиришда бу кучга қарши қуйидагига тенг ишни бажариш керак

$$A = \int_0^H f_x dx. \quad (5)$$

(4) ни (5) га қўйиб, интеграллаб ва $H+h=R$ ни билган ҳолда, масалада берилганларнинг сон қийматини қўйиб, $A=0,74$ ж ни оламиз.

2.129. $A=0,17$ ж (2.128-масаланинг ечилишига қаранг).

2.130. $A=4,6$ ж (2.128-масаланинг ечилишига қаранг).

2.131. $A = \frac{SgH^2(\rho_0 - \rho_1)^2}{2\rho_0} \approx 7,84$ ж. Бунда ρ_0 — сувнинг зичлиги

ва ρ_1 — музнинг зичлиги.

2.132. $F = 1,86 \cdot 10^{-43}$ н. 2.133. $W = -3,8 \cdot 10^{-10}$ ж.

2.134. $\gamma = \frac{3g}{4\pi R} = 6,7 \cdot 10^{-11}$ м³/кг·сек².

2.135.

Сайёралар	ρ , кг/м ³	Сайёралар	ρ , кг/м ³
Меркурий	5500	Юпитер	1320
Венера	4800	Сатурн	710
Ер	5500	Уран	1260
Марс	3900	Нептун	1600

2.136. Ракета Ер билан Ойга Ернинг сиртидан $3,4 \cdot 10^5$ км масофада бир хил куч билан тортилади.

2.137. $g_{Oй} = 0,165 g_{Ер}$.

2.138. Математик маятникнинг тебраниш даври 2,46 марта ортади.

2.139. Жисм билан Ернинг ўзаро тортишиш кучи $F = \gamma \frac{mM}{R^2}$ га тенг. Бунда m — жисмнинг массаси, M — Ернинг массаси ва R — улар орасидаги масофа. Ер сиртига яқин нуқтанинг R радиуси Ернинг радиусига тенг ва $F = mg$. Унда

$$F = mg = \gamma \frac{mM}{R^2}. \quad (1)$$

Жисм Ер атропоида айлана орбита буйлаб айланганда тортишиш кучи марказга ингилма кучдан иборат бўлади. Шундай қилиб,

$$F = \frac{mv^2}{R}. \quad (2)$$

Бундан изланаётган тезлик

$$v = \sqrt{\frac{\gamma M}{R}} = \sqrt{gR} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/сек} = 7,9 \text{ км/соат}.$$

2.140. Жисм Ердан узоқлашиб кетиши учун, тортишиш кучининг потенциал энергиясини ениши учун жисмнинг кинетик энергияси етарлича бўлиши керак, яъни

$$\frac{mv^2}{2} \geq \gamma \frac{mM}{R}. \quad (1)$$

Лекин Ер сиртининг яқинида $\frac{\gamma M}{R^2} = g$ (олдинги масалаининг ечилишидаги (1) тенгламага қаранг); шунинг учун $\frac{mv^2}{2} \geq mgR$, бундан изланаётган тезлик $v \geq \sqrt{2gR}$. Масалада берилган соҳ қийматларни қўйсак $v \geq 112 \text{ км/сек}$ бўлади.

2.141.

Сайёралар	v_1 , км/сек	v_2 , км/сек
Меркурий	3,0	4,25
Венера	7,2	10,2
Ер	7,9	11,2
Марс	3,57	5,05
Юпитер	42,6	60,4
Сатурн	25,7	36,4
Уран	15,2	21,5
Нептун	16,6	23,5

2.142. $v = 30 \text{ км/сек}$.

2.143.

h , км	v , км/сек	T
0	7,91	1 соат 25 мин
200	7,79	1 соат 28 мин
7000	5,46	4 соат 16 мин

2.144. 1) $T = \sqrt{\frac{3\pi}{\gamma\rho}}$, бунда ρ — марказий жисмнинг зичлиги; γ — гравитацион доимийлик.

2)

Сайёралар	T , соат	Сайёралар	T , соат
Меркурий	1,41	Юпитер	2,86
Венера	1,50	Сатурн	3,90
Ер	1,41	Уран	2,94
Марс	1,66	Нептун	2,61

2.145. $a_n = 9,20 \text{ м/сек}^2$. 2.146. $T_1 = 7,8 \text{ соат}$; $T_2 = 31,2 \text{ соат}$.

2.147. Ер сиртидан 35800 км масофада.

2.148. $v = 1,7 \text{ км/сек}$, $T = 1 \text{ соат } 50 \text{ минут}$.2.149. $v_1 = 1,7 \text{ км/сек}$, $v_2 = 2,4 \text{ км/сек}$.

2.150. Ер сиртида

$$F = mg = \gamma \frac{mM}{R^2} \quad (1)$$

бўлади, бунда R — Ернинг радиуси. Ер сиртидан h баландликда

$$mg_1 = \gamma \frac{mM}{(R+h)^2} \quad (2)$$

(1) ва (2) дан қуйидагини оламиз:

$$\frac{g_1}{g} = \frac{R^2}{(R+h)^2} \quad (3)$$

(3) тенглама $\frac{g_1}{g}$ ning h баландликка боғлиқлигини беради. $\frac{g_1}{g} = n$ деб белгилаймиз. У ҳолда (3) дан $h^2 + 2Rh + (R^2 - \frac{R^2}{n}) = 0$. Бу квадрат тенгламани ечсак, $h = -R \pm \frac{R}{\sqrt{n}}$ ни топамиз. $h > 0$ бўлишиги учун,

ечимни мусбат ишора билан олинади, яъни $h = -R + \frac{R}{\sqrt{n}}$. Бундай ҳолда

h ҳамisha мусбат бўлади, чунки $n < 1$ ҳамisha бирдан кичик. $n = 0,25$ ни ўринга қўйсак $h = R$, яъни Ер радиусига барабар баландликда $g_1 = 0,25g$ эканлигини топамиз. Агар $h \ll R$ бўлса, (3) тенгламани $\frac{g_1}{g} =$

$\frac{R^2}{(R+h)^2} \approx 1 - \frac{2h}{R}$ кўринишида ёзиш мумкин.

2.151. Ер сиртидан 13600 км баландликда.

2.152. 2 марта.

2.153. Ер сиртидан h ва Ер марказидан r масофада турган жисм A ning массасини m деб белгилаймиз. Масала шартда берилганларни ҳисобга олиб, қуйидагини ёзиш мумкин: $F_1 = mg_1 = \gamma \frac{mM}{r^2}$, бунда M_1 — зичлиги Ер зичлигига тенг, радиуси r бўлган шарнинг массаси. $M_1 = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho$ бўлганлигидан, буида ρ — Ернинг зичлиги, у вақтда $mg_1 = \gamma m \frac{4}{3} \pi r \rho$. Ер сиртида $F = mg = \gamma \frac{mM}{R^2} = \gamma m \frac{4}{3} \pi R \rho$. Бундан изла-

наётган $\frac{g_1}{g}$ нинг h чуқурликиа боғланиши $\frac{g_1}{g} = \frac{r}{R} = \frac{R-h}{R}$ бўлади.

$\frac{g_1}{g} = n$ деб белгилаймиз, унда $h = R(1-n)$ бўлади. Агар $n = 0,25$ бўлса, $h = 0,75R$ бўлади.

2.154. $h = 2H$.

2.155. Кеплернинг учинчи қонунига асосан

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3} \quad (1)$$

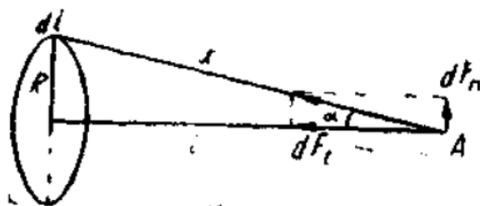
Бизни Куёш системаси планеталарининг айланish даври қизиқтирганлиги учун планета сифатида T_2 ва R_2 маълум қийматларга эга бўлган Ерни олиш керак (Кеплер қонунини Ернинг сунъий йўлдошига татбиқ қилинганда, йўлдош сифатида T_2 ва R_2 маълум қийматларга эга бўлган Ойни олиш мумкинлигини қайд қиламиз). Бизнинг ҳолда $T_2 = 12$ ой, $R_2 = 1,5 \cdot 10^8$ км. Шартга кўра $R_1 = 1,5 \cdot 10^8$ км + $24 \cdot 10^6$ км = $1,74 \cdot 10^8$ км. У вақтда (1) дан қуйидагига эга бўламиз:

$$T_1 = T_2 \sqrt{\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3} = 15 \text{ ой} = 450 \text{ кун.}$$

2.156. $v = 27,6$ км/сек; $T = 450$ кун.

2.157. 1) $R_2 = 1,46 \cdot 10^8$ км; 2) $T_2 = 104$ мин. 2.158. $T = 88$ мин.

2.159. Ҳалқанинг dl элементини оламиз (81-расм). Ҳалқанинг шу элементи билан A нуқтада жойлашган m масса орасидаги тортиниш кучи $dF = \gamma \frac{m \rho \pi r^2 dl}{x^2}$ бўлади. Куч dF ҳалқа dl элементини m масса



81-расм.

билан бирлаштирувчи x чизиги бўйлаб йўналган. Массанинг бутун ҳалқа билан тортиниш кучини топиш учун барча dF кучларини геометрик равишда қўшиш керак. Куч dF ни икки ташкил этувчилар: dF_n ва dF_t га ажратиш мумкин. dF_n ташкил этувчи ҳар икки диаметр (қарама-қарши) жойлашган элементлар бир-бирини йўқотгани учун $F = \int dF_t$

бўлади. Лекин $dF_t = dF \cdot \cos \alpha = dF \frac{L}{x}$ ва

$$F = \int \frac{L}{x} dF = \frac{\gamma m \rho \pi r^2 L}{x^3} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\gamma m \rho \pi r^2 L \cdot 2\pi R}{x^3} \quad (1)$$

Лекин $x = \sqrt{R^2 + L^2}$ ва бундан охириги натижа

$$F = \frac{2\pi^2 \gamma m r^2 L \cdot R}{(R^2 + L^2)^{3/2}} \quad (2)$$

келиб чиқади.

2.160. Олдинги масаланинг ечимидagi (2) формуладан кўринадикки, $L = 0$ бўлса, $F = 0$ бўлади. L ортган сари F функция олдин ортади, кейин камаяди. F функциянинг максимумини топамиз. x ва L ўзгаришчи катталикларни α бурчак орқали ифодалаймиз, яъни $x = \frac{R}{\sin \alpha}$, $L = x \cos \alpha = \frac{R}{\sin \alpha} \cos \alpha$ бўлади. У вақтда олдинги масала ечимининг (2) формуласи қуйидаги кўринишга келади:

$$F = \frac{2\pi^2 \gamma m r^2 \cos \alpha \cdot \sin^2 \alpha}{R} = A \cos \alpha \sin^2 \alpha,$$

F функциянинг максимумини топиш учун $\frac{dF}{d\alpha}$ дан ҳосил олиб, уни нолга тенглаштирамиз:

$$\frac{dF}{d\alpha} = A(2 \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha - \sin^3 \alpha) = 0$$

ёки

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = 2.$$

У вақтда F куч максимал бўлган L масофа қуйидагига тенг бўлади:

$$L = \frac{R}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha = \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{R}{\sqrt{2}}.$$

1) 82-расмда $F = f(L)$ боғланишининг характери тасвирланган (абсцисса ўқига L см ни, ординат ўқига эса $F \cdot 10^{11}$ н ни қўйиш қулайдир);

2) $L_{\max} = 14,1$ см; 3) $F_{\max} = 4,33 \cdot 10^{-11}$ н. 2.161. 1,3 марта.



82-расм.

3- §. Қаттиқ жисмларнинг айланма ҳаракати

3.1. 1) $9,7 \cdot 10^{17}$ кг·м²; 2) $7 \cdot 10^{22}$ кг·м²/сек.

3.2. 1) $J_1 = 63,5 \cdot 10^{-2}$ кг·м²; 2) $J_2 = 62,5 \cdot 10^{-2}$ кг·м²; 3) $\delta = 1,6\%$.

3.3. Дискни айлантирувчи натижавий куч моменти қуйидагига тенг:

$$M = FR - M_{\text{шиқ.}} \quad (1)$$

Бу куч momenti динамиканинг асосий қонунига асосан жисмнинг бурчак тезлашиш билан қуйидагича боғланишга эга

$$M = J\varepsilon, \quad (2)$$

бунда

$$J = \frac{mR^2}{2}, \quad (3)$$

J — дискнинг инерция momenti. (1), (2) ва (3) дан дискнинг массасини осонгина топиш мумкин: $m = \frac{2(FR - M_{\text{ишқ.}})}{eR^2}$. Бизда $F = 98,1$ н, $R = 0,2$ м, $e = 100$ рад/сек², $M_{\text{ишқ.}} = 0,5$ кгм = 0,5·9,81 н·м. Бу берилганларни қўйсақ $m = 7,36$ кг бўлади. Шундай қилиб, дискнинг оғирлиги $P = 7,36$ кг = 72 н га тенг бўлади.

3.4. $e = 2,35$ рад/сек². 3.5. $F = 4,0$ н. 3.6. $M = 100$ н·м.

3.7. 1) $e = 7,8$ рад/сек²; 2) 1 мин 20 сек дан кейин.

3.8. $v = 23,4$ айл/сек. 3.9. 1) $M = 513$; н·м. 2) $N = 600$ айл.

3.10. P_1 юкнинг пастга томон ҳаракати никита: P_1 юкнинг оғирлиги (пастга йўналган) ва ипнинг T_1 таранглик кучи таъсирида содир бўлади. У вақтда P_1 юк учун қуйидагича эга бўламин.

$$m_1 a = m_1 g - T_1. \quad (1)$$

P_2 юк қуйидаги кучлар: P_2 оғирлиги (пастга йўналган) ва ипнинг T_2 таранглик кучи (юқорига йўналган) таъсирида ўша a тезлашиш билан ҳаракатланади

$$m_2 a = T_2 - m_2 g. \quad (2)$$

Ип блокнинг иккала томонида ҳар хил таранглашадн ва таранглик кучларининг ($T_1 - T_2$) фарқи блокни айлантирувчи моментни ҳосил қилади. Динамиканинг асосий қонунини қўллаб қуйидагини ҳосил қиламин:

$$(T_1 - T_2)R = J\varepsilon = J\frac{a}{R}, \quad (3)$$

бунда

$$J = \frac{MR^2}{2}. \quad (4)$$

(4) формулада M — блокнинг массаси.

1) (1), (2), (3) ва (4) ларни биргаликда ечиб

$$a = \frac{P_1 - P_2}{m_1 + m_2 + J/R^2} = \frac{P_1 - P_2}{m_1 + m_2 + M/2} \quad (5)$$

га эга бўламин. Масалада берилганларнинг сон қийматини қўйсақ $a = 28$ м/сек².

Агар (5) тенгламада $M = 0$, яъни блокнинг массаси назарга олинма-са, у вақтда 2.30-масаланинг ечилишига эга бўламин.

2) (5) ни (4) ва (2) га қўйсак, мос равишда қуйидагиларга эга бўламиз:

$$T_1 = \frac{P_1 \left(2m_2 + \frac{J}{R^2} \right)}{m_1 + m_2 + \frac{J}{R^2}} \quad (6)$$

ва

$$T_2 = \frac{P_2 \left(2m_1 + \frac{J}{R^2} \right)}{m_1 + m_2 + \frac{J}{R^2}}$$

Агар (6) ва (7) да $J = 0$ ($M = 0$) десак, яна 2.30-масаланинг ечилишига эга бўламиз. Масалада берилганларнинг сон қийматини қўйсак, $T_1 = 14,0$ н ва $T_2 = 12,6$ н келиб чиқади.

3.11. Масалани иккита усул билан: 1) айланма ҳаракат динамикасининг асосий қонунини қўллаб (3.10- масаланинг ечимини қаранг) ва 2) энергиянинг сақланиш қонунини қўллаб ечиш мумкин. Ҳуқувчиларга мустақил равишда масалани биринчи усул билан ечишни тавсия қили-

вади, жавоб $a = \frac{2mg}{M + 2m} = 3$ м/сек². Иккинчи усул билан ечишда қуйидагича мулоҳаза қиламиз: юк пастга тушаётганда унинг потенциал энергияси юкнинг кинетик ва барабаннынг айланма кинетик энергиясига айлана бориб, камая боради. Шундай қилиб,

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}, \quad (1)$$

бунда J — барабаннынг инерция моменти, $J = \frac{MR^2}{2}$ ва $\omega = \frac{v}{R}$, бунда R — барабаннынг радиуси, у вақтда (1) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{Mv^2}{2 \cdot 2} = \frac{v^2}{2} \left(m + \frac{M}{2} \right). \quad (2)$$

Юк ўзгармас куч таъсирида текис тезланувчи ҳаракатланиб тушади, шунинг учун

$$h = \frac{at^2}{2} \quad (3)$$

ва

$$v = at. \quad (4)$$

(3) ва (4) ни (2) га қўйиб, оsonгина қуйидагини олиш мумкин:

$$a = \frac{2mg}{M + 2m} = 3 \text{ м/сек}^2.$$

3.12. $J = 9,5$ кг·м²

3.13. 1) 1,1 сек дан кейин; 2) $W_k = 0,81$ ж; 3) $T = 4,1$ н.

$$3.14. T_1 - T_2 = \frac{I}{R}(Je + M_{\text{шар}}) = 98,1 \text{ н.}$$

$$3.15. 1) a = 3,53 \text{ м/сек}^2; 2) T_1 = 6,3 \text{ н}; T_2 = 4,5 \text{ н.}$$

Ўқувчиларга бу масаланинг ечимидан иборат бўлган формуладан 2.31- масаланинг ечимини олишни тавсия қилинади.

3.16. Дискнинг кинетик энергияси илгариланма ҳаракат кинетик энергиясидан ва айланма ҳаракат кинетик энергиясидан иборатдир, яъни

$$W_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}. \quad (1)$$

(1) да $J = \frac{mR^2}{2}$ ва $\omega = \frac{v}{R}$ бўлиб, бунда m — дискнинг массаси, R — дискнинг радиуси, у вақтда (1) тенглама қуйидаги кўринишга келади:

$W_k = \frac{3mv^2}{4}$. Масалада берилганларнинг сон қийматларини қўйсак, $W_k = 24,0 \text{ ж}$ бўлади.

$$3.17. W_k = 0,1 \text{ ж. } 3.18. W_2 = 29,4 \text{ ж.}$$

$$3.19. Q = 2,51 \cdot 10^{-3} \text{ ж.}$$

$$3.20. \delta = \frac{W_1 - W_2}{W_2} = 40\%. \text{ Бунда } W_1 = W_{\text{илг}} + W_{\text{айл}}, W_2 = W_{\text{илг}}.$$

$$3.21. A = 355 \text{ ж. } 3.22. 3,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{сек. } 3.23. W = 253 \text{ ж.}$$

$$3.24. 4,1 \text{ м. } 3.25. H = 2R + \frac{R}{2} \left(1 + \frac{m_1}{m}\right) = 7,56 \text{ м.}$$

$$3.26. A = 3,2\pi^3 R^5 \delta v^2 = 34,1 \text{ ж. Бунда } \delta \text{ — миснинг zichлиги.}$$

3.27. Жисм қия текисликдан думалаб тушганда унинг потенциал энергияси кинетик энергияга айланади. Шундай қилиб,

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}, \quad (1)$$

бунда J — жисмнинг инерция моменти ва m — унинг массаси. Лекин

$$h = l \sin \alpha, \quad (2)$$

$$\omega = \frac{v}{R}. \quad (3)$$

(2) ва (3) ни (1) га қўйсак

$$mgl \sin \alpha = \frac{v^2}{2} \left(m + \frac{J}{R^2} \right). \quad (4)$$

Жисмнинг ҳаракати ўзгармас куч таъсирида текис тезланувчан бўлганлигидан

$$l = \frac{at^2}{2} \quad (5)$$

ва

$$v = at. \quad (6)$$

(4), (5) ва (6) ни биргаликда ечсак, қуйидагини оламиз

$$a = \frac{mg \sin \alpha}{m + J/R^2}. \quad (7)$$

(7) формулага ҳар хил жисмнинг инерция моментларини қўйиб, қуйидагини топамиз:

$$1) \text{ шар учун } a = \frac{5}{7} g \sin \alpha = 3,50 \text{ м/сек}^2,$$

$$2) \text{ диск учун } a = \frac{2}{3} g \sin \alpha = 3,27 \text{ м/сек}^2,$$

$$3) \text{ гардиш учун } a = \frac{1}{2} g \sin \alpha = 2,44 \text{ м/сек}^2,$$

$$4) \text{ қия текисликда ишқалишсиз сирғаниб тушаётган жисм учун } a = g \sin \alpha = 4,9 \text{ м/сек}^2.$$

$$3.28. \quad v = \sqrt{\frac{2mgh}{m + J/R^2}}. \quad 1) 2,65 \text{ м/сек}; 2) 2,56 \text{ м/сек}; 3) 2,21 \text{ м/сек};$$

$$4) 3,13 \text{ м/сек}.$$

3.29. 1) Цилиндрларнинг қия текислик этагидаги илгариланма тезлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$v = \sqrt{\frac{2mgh}{m + J/R^2}} \quad (1)$$

(олдинги масалага қаранг). Алюминий цилиндрнинг инерция моменти қўрғошин цилиндрниқига қараганда кичик бўлганлигидан унинг қия текислик этагидаги тезлиги катта бўлади, демак, қия текисликдан тезроқ думалаб тушади.

2) Алюминийдан ясалган яхлит цилиндрнинг инерция моменти қуйидагига тенг

$$J_1 = \frac{mR^2}{2}. \quad (2)$$

Қўрғошиндан ясалган ковак цилиндрниқига эса $J_2 = m \frac{R^2 + R_1^2}{2}$ га тенг.

Қўрғошин цилиндрнинг ички радиуси R_1 ни топамиз. Шартга кўра, иккала цилиндрнинг массалари баравар, яъни $\rho_1 L \pi R^2 = \rho_2 L \pi (R^2 - R_1^2)$, буанда L — цилиндрларнинг узунлиги, ρ_1 — алюминийнинг зичлиги, ρ_2 — қўрғошиннинг зичлиги. Бундан $R_1^2 = R^2 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}$. У вақтда қўрғошин цилиндрнинг инерция моменти

$$J_2 = \frac{mR^2}{2} \cdot \frac{2\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}. \quad (3)$$

Берилганларнинг сон қийматларини қўйсак (жадвалга қаранг), $J_1 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $J_2 = 15,9 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ бўлади.

3) Цилиндрлар ўзгармас куч таъсирида думалаб тушганлиги учун $v = at$ ва $l = \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{at^2}{2}$ бўлади. Бундан $\frac{h}{\sin \alpha} = \frac{vt}{2}$

ва

$$t = \frac{2h}{v \sin \alpha}. \quad (4)$$

(1) ни (4) формулага қўйсак

$$t = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2h(m + J/R^2)}{mg}} \quad (5)$$

келиб чиқади. (5) формулага (2) ва (3) ларни қўйсак, мос равишда алюминий цилиндр учун $t = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{3h}{g}} = 0,78 \text{ сек}$, қўрғошин цилиндри

учун $t = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2h(1 + \frac{2\rho_2 - \rho_1}{2\rho})}{g}} = 0,88 \text{ сек}$ келиб чиқади.

3.30. 1) $\epsilon = -0,21 \text{ рад/сек}^2$; 2) $M_1 = 0,42 \text{ н} \cdot \text{м}$; 3) $A = 630 \text{ жо}$,
4) $N = 240 \text{ айл}$.

3.31. 1) $J = 0,01 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $M_1 = 9,4 \cdot 10^{-3} \text{ н} \cdot \text{м}$.

3.32. 1) $M_{\text{ишк}} = 308 \text{ н} \cdot \text{м}$; 2) $t = 100 \text{ сек}$. 3.33. $h = 0,865 \text{ м}$.

3.34. $W_k = \frac{eLt^2}{2t_1} = 490 \text{ ж}$. 3.35. $\Delta t = \frac{W_k}{\pi v M} = 5 \text{ сек}$.

3.36. $W_k = \frac{F^2 \Delta t^2}{m} = 1,92 \cdot 10^3 \text{ ж} = 1,92 \text{ кж}$.

3.37. $\alpha = 81^\circ 22'$ бурчакка. 3. 38. $v = 7,1 \text{ м/сек}$.

3.39. $\omega_1 = \omega_2 = 14 \text{ рад/сек}$; 1) $v_1 = 1,05 \text{ м/сек}$; 2) $v_2 = 2,10 \text{ м/сек}$.

3.40. Ҳаракат миқдори моментининг сақланиш қонунига асосан

$$J_1 \omega_1 = J_2 \omega_2, \quad (1)$$

бунда J_1 — бир четда одам турган платформанинг инерция моменти, J_2 — марказида одам турган платформанинг инерция моменти, ω_1 ва ω_2 — одамнинг биринчи ва иккинчи туриш вазиятидаги платформанинг бурчани тезликлари. Бу ҳолда

$$J_1 = \frac{m_1 R^2}{2} + m_2 R^2 \quad (2)$$

ва

$$J_2 = \frac{m_1 R^2}{2}, \quad (3)$$

бунда R — платформанинг радиуси, m_1 — платформанинг массаси ва m_2 — одамнинг массаси. (2) ва (3) ни (1) га қўйиб, $\omega = 2\pi\nu$ эканлигини назарда тутсак (бунда ν — платформанинг секунддаги айланиш сони), қуйидагини оламиз

$$\left(\frac{m_1 R^2}{2} + m_2 R^2\right) \cdot 2\pi\nu_1 = 2\pi\nu_2 \frac{m_1 R^2}{2},$$

бундан

$$\nu_2 = \nu_1 \frac{m_1 R^2 + 2m_2 R^2}{m_1 R^2} = \nu_1 \frac{m_1 + 2m_2}{m_1} = 22 \text{ айл/мин.}$$

- 3.41. $A = 162$ ж. 3.42. $v = 21$ айл/мин. 3.43. 1,05 марта.
 3.44. $v = 0,49$ айл/мин. 3.45. $T = 1,16$ сек. 3.46. $T = 1,07$ сек.
 3.47. $l = \frac{T\sqrt{gh}}{\pi} = 0,446$ м. 3.48. $T = 1,5$ сек.
 3.49. Математик маятникнинг кичик тебраниш даври

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

ва физик маятникнинг кичик тебраниш даври $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgR}}$ бунида J — шарчанинг айланиш ўқиغا нисбатан инерция моменти, m — шарчанинг массаси ва l — осилиш нуқтасидан шарча марказигача бўлган масофа. Бизнинг ҳолда

$$J = \frac{2}{5}mR^2 + ml^2 = ml^2\left[1 + \frac{2}{5}\left(\frac{R}{l}\right)^2\right] = ml^2x.$$

У вақтда

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{lx}{g}}. \quad (2)$$

(1) ва (2) дан $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{x}$ га эга бўламиз. Осилган шарчани математик маятник деб қабул қилишимизда йўл қўйилган катolik қуйидагига тенг бўлади:

$$\delta = \frac{T_2 - T_1}{T_1} = \frac{T_2}{T_1} - 1 = \sqrt{x} - 1.$$

Бундан

$$x = \left[1 + \frac{2}{5}\left(\frac{R}{l}\right)^2\right] = (1 + \delta)^2 \quad \text{ёки} \quad \frac{R}{l} = \sqrt{\frac{5}{2}(1 + \delta)^2 - 1}. \quad (3)$$

Бизда $\delta < 0,01$ ва бунин (3) га қўйсак, $\frac{R}{l} < 0,0224$ бўлади. $R = \frac{D}{2} = 0,02$ м бўлганлигидан, шарчанинг марказидан осилиш нуқтасигача бўлган чегаравий узунлик $l > 0,089$ м, яъни чегаравий узунлиги эса $L = l - R = 0,069$ м = 6,9 см бўлади.

3.50. 1,05 марта.

4- §. Газ ва суюқликлар механикаси

4.1. $v = 0,12$ м/сек.

4.2. S_1 билан идиш кўндаланг кесимининг юзини, v_1 билан идишдаги сув оқими (сув сатҳининг пасайиш) тезлигини, S_2 билан идиш тирқиши кўндаланг кесимининг юзини ва v_2 билан тирқишдан сувнинг отилиб чиқиш тезлигини белгилаймиз. Бернулли теоремасига асосан

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho gh = \frac{\rho v_2^2}{2} \quad \text{ёки} \quad v^2 + 2gh = v_2^2. \quad (1)$$

Сув оқимининг узулуксизлик шартига кўра $v_1 S_1 = v_2 S_2$ бўлиб, бундан

$$v_2 = \frac{v_1 S_1}{S_2}. \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйиб, v_1 га нисбатан ечсак, $v_1 = \frac{S_2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{S_2^2 - S_1^2}}$ бўлади.

$S_1 = \frac{\pi D^2}{4}$ ва $S_2 = \frac{\pi d^2}{4}$ бўлганлигидан $v_1 = \frac{d^2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{D^2 - d^2}}$ ҳамда $d^2 \ll D^2$ бўлганлигидан, тахминан

$$v_1 = \frac{d^2}{D^2} \sqrt{2gh}. \quad (3)$$

Агар $d = D$ бўлса, $v = \sqrt{2gh}$ эканлигини қайд қилиб ўтамиз. $h = 0,2$ м бўлса, $v_1 = 8 \cdot 10^{-4}$ м/сек бўлади.

4.3. Иккала ҳолда ҳам сув оқими идишдан 0,4 м нарига бориб тушади.

4.4. 1) $v = 0$ м/сек; 2) $v = 1,04$ м/сек; 3) $v = 1,25$ м/сек.

4.5. Бакдаги сув сатҳининг пасайиш тезлиги $v = \frac{S_2 \sqrt{2gy}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}}$.

(4.2- масаланинг ечимига қаранг). Бунда y — бакдаги сувнинг (ўзгарувчан) сатҳи. dt — вақт оралигида сувнинг сатҳи

$$dy = v \cdot dt = A \sqrt{y} \cdot dt \quad (1)$$

га пасаяди, бунда $A = \frac{S_2 \sqrt{2g}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}}$. (1) дан $dt = \frac{dy}{A \sqrt{y}}$, бундан $t =$

$= \frac{1}{A} \int_0^h \frac{dy}{\sqrt{y}}$. Ўқувчиларга интеграллашни охиригача ишлаб ва жавоб

$$t = \frac{2 \sqrt{h} \sqrt{S_1^2 - S_2^2}}{S_2 \sqrt{2g}} = \sqrt{\frac{2h \left[\left(\frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right]}{g}} = 180 \text{ сек} = 3 \text{ мин}$$

теглиги чиқарилиши тавсия қилинади. 2) Агар бакдаги сувнинг сатҳи тирқишдан $h = 1$ м баландликда ўзгармас сақланганда, шунча миқдордаги сувнинг оқиш вақти икки марта кам бўлар экан.

4.6. $d = 1,4 \cdot 10^{-2}$ м. 4.7. $p = 2,5 \cdot 10^5$ н/м² = 2,5 атт.

4.8. $v = 1,4$ м/сек. 4.9. $\Delta h = 1,6 \cdot 10^{-3}$ м = 1,6 мм.

4.10. 3 марта. 4.11. $v = 4,1$ м/сек. 4.12. $\eta = 2$ н·сек/м².

4.13. 4 мин га. 4.14. $\eta = 1,09$ н·сек/м²; $v = 1,21 \cdot 10^{-3}$ м³/сек.

4.15. Идишдаги канакуинжут мойи сатҳининг пасайиш тезлиги мойнинг капилляр орқали оқиш тезлигига боғлиқдир. t вақт ичида капилляр орқали оқиб ўтган мойнинг ҳажми Пуазейль формуласидан аниқланади:

$$V = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8l\eta}. \quad (1)$$

Бизнинг ҳолда капиллярнинг учдаги босим суюқлик қатламнинг гидростатик босимига тенгдир, яъни

$$\Delta p = \rho gh, \quad (2)$$

Иккинчи томондан

$$V = S_1 v_1 t = \pi r^2 v_1 t. \quad (3)$$

Бунда v_1 — капилляр орқали мойнинг оқиш тезлиги. (1), (2) ва (3) дан қуйидагига эга бўламиз:

$$v_1 = \frac{r^2 \rho gh}{8l\eta}. \quad (4)$$

Лекин $v_1 S_1 = vS$, бунда v — идишдаги мой сатҳнинг пасайиш тезлиги ва S — идиш кўндаланг кесимининг юзи, нихоят $v = \frac{r^4 \rho gh}{8l\eta R^2}$; $h = 26 \text{ см} = 0,26 \text{ м}$ бўлса, $v = 3 \cdot 10^{-5} \text{ м/сек}$ бўлади.

4.16. $t = 1,5 \text{ мин}$. 4.17. $1,1 \text{ см}$ узқликда. 4.18. $D = 4,6 \text{ мм}$.

4.19. Масала шарида Рейнольдс сони $Re = 1800$ га тенг, яъни $Re < 3000$ — ламинар ҳаракат.

4.20. $D < 0,0085 \text{ м}$.

II БОБ

МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА ВА ТЕРМОДИНАМИКА

5-§. Молекуляр-кинетик назария ва термодинамиканинг физик асослари

5.1. $T = 280^\circ\text{K} = 7^\circ\text{C}$.

5.2. $V = 7,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

5.3. $M = 1,13 \text{ кг}$.

5.4. $T = 364^\circ\text{K} = 91^\circ\text{C}$.

5.5. $V = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

5.8. $\Delta M = \frac{M_1 \Delta p}{p_1} = 7,5 \text{ кг}$.

5.7. $M = 0,065 \text{ кг}$.

5.8. $M = 1200 \text{ кг}$. 5.9. 1,1 марта.

6.10. 1) $pV = \frac{M}{\mu} RT_1 = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 273 \text{ ж} = 567 \text{ ж}$; (1)

2) $pV = \frac{M}{\mu} RT_2 = 775 \text{ ж}$. (2)

(1) ва (2) тенгламаларга V нинг ҳар хил қийматларини қўя бориб, унга мос келган p нинг қийматларини оламиз.

5.11. Олдинги масаланинг ечилишига қаранг. 5.12. $\frac{M}{\mu} = 0,4 \text{ кмоль}$.

5.13. $p_1 = 1,08 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$; $p_2 = 1,16 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$.

5.14. Капилляр горизонтал вазиятда бўлганида унинг ҳар икки ярмида ҳажми $V_0 = Sh$ ва босими p_0 бўлган ҳаво бўлади, бунда S — капилляр кўндаланг кесимининг юзи. Капилляр вертикал вазиятда қўйилгандан кейин унинг юқори ярмидаги ҳавонинг ҳажми $V_1 = S(h + \Delta l)$ ва босими p_1 бўлади. Бойль-Мариотт қонунига асосан $V_0 p_0 = V_1 p_1$ ёки

$$h p_0 = (h + \Delta l) p_1. \quad (1)$$

Худди шунингдек капиллярнинг пастки ярми ҳам

$$h p_0 = (h - \Delta l) p_2.$$

Бунда капиллярнинг пастки ярмидаги p_2 босим, p_1 босим билан симоустиянинг p_3 босимининг йиғиндисидан иборат бўлади, яъни

$$p_2 = p_1 + p_3. \quad (3)$$

(1), (2) ва (3) тенгламаларни биргаликда ечсак

$$p_0 = \frac{p_3 (h - \Delta l) (h + \Delta l)}{2h \cdot \Delta l} \quad (4)$$

ҳосил бўлади. (4) тенгламада p_0 босим p_3 ўлчанган birlikларда ифодаланади. p_3 босимни симоб устунининг миллиметрлари билан ифодалаймиз.

Еизда $p_3 = 220$ мм сим. уст.; $h = \frac{L-l}{2} = 0,4$ м ва $\Delta l = 0,1$ м. Бу қийматларни (4) га қўйсақ, $p_0 = 375$ мм сим. уст. келиб чиқади.

5.15. Архимед қонунига асосан газга ботирилган жисм оғирлигининг камайиши, шу жисм ҳажмига барабар ҳажмдаги газнинг оғирлигига тенг. M массали қўرғошнинг ҳажми $V_1 = \frac{M}{\rho_1}$, бунда ρ_1 — қўрғошнинг зичлиги. Шундай ҳажмдаги ҳавонинг оғирлиги $m_{1g} = \frac{\mu p V_1 g}{RT} =$

$\approx \frac{\mu p M g}{\rho_1 R T}$. M массали пўкакнинг ҳажми $V_2 = \frac{M}{\rho_2}$, бунда ρ_2 — пўкакнинг зичлиги. Шундай ҳажмдаги ҳавонинг оғирлиги $m_{2g} = \frac{\mu p M g}{\rho_2 R T}$. Қўрғошнинг ҳақиқий оғирлиги $P_1 = g(M + m_{1g})$ ва пўкакнинг ҳақиқий оғирлиги $P_2 = g(M + m_{2g})$, демак, $\Delta P = P_2 - P_1 = g(\pi_2 - \pi_1) =$

$\approx \frac{\mu p M g}{RT} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right) = 58,6$ н $\approx 6,0$ кГ.

5.16. Ҳаво шарчасининг натижавий кўтариш кучи шарча ҳажмидаги ҳаво оғирлиги ва шарчанинг ўз оғирлиги (шарча қобeen ва ундаги водород оғирлиги) орасидаги айрмага тенг. Шундай қилиб, $F = \approx M_2 g - (M_1 g + x)$, бунда F — натижавий кўтариш кучи, M_2 — шарча ҳажмидаги ҳаво массаси, M_1 — шарча ҳажмидаги водород массаси ва x — шарча қобигининг оғирлиги. Шартга кўра $F = 0$, бинобарин,

$$x = g(M_2 - M_1) = g \frac{pV}{RT} (\mu_2 - \mu_1) = \frac{4}{3} \pi r^3 \frac{p g}{RT} (\mu_2 - \mu_1) = 0,096$$

$$\approx 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ кГ.}$$

5.17. $\rho = \frac{M}{V} = \frac{\rho M}{RT} = 0,083$ кг/м³. 5.18. $\rho = 0,081$ кг/м³.

5.19. $\mu = 4$ кг/кмоль. 5.20. $\rho = 1,6 \cdot 10^{-14}$ кг/м³.

5.21. 1400°К температурагача.

5.22. Газнинг ҳолати қиздирилишига қадар

$$p_1 V_1 = \frac{M}{\mu} R T_1 \quad (1)$$

ва қиздирилгандан кейин

$$p_2 V_2 = \frac{M}{\mu} R T_2 \quad (2)$$

Тенгламалар билан аниқланади. Шартга кўра $p_1 = p_2 = p$. (1) ва (2) тенгламалардан излапаётган катталикларни топish мумкин.

1) $V_1 = \frac{MRT}{\mu p} = 2,4 \cdot 10^{-3}$ м³; 3) $\rho_1 = \frac{\mu p}{RT_1} = 4,14$ кг/м³;

2) $T_2 = \frac{\mu p V_2}{MR} = 1170^\circ\text{K}$; 4) $\rho_2 = \frac{\mu p}{RT_2} = 1$ кг/м³.

5.23. $p = 1,55 \cdot 10^8$ н/м²; $\rho = 500$ кг/м³.

5.24. $\rho = \frac{pM}{RT}$; $T = \text{const}$ бўлганда $\rho = Ar$, яъни ρ эңдик ρ босимга

тўғри пропорционал бўлади ва $\rho = \text{const}$ бўлганда $\rho = \frac{B}{T}$, яъни ρ эңдик T температурага тесқари пропорционал бўлади.

5.25. Дальтон қонунига асосан, сув буғланиб бўлғач идишда $\rho = \rho_1 + \rho_2$ босим вужудга келади, бунда ρ_1 — кислороднинг босими ва ρ_2 — сув буғининг босими. Менделеев — Клапейрон теңгласига асосан

$$\rho_1 = \frac{M_1 RT}{V \mu_1} = \frac{1,6 \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 773}{1 \cdot 32} \text{ н/м}^2 = 3,2 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2;$$

$$\rho_2 = \frac{M_2 RT}{V \mu_2} = \frac{0,9 \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 773}{1 \cdot 18} \text{ н/м}^2 = 3,2 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2.$$

Умумий босим $\rho = 6,4 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$.

5.26. Дальтон қонунига асосан

$$\rho = \rho_1 + \rho_2, \quad (1)$$

бунда ρ_1 ва ρ_2 — парциал босимлар, агар температура ўзгармас бўлса, $\rho_1(V_1 + V_2) = \rho'_0 V_1$ ва $\rho_2(V_1 + V_2) = \rho''_0 V_2$ бўлади, бундан

$$\rho_1 = \frac{\rho'_0 V_1}{V_1 + V_2} \quad (2)$$

ва

$$\rho_2 = \frac{\rho''_0 V_2}{V_1 + V_2}. \quad (3)$$

(2) ва (3) ни (1) га қўйсақ, қуйидагини оламиз:

$$\rho = \frac{\rho'_0 V_1 + \rho''_0 V_2}{V_1 + V_2} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2.$$

5.27. $\rho = 4,15 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$.

5.28. 1) $\mu = \frac{m_1 + m_2}{\frac{\mu_1}{m_1} + \frac{\mu_2}{m_2}} = 4,6 \text{ кг/кмоль}$; 2) $V = 11,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

5.29. $m = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$.

5.30. Агар нод молекулалари диссоциацияланмаганда, идишдаги босим $\rho = \frac{MRT}{\mu V} = \frac{10^{-2} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 1273}{254 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} \text{ н/м}^2 = 625 \text{ мм с.м. уст. бўла}$

ди. Агар диссоциация даражаси α га тенг бўлса, идишда $2\alpha \frac{M}{\mu}$ киломоль атом нод ҳамда $(1 - \alpha) \frac{M}{\mu}$ киломоль молекуляр нод J_2

бўлади. Уларнинг ҳосил қилган босими мос равишда $\rho_1 = \frac{2\alpha MRT}{\mu V}$ ва

$\rho_2 = \frac{(1 - \alpha) MRT}{\mu V}$ га тенг ва аралашманинг босими

$$p_{\text{арал}} = p_1 + p_2 = \frac{MRT}{\mu V} (2\alpha + 1 - \alpha) = (1 + \alpha) \frac{MRT}{\mu V} = p (1 + \alpha),$$

яъни

$$1 + \alpha = \frac{p_{\text{арал}}}{p} = \frac{700}{625} = 1,12 \text{ ва } \alpha = 0,12.$$

5.31. $\frac{p_1}{p} = 1,25.$

5.32. $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3, p_1 = 0,236 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2, p_2 = 0,764 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2.$

5.33. $\rho = 1,98 \text{ кг/м}^3.$

5.34. 1) $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг};$ 2) $m = 6,65 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$

5.35. $5,6 \cdot 10^{-23} \text{ н-сек.}$ 5.36. $3,3 \cdot 10^{-23} \text{ н-сек.}$

5.37. $2 \cdot 10^{-23} \text{ кг-м/сек.}$ 5.38. $3,3 \cdot 10^{22}.$ 5.39. $7,5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}.$

5.40. $2 \cdot 10^{27}.$ 5.41. $3,4 \cdot 10^8 \text{ см}^{-3}.$

5.42. Идишдаги газнинг p босими шу идиш ҳажм бирлигидаги молекула сони n билан қуйидаги муносабатда боғланган:

$$p = nkT = \frac{NkT}{V}, \quad (1)$$

бунда N — ҳажми V бўлган идишдаги молекулаларнинг умумий сони. Бу N та молекула идиш деворида мономолекуляр қатлам ҳосил қилганлигидан

$$N = \frac{S_1}{S}, \quad \text{бунда } S_1 = 4\pi r^2 \quad (3)$$

бўлиб, S_1 — идишнинг ички сирти ва S — битта молекуланинг қўнда-ланг кесим юзи. Идишнинг ҳажми

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (4)$$

бўлганлигидан, (2), (3) ва (4) ларни (1) га қўйсак,

$$p = \frac{3kT}{Sr} \quad (5)$$

бўлади. Масалада берилганларни (5) га қўйсак, $p = 2,4 \text{ н/м}^2 = 1,8 \times 10^{-2} \text{ мм сим. уст. бўлади.}$

5.43. Агар диссоциация даражаси α га тенг бўлса, идишда $2\alpha \frac{M}{\mu}$ киломоль атом ҳолидаги иод J ва $(1 - \alpha) \frac{M}{\mu}$ киломоль молекуляр иод J_2 бўлади. Идишдаги умумий киломоллар сони $2\alpha \frac{M}{\mu} + (1 - \alpha) \frac{M}{\mu}$ га тенг, унда изланаётган заррачаларнинг сони

$$N = N_0 \left[2\alpha \frac{M}{\mu} + (1 - \alpha) \frac{M}{\mu} \right],$$

Масалада берилганларнинг сон қийматларини ўрнига қўйсак, $N = = 3,56 \cdot 10^{21}$ га тенг бўлади.

5.44. $N = 4,5 \cdot 10^{23}.$

5.45. 1) $V = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; 2) $p_1 = 7,37 \cdot 10^{-4} \text{ мм с.м. уст.}$; $p_2 = 2,63 \cdot 10^{-4} \text{ мм с.м. уст.}$ 3) $n = 2,6 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$.

5.46. $\sqrt{\bar{v}^2} = 500 \text{ м/сек.}$ 5.47. $\frac{\sqrt{v_1^2}}{\sqrt{v_2^2}} = 2,65.$

5.48. $\sqrt{\bar{v}^2} = 5 \cdot 10^5 \text{ м/сек.}$

5.49. $n = 4,2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}.$

5.50. $\rho = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2 = 5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2.$ 5.51. $1,44 \cdot 10^7 \text{ марта.}$

5.52. $m \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{3kTm} = 6,3 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/сек.}$

5.53. 1) $\sqrt{\bar{v}^2} = 230 \text{ м/сек.}$; 2) $N = 1,9 \cdot 10^{23}$; 3) $\rho = 5,0 \text{ кг/м}^3.$

5.54. $\sqrt{\bar{v}^2} = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м/сек.}$ 5.55. $\rho = 0,74 \text{ кг/м}^3.$

5.56. 1) $\sqrt{\bar{v}^2} = 1900 \text{ м/сек.}$; 2) $\mu = 2 \text{ кг/кмоль.}$ 5.57. $N = 1,88 \cdot 10^{22}.$

5.58. Газ молекулаларининг иссиқлик ҳаракат энергияси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$W = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} RT. \quad (1)$$

Икки атомли газ учун $i = 5$ бўлиб, шунингдек $i = 3$ эса молекулаларнинг илгариллама ҳаракатига ва $i = 2$ эса уларнинг айланма ҳаракатига тўғри келади. Масалала берилганларининг сон қийматларини (1) га қўйсак: $W = 3,7 \cdot 10^3 \text{ ж бўлиб, } W_{\text{илг}} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ ж ва } W_{\text{айл}} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ ж бўлади.}$

5.59. $W_k = 210 \text{ ж.}$ 5.60. $W_{\text{айл}} = 8,3 \cdot 10^6 \text{ ж.}$ 5.61. $W = 750 \text{ ж.}$

5.62. 1) $M = \frac{2W}{v^2} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг,}$

2) $\rho = \frac{2W}{3V} = 1,67 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2.$

5.63. 1) $T = 20000^\circ\text{К.}$; 2) $T = 900^\circ\text{К.}$

5.64. $W = \frac{iMp}{2\rho} = 5 \cdot 10^3 \text{ ж.}$ 5.65. $N = 1,3 \cdot 10^{10}$; $W = 0,133 \text{ ж.}$

5.66. 1) $c_V = 650 \text{ ж/кг} \cdot \text{град.}$; 2) $c_p = 910 \text{ ж/кг} \cdot \text{град.}$

5.67. 1) $800 \text{ ж/кг} \cdot \text{град} = 0,19 \text{ кал/г} \cdot \text{град,}$

2) $1025 \text{ ж/кг} \cdot \text{град} = 0,245 \text{ кал/г} \cdot \text{град,}$

3) $970 \text{ ж/кг} \cdot \text{град} = 0,23 \text{ кал/г} \cdot \text{град,}$

4) $1040 \text{ ж/кг} \cdot \text{град} = 0,248 \text{ кал/г} \cdot \text{град,}$

5) $103 \text{ ж/кг} \cdot \text{град} = 0,025 \text{ кал/г} \cdot \text{град.}$

5.68. 1,4. 5.69. $\mu = 2 \text{ кг/кмоль.}$

5.70. $c_V = 650 \text{ ж/кг} \cdot \text{град.}$; $c_p = 910 \text{ ж/кг} \cdot \text{град.}$

5.71. $c_V = 693 \text{ ж/кг} \cdot \text{град.}$; $c_p = 970 \text{ ж/кг} \cdot \text{град.}$

5.72. $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ тенгламадан кўринадики, икки атомли газларнинг уч киломолидан реакциядан кейин уч атомли газнинг икки

киломоли ҳосил бўлади. Шунинг учун ёнмасдан илгари $C'_V = 3 \frac{5}{2} R$ ва

$C'_p = 3 \frac{7}{2} R$; ёнгандан кейин эса $C'_V = 2 \frac{6}{2} R$ ва $C'_p = 2 \frac{8}{2} R$ бўлади.

Шунинг учун 1) $\frac{C'_V}{C_V} = 1,25$; 2) $\frac{C'_p}{C_p} = 1,31$.

5.73. $2\alpha \frac{M}{\mu}$ киломоль атом ҳолидаги кислородни ва $(1-\alpha) \frac{M}{\mu}$ киломоль молекуляр кислородни ўзгармас босимда қиздириш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори қуйидагига тенг

$$Q = 2\alpha \frac{M}{\mu} C'_p \cdot \Delta t + (1-\alpha) \frac{M}{\mu} C''_p \cdot \Delta t = \frac{M}{\mu} C_p \cdot \Delta t,$$

бунда C'_p ва C''_p бир атомли ва икки атомли газларнинг мос равишда молекуляр иссиқлик сифимлари, C_p — газ аралашмасининг $p = \text{const}$ бўлгандаги молекуляр иссиқлик сифими. Бундан

$$2\alpha C'_p + (1-\alpha)C''_p = C_p$$

ёки

$$\alpha = \frac{C_p - C''_p}{2C'_p - C''_p}. \quad (1)$$

Бунда $C_p = c_p \mu = 1050 \cdot 32 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град} = 33,6 \cdot 10^3 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град}$, $C'_p = 20,78 \cdot 10^3 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град}$, $C''_p = 29,08 \cdot 10^3 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град}$. Бу беришларни (1) га қўйсақ, $\alpha = 0,36$ бўлади.

5.74. $c_V = 90 \text{ ж/кг} \cdot \text{град}$; $c_p = 139 \text{ ж/кг} \cdot \text{град}$. 5.75. $\alpha = 21\%$.

5.76. $c_p = 685 \text{ ж/кг} \cdot \text{град}$. 5.77. $\frac{c_p}{c_V} = 1,59$. 5.78. $M = 60 \text{ кг}$.

5.79. 1) Газнинг олган иссиқлик миқдори $\Delta Q = \frac{M}{\mu} C_p (T_2 - T_1)$ формуладан топилади. T_2 ни топиш учун газнинг қиздирилишига қадар бўлган ҳамда қиздирилгандан кейинги ҳолатининг $pV_1 = \frac{M}{\mu} RT_1$ ва $pV_2 = \frac{M}{\mu} RT_2$ тенгламаларини ёзамиз. Бундан $T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1}$, лекин $V_1 = \frac{MRT_1}{\mu p}$, демак,

$$T_2 = \frac{\mu V_2 p}{MR} = \frac{32 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-5} \cdot 3 \cdot 10^5}{10 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 10^3} \text{ }^\circ\text{K} = 1156^\circ\text{K}.$$

Шундай қилиб,

$$T_2 - T_1 = 1156^\circ\text{K} - 283^\circ\text{K} = 873^\circ\text{K}$$

ва

$$\Delta Q = \frac{M}{\mu} C_p (T_2 - T_1) = \frac{10^{-3} \cdot 29,08 \cdot 10^3 \cdot 873}{32} \text{ ж} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ ж}.$$

2) Газнинг қиздирилишига қадар энергиясини қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$W_1 = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} RT_1. \quad (1)$$

Қислород икки атомли газ бўлганлигидан $i = 5$ бўлади. Масалада берилганларнинг сон қийматларини (1) га қўйсақ, $W_1 = 1,8 \cdot 10^3$ ж бўлади. Қиздирилгандан кейинги газнинг энергияси

$$W_2 = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} RT_2 = 7,6 \cdot 10^3 \text{ ж.}$$

5.80. $Q = 4,15 \cdot 10^3$ ж.

5.81. 1) Ўзгармас босимда $\Delta Q = \frac{M}{\mu} C_p \Delta T$ бўлади. Лекин $pV_1 = \frac{M}{\mu} RT_1$ ва $pV_2 = \frac{M}{\mu} RT_2$, бундан $p\Delta V = \frac{M}{\mu} R\Delta T$ ёки $\frac{M}{\mu} \Delta T = \frac{p\Delta V}{R}$.

Демак, $Q = C_p \frac{p\Delta V}{R} = 700$ ж.

2) Ўзгармас ҳажмда $Q = \frac{M}{\mu} C_v \Delta T$ бўлади. Лекин $p_1V = \frac{M}{\mu} RT_1$ ва $p_2V = \frac{M}{\mu} RT_2$, бундан $V\Delta p = \frac{M}{\mu} R\Delta T$ ёки $\frac{M}{\mu} \Delta T = \frac{V\Delta p}{R}$. Демак, $Q = C_v \frac{V\Delta p}{R} = 500$ ж.

5.82. 1) $T = 1500^\circ\text{K}$; 2) $V = 12,4 \cdot 10^{-3}$ м³; 3) $Q = 12,4$ кж.

5.83. $Q = 545$ ж.

5.84. $Q = \frac{M}{\mu} C_x \Delta t$, бундан $C_x = \frac{\mu Q}{M \Delta T} = 20,8 \cdot 10^3$ ж/кмоль·град $\cong \cong 5$ кал/моль·град. Қислород икки атомли газ бўлганлиги учун, топилган C_x нинг қийматидан кўринадикки, газ ўзгармас ҳажмда иситилган экан.

5.85. Ҳавога берилиши керак бўлган иситкич миқдорини қуйидаги формуладан топамиз:

$$\Delta Q = \frac{M}{\mu} \cdot C_v \Delta T. \tag{1}$$

$\Delta T'$ ни топиш учун газнинг иситилишигача ва иситилгандан кейинги ҳолат тенгламаларини ёзамиз. $V_1 = V_2 = V$ бўлганлигидан, $p_1V = \frac{M}{\mu} RT_1$ ва

$p_2V = \frac{M}{\mu} RT_2$ бўлади, бундан $V\Delta p = \frac{M}{\mu} R\Delta T$ ёки

$$\Delta T = \frac{V\Delta p \cdot \mu}{MR}. \tag{2}$$

(2) ни (1) га қўйсақ, қуйидагига эга бўламиз:

$$Q = C_v \frac{V \cdot \Delta p}{R} = \frac{i}{2} V \Delta p. \tag{3}$$

Масалада берилганларнинг сон қийматларини (3) га қўйсақ, $Q = 10^4$ ж бўлади.

5.86. 1) $M = 3,7 \cdot 10^{-3}$ кг; 2) $\Delta W = 3,3 \cdot 10^{-21}$ ж.

5.87. $Q = \frac{\rho V C_v \cdot \Delta t}{\mu} = 208$ ж.

5.88. 1) $T_2 = 2500^\circ\text{K}$; 2) $Q = \frac{C_V V \cdot \Delta p}{R} = 16,3 \text{ кж}$.

5.89. $i = 6$. 5.90. 1) $Q = 6,25 \text{ кж}$; 2) $T_2 = 4T_1$; 3) $\rho_2 = 4\rho_1$.

5.91. 1) $Q = 102 \text{ ж}$; 2) $\sqrt{\bar{v}^2} = 1,57 \cdot 10^3 \text{ м/сек}$; 3) $\rho_2 = 1,33 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$;

4) $\rho_1 = \rho_2 = 0,164 \text{ кг/м}^3$; 5) $W = 4 \cdot 10^2 \text{ ж}$.

5.92. $Q = 155 \text{ ж}$.

5.93. 1) $\bar{v} = 579 \text{ м/сек}$; 2) $\sqrt{\bar{v}^2} = 628 \text{ м/сек}$; 3) $v_0 = 513 \text{ м/сек}$.

5.94. $T = 83^\circ\text{K}$ ёки $t = -190^\circ\text{C}$.

5.95. Молекулаларнинг тезликлари бўйича тақсимланиши қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-u^2} \cdot u^2 \Delta u, \quad (1)$$

бунда u — нисбий тезлик. Бизнинг ҳолда $v = 100 \text{ м/сек}$ ва $\Delta v = 10^4 \text{ м/сек}$

Эҳтимолиги энг катта тезлик $v_0 = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = 376 \text{ м/сек}$. Демак,

$$u = \frac{v}{v_0} = \frac{100}{376} \text{ ва } u^2 = 0,071 e^{-u^2} = 0,93 \text{ ва } \Delta u = \frac{10}{376}.$$

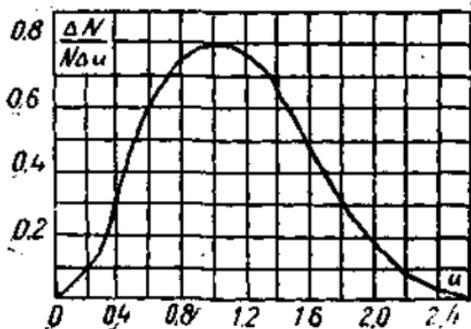
Унда (1) формуладан $\frac{\Delta N}{N} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot 0,93 \cdot 0,07 \cdot \frac{10}{376} = 0,004 = 0,4\%$. Шундай қилиб, тез-

ликлари кўрсатилган ораликда ётган молекулаларнинг сони молекулалар умумий сонининг 0,4% га тенг. Бу масalani ечиш учун, яъни

73-бетдаги 10-жадвалда берилганларга асосан чизилган $\frac{\Delta N}{N \Delta u} = f(u)$ графикдан фойдаланиб (83-расмга қаранг), ечиш мумкин. Бизда $u = 0,27$.

Графикдан кўринадики, u нинг қийматига $\frac{\Delta N}{N \Delta u} \cong 0,16$ мос келади.

Бизда $\Delta u = 0,027$ бўлганлиги учун, $\frac{\Delta N}{N} = 0,16 \cdot 0,027 = 0,004 = 0,4\%$.



83 расм.

5.96. $\frac{\Delta N}{N} = 2,8\%$. 5.97. $\frac{\Delta N}{N} = 4,5\%$.

5.98. Ихтиёрий температурада ихтиёрий газ учун $\frac{\Delta N_2}{\Delta N_1} = 1,1$ га тенг.

5.99. 1) $v_3 = 487$ м/сек ва $\frac{\Delta N}{N} = 3,4\%$; 2) $v_3 = 731$ м/сек ва $\frac{\Delta N}{N} = 2,2\%$.

Шундай қилиб, температура орттирилганда тақсимот эгри чизигининг максимуми ўнгга сийлғиди ва максимумнинг катталиги камаяди.

5.100. Берилган масаладаги тезликларнинг оралиги катта бўлганлиги учун, Максвеллнинг формуласидан фойдаланиш мумкин эмас. Бу масалани қуйидагича ечамиз: тезликлари мос равишда v_1 ва v_2 лардан катта бўлган молекулаларнинг N_1 ва N_2 сонларни топамиз. У вақтда изланаётган молекулаларнинг сони $N_x = N_1 - N_2$ бўлади. N_1 ва N_2 сонларни топиш учун 74-бетда келтирилган, II-жадвалда берилганларга асосан чизилган $\frac{N_x}{N} = F(u)$ графикдан фойдаланамиз (84-расмга қара).

Бизнинг масалада $v_3 = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = 500$ м/сек. Демак, $u_1 = \frac{300}{500} = 0,6$ ва $u_2 = \frac{800}{500} = 1,6$. 84-расмдаги графикдан u нинг қиймати

га мос келувчи $\frac{N_1}{N} = 0,87 = 87\%$ ва $\frac{N_2}{N} = 0,17 = 17\%$ ни топамиз. Бу то

пилган миқдорлар шуни ифодалайдики, ҳамма молекулаларнинг 87% қисми 300 м/сек дан катта тезликлар билан ҳаракатланади ва фақат 17% молекулалар 800 м/сек дан катта тезликларга эга бўлади. У вақтда тезликлари 300 м/сек дан 800 м/сек гача ораликда бўлган молекулалар

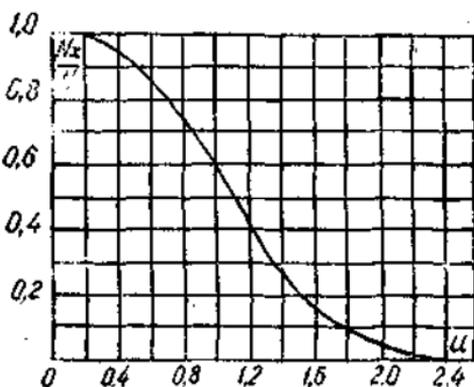
нинг нисбий сони $\frac{N_x}{N} = 87\% - 17\% = 70\%$ га тенг бўлади.

5.101. 1) $\frac{N_1}{N} = 57\%$; 2) $\frac{N_2}{N} =$

$= 43\%$. Бу масала ечимининг натижасидан кўринадики, молекулалар тезликларининг тақсимот эгри чизиги симметрик бўлмас экан.

5.102. $N_x = 1,9 \cdot 10^{22}$.

5.103. Молекуланинг илгариланган ҳаракат кинетик энергияси W_0 га тенг бўлиши учун, у $\frac{mv_0^2}{2} = W_0$ тенгламани қаноатлантирувчи v_0 тез-



84-расм.

ликча эга бўлиши керак. Бундан $v_0 = \sqrt{\frac{2W_0}{m}}$. Молекуланинг эҳтимоллиги энг катта бўлган тезлиги $v_0 = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$ бўлганлигидан, бу молекулаларнинг нисбий тезлиги $u = \frac{v_0}{v_0} = \sqrt{\frac{W_0}{kT}} = 1,73$ га тенг бўлади. 84-расмдаги графикдан фойдаланиб нисбий тезликлари $u = 1,73$ дан катта бўлган молекулаларнинг $\frac{N_x}{N}$ нисбий сонини топа-
 миз. Графикдан $\frac{N_x}{N} = 0,12$. Шундай қилиб, берилган температурада кислороднинг 12% молекулалари W_0 энергиянинг берилган қийматидан катта кинетик энергияга эга бўлади. Иддидаги кислород молекулаларининг умумий сони $N = \frac{M}{\mu} N_0 = 1,5 \cdot 10^{23}$ га тенг. Демак, изланаётган молекулаларнинг сони $N_x = 0,12N = 1,8 \cdot 10^{22}$.

5.104. 1) $T = 7730^\circ\text{K}$. 2) Шартга кўра $\frac{N_x}{N} = 0,5$. 84-расмдаги графикдан $\frac{N_x}{N} = 0,5$ га мос келувчи нисбий тезлик $u = 1,1$ га тенг.

Лекин $u = \sqrt{\frac{W_0}{kT}}$ (солдинги масаланинг ечилишига қаранг), бундан $T = \frac{W_0}{ku^2} = 9600^\circ\text{K}$.

5.105. $T = 15700^\circ\text{K}$.

5.106. Баландлик h нинг ортиши билан ҳавонинг босими $p = p_0 e^{-\frac{\mu gh}{RT}}$ қонунига асосан камайиб боради, бунда p_0 — баландлик $h = 0$ бўлгандаги газнинг босими. Бизда $\mu = 29$ кг/кмоль, $h = 3,25 \cdot 10^3$ м, $R = 8,31 \cdot 10^3$ ж/кмоль·град, $T = 278^\circ\text{K}$, демак $\frac{\mu gh}{RT} = 0,4$; $e^{-0,4} = 0,67$ бўлганлигидан охириги натижа $p = 760 \cdot 0,67$ мм с.м. уст. = 510 мм с.м. уст. бўлади.

5.107. $h = 2,3$ км.

5.108. $p_1 = 0,354$ атм, $p_2 = 0,713$ атм. $\Delta p = 0,36$ атм.

5.109. 1,7 марта. 5.110. 1) 1,28 кг; 2) 0,78 кг.

5.111. 1) $h = 5,5$ км; 2) $h = 80$ км.

5.112. Барометрик формуладан фойдаланамиз

$$p = p_0 e^{-\frac{\mu gh}{RT}}. \quad (1)$$

Концентрация (ҳажм бирлигидаги заррачалар сони) $n = \frac{p}{kT}$ га тенг, бундан

$$p = nkT. \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйиб, h_1 ва h_2 баланслик учун мос келувчи $n_1 = n_0 e^{-\frac{\mu g h_1}{RT}}$ ва $n_2 = n_0 e^{-\frac{\mu g h_2}{RT}}$ ларни ҳосил қиламиз, бундан $\frac{n_1}{n_2} = e^{-\frac{\mu g (h_2 - h_1)}{RT}} = e^{\frac{\mu g (h_2 - h_1)}{RT}}$ ёки

$$\ln \frac{n_1}{n_2} = \frac{\mu g (h_2 - h_1)}{RT}.$$

Заррачанинг массаси $m = \frac{\mu}{N_0}$ бўлганлигида, (3) формулани қуйидагича ёзиш мумкин: $\ln \frac{n_1}{n_2} = \frac{N_0 m (h_2 - h_1) g}{RT}$, бундан, Архимед қонунига асосан киритилган тузатмани назарга олган ҳолда охириги натижани ҳосил қиламиз

$$N_0 = \frac{RT \ln \frac{n_1}{n_2}}{gV(\rho - \rho')(h_2 - h_1)} = 6,1 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1},$$

бунда ρ — гуммигутнинг zichлиги ва ρ' — суюқликнинг zichлиги.

5.113. $\bar{\lambda} = 8,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$. 5.114. $\bar{\lambda} = 5,6 \text{ км}$. 5.115. $\bar{\lambda} = 9,3 \times 10^{-8} \text{ м}$.

5.116. $\bar{z} = 4,9 \cdot 10^6 \text{ сек}^{-1}$. 5.117. $\bar{z} = 2,47 \cdot 10^9 \text{ сек}^{-1}$.

5.118. $Z = 3 \cdot 10^{21}$. 5.119. 2,3 марта. 5.120. $\bar{\lambda} = 10^{-6} \text{ м}$.

5.121. $\bar{\lambda} = \frac{\mu}{\sqrt{2} \pi \delta^2 N_0 \rho} = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}$. 5.122. $\bar{\lambda} = 14,2 \text{ см}$.

5.123. Кислород молекулаларининг бир секунддаги тўқнашмишлар сони $\bar{z} = \frac{\bar{v}}{\bar{\lambda}_2}$ формуладан топилади, бунда $\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$ ва $\bar{\lambda}_2 = \lambda_1 \frac{\rho_1}{\rho_2}$. Шундай қилиб.

$$\bar{z} = \frac{\sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}}{\lambda_1 \frac{\rho_1}{\rho_2}}. \quad (1)$$

Шартга кўра $\frac{\rho_1}{\rho_2} = 100$, $\bar{\lambda}_1 = 9,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$, $T = 273^\circ\text{К}$. Бу қийматларни

(1) га қўйсақ, $\bar{z} = 4,5 \cdot 10^7 \text{ сек}^{-1}$ бўлади.

5.124. $\bar{z} = 9,6 \cdot 10^9 \text{ сек}^{-1}$. 5.125. $\bar{\lambda} = 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ м}$.

5.126. $\sigma = \sqrt{\frac{\mu}{2 N_0 \pi \lambda \rho}} = 3,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

5.127. $\tau = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ сек}$.

5.128. $\rho = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ кг/м}^3$, $n = 3,3 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$, $\bar{\lambda} = 76,0 \text{ м}$.

5.129. Молекулалар бир-бири билан тўқнашмаслиги учун эркин югуриши йўлининг узунлиги идиш диаметридан кичик бўлмаслиги керак, яъни

$\bar{\lambda} > D > \frac{1}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 n}$. Бундан $n < \frac{1}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 D}$. Масалада берилганларнинг сон қийматларини қўйсак, $n < 1,7 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ бўлади.

5.130. 1) $7 \cdot 10^{-3} \text{ мм сим. уст.}$; 2) $7 \cdot 10^{-2} \text{ мм сим. уст.}$; 3) $7 \times 10^{-5} \text{ мм сим. уст.}$

5.131. $\rho < 3 \cdot 10^{-3} \text{ мм сим. уст.}$ 5.132. $\rho < 9,4 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м}^3$.

5.133. $\bar{z} = \frac{\bar{v}}{\lambda} \sqrt{\frac{8}{3\pi}} = 9,2 \cdot 10^9 \text{ сек}^{-1}$.

5.134. $D = 0,91 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{сек.}$ 5.135. $D = 8,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{сек.}$

5.136. $D = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}} \cdot \frac{kT}{\sqrt{2} \pi \sigma \rho}$. Ўзгармас босимда

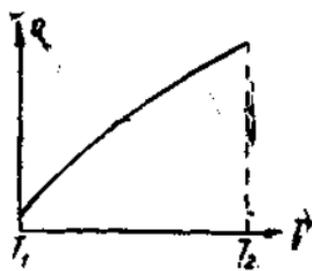
$D = AT^{3/2}$. 85- расмда $\rho = \text{const}$ бўлганда диффузия коэффициентининг температура T га боғланиш характери берилган.

5.137. $M = 2 \cdot 10^{-6} \text{ кг.}$ 5.138. $M = 9,7 \cdot 10^{-8} \text{ кг.}$

5.139. $\bar{\lambda} = 1,84 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$



85- расм.



86- расм.

5.140. $\eta = 1,78 \cdot 10^{-6} \text{ н.сек/м}^2$.

5.141. Маълумки

$$\eta = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} \rho, \quad (1)$$

Бунда $\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}$ молекулаларнинг ўртача арифметик тезлиги, $\bar{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 \rho}$ эркин югуриш йўлининг ўртача узунлиги ва $\rho = \frac{\mu T}{RT}$ — газнинг зичлиги. Бу қийматларни (1) га қўйсак, $\eta = \frac{2k}{3\pi \sigma^2} \sqrt{\frac{\mu T}{RT}}$ га эга

бўламиз, бундан $\sigma^2 = \frac{2k}{2\pi\eta} \sqrt{\frac{\mu T}{R\lambda}} = 9 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$ ва $\sigma = 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

5.142. $\eta = \frac{1}{3} \bar{\rho} \bar{\lambda}$. Бунга \bar{v} , $\bar{\lambda}$ ва ρ ларнинг ифодаларини қўйсак,

$\eta = A \sqrt{T}$ эканини топамиз, бунда A — бирор ўзгармас катталиқдир. 86-расмда ички ишқаланиш коэффициентини η нинг температура T га боғланиш характери берилган.

5.143. $D = 1,48 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек}$; $\eta = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м.сек}$.

5.144. 1,07 марта.

5.145. $n = \frac{N_0 \eta}{\mu D} = 1,8 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$.

5.146. 1) $\rho = 1,6 \text{ кг/м}^3$; 2) $\bar{\lambda} = 8,35 \cdot 10^{-8} \text{ м}$; 3) $\bar{v} = 440 \text{ м/сек}$.

5.147. $v = 2,72 \text{ м/сек}$. 5. 148. $F = 0,045 \text{ н}$.

5.149. $\eta = \frac{F(R-r)}{4\pi^2 v h R r} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ н.сек/м}^2$.

5.150. $K = 0,090 \text{ вт/м.град}$.

5.151. $K = 13,2 \cdot 10^{-3} \text{ вт/м.град} = 11,3 \cdot 10^{-3} \text{ ккал/м.соят.град}$.

5.152. $K = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} c_V \rho$; \bar{v} , $\bar{\lambda}$ ва ρ ларнинг ифодаларини ўрнига

қўйсак $K = A \sqrt{T}$ эканини топамиз. 87-расмда K нинг T га боғланиш характери берилган.

5.153. $D = \frac{K V N_0}{c_V N} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{сек}$.

5.154. 1) $\frac{D_1}{D_2} = 0,8$; 2) $\frac{\eta_1}{\eta_2} = 1,25$;

3) $\frac{K_1}{K_2} = 0,96$.

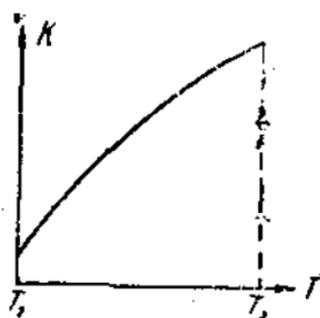
5.155. $\rho = 1,26 \text{ н/м}^2 = 0,0096 \text{ мм сим. уст}$.

5.156. 1) Ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини $\bar{\lambda} = d$ бўлганда босимга боғлиқ бўла бошлайди, бунда d — термос деворлари ўртасидаги масофа. Маълумки $\bar{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 \rho}$, бундан $\bar{\lambda} = d$ бўлган-

да $\rho = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 d}$ га эга бўламиз. Масалада берилганларнинг сон қийматларини ўрнига қўйсак, $\rho = 7,6 \cdot 10^{-3} \text{ мм сим. уст}$ эканлигини топамиз.

2) а) $K = 13,1 \cdot 10^{-3} \text{ вт/м.град}$. б) Агар $\rho = 10^{-4} \text{ мм сим. уст}$ бўлса, эркин югуриш йўлининг узунлиги $\bar{\lambda}$ термос деворлари ўртасидаги масофага тенг бўлади. Унда $K = \frac{1}{3} \bar{\lambda} \bar{v} c_V = \frac{1}{3} d \bar{v} c_V = \frac{d \sqrt{8RT} \cdot \rho \mu}{3 \sqrt{\pi} RT \mu} =$

$= \frac{d \sqrt{8} \rho}{3 \sqrt{\pi} RT} = 17,8 \cdot 10^{-3} \text{ вт/м.град}$.



87-расм.

3) Маълумки $Q = K \frac{\Delta T}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot \Delta t$. Лекин $\Delta S = 2\pi r l$, бунда $r = \frac{r_1 + r_2}{2}$. Унда $Q = K \frac{\Delta T}{\Delta x} 2\pi r l \Delta t$. Масалада берилганларнинг сон қий-
матларини ўрнига қўйсак: а) $Q = 188 \text{ ж} = 45 \text{ кал}$ ва б) $Q = 25,5 \text{ ж} =$
 $= 0,61 \text{ кал}$ бўлади. Конвекция туфайли ҳақиқий исроф кўпроқ бўлади.

5.157. $Q = 5,7 \text{ ккал}$. 5.158. $Q = 78 \text{ ж}$.

5.159. 1) $Q = \frac{M}{\mu} C_p \Delta T = 7,92 \cdot 10 \text{ ж} = 1890 \text{ кал}$,

2) $\Delta W = \frac{i}{2} p \Delta V = 1350 \text{ кал}$,

3) $A = p \Delta V = 2,26 \cdot 10^3 \text{ ж} = 540 \text{ кал}$.

Шундай қилиб, кутганимиздек, термодинамиканинг биринчи қонунига
асосан $Q = \Delta W + A$ бўлади.

5.160. 1) $A = 8,1 \cdot 10^3 \text{ ж}$; 2) $\Delta W = 20,2 \cdot 10^3 \text{ ж}$; 3) $Q = 28,3 \cdot$
 $\cdot 10^3 \text{ ж}$. ($Q = \Delta W + A$).

5.161. $\Delta W = 1000 \text{ ж}$.

5.162. 1) $\Delta W = 2500 \text{ кж}$; 2) $A = 830 \text{ кж}$; 3) $Q = 3330 \text{ кж}$.

5.163. $A = 600 \text{ ж}$. 5.164. $Q = A \left(\frac{i}{2} + 1 \right) = 550 \text{ ж}$.

5.165. $\Delta t = 57^\circ$. 5.166. $A = 13,2 \text{ ж}$, $\Delta W = 39,6 \text{ ж}$.

5.167. 1) $Q = 3,32 \cdot 10^6 \text{ ж}$; 2) $\Delta W = 2,49 \cdot 10^6 \text{ ж}$; 3) $A = 8,31 \cdot 10^6 \text{ ж}$.

5.168. 1) $Q = 10,4 \text{ ж}$; 2) $\Delta h = 2,8 \text{ см}$. 5.169. $Q = 360 \text{ ж}$.

5.170. $A = 720 \text{ ж}$. 5.171. 2,72 марта. 5.172. $\sqrt{\frac{v}{g}} = 5000 \text{ м/сек}$.

5.173. 1) $A = 70 \text{ ж}$. 2) $Q = A = 70 \text{ ж} = 16,8 \text{ кал}$.

5.174. $A = 2,2 \cdot 10^5 \text{ ж}$. 5.175. $T = 207^\circ \text{K} = -66^\circ \text{C}$.

5.176. $p_1 = 9,5 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$. 5.177. $T = 865^\circ \text{K}$ ёки $t = 592^\circ \text{C}$.

5.178. $i = 5$. 5.179. $t = 123^\circ \text{C}$ $p = 52,8 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$.

5.180. $T = 780^\circ \text{K}$. 5.181. $\frac{c_p}{c_v} = 1,4$

5.182. 1) 88-расмда процесснинг
графикни тасвирланган. 2) $V_2 = 0,25 \text{ ж}$;
 $p_2 = 1,32 \text{ ат}$.

5.183. $\frac{c_p}{c_v} = 1,4$.

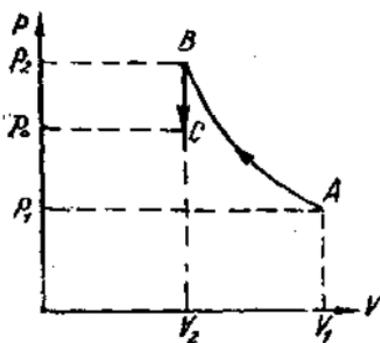
5.184. Адиабатик процессда

$\Delta W = -A$. 1) $\Delta W = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} R (T_2 - T_1)$.

Пуассон тенгласидан фойдаланиб, T_2
температурани топганимиз мумкин. За-
рур бўлган ҳисобларни бажарганда
кейин, $\Delta W = -2,69 \cdot 10^6 \text{ ж}$ эканлиги-
ни топамиз. 2) $A = -\Delta W = 2,69 \cdot 10^6 \text{ ж}$.

5.185. Адиабатик сиқишда бажар-
рилган иш

$$A_{\text{ад}} = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{RT}{(\kappa - 1)} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa - 1} \right]$$



88-расм.

ва изотермик сиқинида бажарилган иш

$$A_{\text{из}} = \frac{M}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

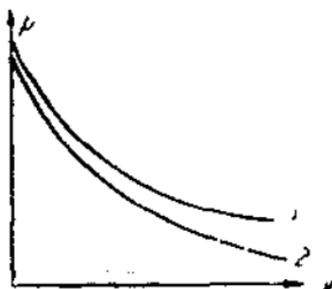
Бундан

$$\frac{A_{\text{ад}}}{A_{\text{из}}} = \frac{\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa-1}\right]}{(\kappa-1) \ln \frac{V_2}{V_1}} \quad (1)$$

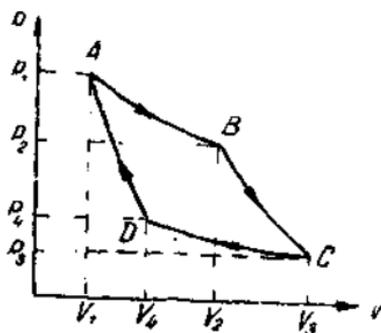
Бизда $V_1 = 10^{-2} \text{ м}^3$; $V_2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$; $(\kappa-1) = 0,4$. Бу қийматларни (1) га қўйсак $\frac{A_{\text{ад}}}{A_{\text{из}}} = 1,4$ келиб чиқади — изотермик сиқини фойдалироқдир.

5.186. 7° га 5.187. 1,15 марта.

5.188. 1) $p_2 = 5 \text{ атм}$. $T_2 = 273^\circ \text{К}$, $A = -1140 \text{ ж}$.



89- расм



90- расм.

2) $p_2 = 9,5 \text{ атм}$, $T_2 = 520^\circ \text{К}$, $A = -1590 \text{ ж}$.

5.189. 1) $T_2 = T_1 = 313^\circ \text{К} = 40^\circ \text{С}$, $p_2 = 2,0 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$, $A = -1800 \text{ ж}$;

2) $T_2 = 413^\circ \text{К} = 140^\circ \text{С}$, $p_2 = 2,6 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, $A = -2080 \text{ ж}$.

5.190. 1) 2 марта, 2) 1,64 марта.

5.191. Бир атомли газ 1,2 марта кўпроқ исийди.

5.192. 1) $\frac{V_2}{V_1} = 1,33$; 2) $T_2 = 270^\circ \text{К} = -3^\circ \text{С}$; 3) $A = 2,3 \cdot 10^4 \text{ ж}$.

5.193. 1) $p = \frac{A}{V}$; 2) $p = \frac{B}{V^\kappa}$, буида $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$. 89- расмда газ-

нинг изотермик (1 эгри чизиқ) ва адиабатик (2 эгри чизиқ) кенгайишида газ босими p нинг ҳажми V га боғланиш характери тасвирланган.

5.194. 1) $Q = 1,55 \text{ кж}$; $A = 0,92 \text{ кж}$; $\Delta W = 0,63 \text{ кж}$

2) $Q = 1,88 \text{ кж}$; $A = 1,25 \text{ кж}$; $\Delta W = 0,63 \text{ кж}$.

5.195. Карно цикли бўйича ишлайдиган иссиқлик машиниси $A = Q_1 - Q_2 = \eta Q_1$ га тенг иш бажаради, буида Q_1 — машинанинг исит-

гивдан оладиган иссиқлик миқдори, Q_2 — совитгичга берилган иссиқлик миқдори, η — машинанинг ф. и. к. У вақтда $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 0,25$ эга бўладимиз. Унда $A = \eta Q_1 = 150 \text{ ккал} = 630 \text{ ж}$. Сўнгра $Q_2 = Q_1 - A = 450 \text{ ккал} = 1880 \text{ ж}$.

5.196. $\eta = 18\%$.

5.197. 1) $\eta = 26,8\%$; 2) $Q_1 = 27,4 \cdot 10^4 \text{ ж}$; 3) $Q_2 = 20,0 \cdot 10^4 \text{ ж}$.

5.198. 1) $\eta = 20\%$; 2) $A = 1,26 \cdot 10^8 \text{ ж}$.

5.199. Изотерма AB нинг тенгламаси (90-расм) қуйидаги кўринишга эга

$$pV = \frac{M}{\mu} RT_1. \quad (1)$$

A нуқтасининг координатлари шу тенгламани қаноатлантиради, яъни

$$p_1 V_1 = \frac{M}{\mu} RT_1.$$

бундан

$$\frac{M}{\mu} = \frac{p_1 V_1}{RT_1} = \frac{7 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 10^3 \cdot 400} \text{ кмоль} = 0,427 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль} \text{ ва ундан}$$

(1) тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$pV = 0,427 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 400 \text{ ж} = 1420 \text{ ж}. \quad (2)$$

B нуқтаси учун

$$p_2 = \frac{pV}{V_2} = \frac{1420}{5 \cdot 10^{-3}} \text{ н/м}^2 = 2,8 \text{ атм.}$$

B ва C нуқталарининг координатлари адиабата BC ни қаноатлантирганлигидан $p_2 V_2^\chi = p_3 V_3^\chi$, бундан $p_3 = p_2 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^\chi = 1,44 \text{ атм}$. Изотерма DC

нинг тенгламасидан $pV = \frac{M}{\mu} RT = p_3 V_3 = 1,44 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \text{ ж} = 1170 \text{ ж}$. Бундан $T_2 = 330^\circ \text{К}$; D ва A нуқталарининг координатлари

адиабата DA нинг тенгламасини қаноатлантирганлигидан, $\left(\frac{V_4}{V_1} \right)^{\chi-1} = \frac{T_1}{T_2}$, бундан

$$V_4 = 3,22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \text{ ва } p_4 = \frac{1170}{3,22 \cdot 10^{-3} \cdot 1,013 \cdot 10^5} \text{ атм} = 3,6 \text{ атм.}$$

1) Шундай қилиб, $V_1 = 2 \text{ л}$, $p_1 = 7 \text{ атм}$, $V_2 = 5 \text{ л}$, $p_2 = 2,8 \text{ атм}$, $V_3 = 8 \text{ л}$, $p_3 = 1,44 \text{ атм}$, $V_4 = 3,22 \text{ л}$, $p_4 = 3,6 \text{ атм}$.

2) AB изотермик процессдаги бажарилган иш

$$A_1 = \frac{M}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = 0,427 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 400 \cdot 0,916 \text{ ж} = 1300 \text{ ж},$$

BC адиабатик процессда бажарилган иш

$$A_2 = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{RT_1}{(\chi-1)} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\chi-1} \right] = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{RT}{\chi-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = 620 \text{ ж.}$$

CD изотермик процессда бажарилган иш

$$A_3 = \frac{M}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} = -1070 \text{ ж.}$$

DA аднабатик процессда бажарилган иш

$$A_4 = \frac{M}{\mu} \frac{RT_2}{(\chi - 1)} \left(1 - \frac{T_1}{T_2} \right) = -620 \text{ ж.}$$

3) Бутун циклда бажарилган иш $A = \sum A_i = 230 \text{ ж.}$

4) Циклнинг ф. и. к. $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 0,175 = 17,5\%.$

5) Бир циклда иситкичдан олинган иссиқлик миқдори

$$Q_1 = \frac{A}{\eta} = \frac{230}{0,175} = 1300 \text{ ж} = 312 \text{ кал.}$$

6) Бир циклда совитгичга берилган иссиқлик миқдори

$$Q_2 = Q_1 - A = 1070 \text{ ж} = 256 \text{ кал.}$$

5.200. 2,1 марта.

5.201. Тескари циклда ташқи кучлар газ устида A ишни бажаради.

Бунда совуқ жисмдан олинган Q_2 иссиқлик миқдори сарфланган A иш билан биргаликда иссиқроқ жисмга берилган Q_1 иссиқлик миқдори-га тенг.

$$1) \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 0,093;$$

$$2) Q_2 = Q_1 - A = \frac{A}{\eta} - A = \frac{1 - \eta}{\eta} A. \text{ Бунда } A = 37000 \text{ ж} = 37 \text{ кж.}$$

$$\text{Демак, } Q_2 = \frac{1 - \eta}{\eta} A = 360 \text{ ж.}$$

3) $Q_1 = Q_2 + A = 397 \text{ кж.}$ Шундай қилиб, совитувчи машина ҳар циклда иссиқроқ жисмга 397 кж иссиқлик беради, бундан 37 кж қисми ишнинг иссиқликка айланиш ҳисобига олинади, қолган 360 кж қисми эса совуқ жисмдан олинади.

5.202. η_1, η_2 ва η_3 коэффициентлар ўзаро қуйидагича мувосабатда боғлангандир: $\eta_1 = \frac{1}{1 - \eta_3}, \eta_2 = \frac{1 - \eta_3}{\eta_3}$. Бизнинг масала шартига кўра $\eta_1 = 1,09, \eta_2 = 11,0, \eta_3 = 0,083$.

5.203. 4,94 кж.

5.204. Q_0 иссиқлик миқдори ҳисобига $A = \eta_2 Q_0$ иш бажариш мумкин, бунда η_2 — иссиқлик машинасининг ф. и. к. бўлиб, $\eta_2 = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ га тенг. Унда совитувчи машинанинг бинога берадиган иссиқлик миқдори $Q_1 = \frac{A}{\eta_3}$ бўлади, бунда η_3 — совитувчи машинанинг ф. и. к. бўлиб,

$$\eta_2 = \frac{T_1' - T_2'}{T_1'} \text{ га тенг. Унда } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\eta_2 Q_0}{\eta_3 Q_0} = \frac{\eta_2}{\eta_3} = \frac{(T_1 - T_2) T_1'}{(T_1' - T_2') T_1}. \text{ Масала-}$$

да берилганларнинг сон қийматларини ўрнига қўйсак, $\frac{Q_1}{Q_0} = 3$ бўлади, яъни бинони печка билан иситилганда, шунча ўтин истеъмол қилувчи совитувчи машина билан иситилишга қараганда уч марта камроқ иссиқлик олинади.

5.205. 9-расмдан кўринадики,

$$A = p_1 (V_1 - V_0) + \frac{p_1 V_1}{\chi - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\chi - 1} \right] - p_0 (V_2 - V_0).$$

Сон қийматларини ўрнига қўйсак, $A = 1920$ ж ни ҳосил қиламиз.

5.206. $\eta_1 = 20\%$ ва $\eta_2 = 30\%$. 5.207. 104 шикл бажаради.

5.208. Маълумки $\eta = \frac{A}{Q_1}$, буида A — бутун шикл давомда бажарилган тўла иш ва Q_1 — снлғи ёнганида ажраладиган иссиқлик миқдори. $A_{AB} = A_{BA}$ ва $A_{CD} = A_{ED} = 0$ бўлганлигидан,

$$A = A_{BC} - A_{DE} = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{R(T_0 - T_1)}{\chi - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\chi - 1} \right].$$

Лекин $\frac{R}{\chi - 1} = C_V$ ва $\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\chi - 1} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{T_2}{T_3}$, шунинг учун

$$A = \frac{M}{\mu} C_V (T_0 - T_2) \left(1 - \frac{T_2}{T_3} \right).$$

Сўнгра $Q = \frac{M}{\mu} C_V (T_2 - T_1)$. Бундан

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{A}{Q} = \frac{(T_0 - T_2) \left(1 - \frac{T_2}{T_3} \right)}{T_2 - T_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_2} = 1 - \frac{T_3}{T_2} \\ &= 1 - \frac{1}{\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\chi - 1}} = 0,412 = 42,2\%. \end{aligned}$$

5.209. $p = 9,3 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ ва $T = 686^\circ\text{К} = 413^\circ\text{С}$.

5.210. $n = 1,3$

5.211. 1) Равшанки, $V_1 - V_2 = Sh$, буида S — цилиндрнинг кўндаланг кесим юзи, h — поршень қадами. Иккинчи томондан $\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\chi} = \frac{p_2}{p_1}$. Бу икки тенгламани V_2 га нисбатан ечиб, сон қийматларини ўрнига қўйсак, $V_2 = 1,76 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ бўлади:

$$2) \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{\chi}}, \text{ бундан } T_2 = 680^\circ\text{К ёки } t = 407^\circ\text{С}.$$

3) $A = \frac{pV_1}{\chi - 1} \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1}$, лекин $V_1 = Sh + V_2 = 1,04 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ва $A = 243 \text{ ж}$.

5.212. 1) 36,7%; 2) 44,6%; 3) 49,6%.

5.213. Истеъмом қилинадиган бензиннинг миқдорини ва унинг иссиқлик бериш қобилиятини билган ҳолда $\eta_f = 0,216 \approx 22\%$ амалий ф. н. к. топамиз. Назарий ф. н. к

$$\eta = 1 - \frac{1}{\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}} = 0,3 = 30\%.$$

Шундай қилиб, механизмнинг қисмларидаги шиқаланишга ва бошқа исрофлар $30\% - 22\% = 8\%$ ни ташкил қилади.

5. 214. Тўла циклда бажариладиган иш

$$A = Q_1 - Q_2, \quad (1)$$

бунда Q_1 — ёқилган ёнганида (II-расмнинг CD қисмида) ажралган иссиқлик миқдори ва Q_2 — (EB қисмида) муҳитга чиқарилган иссиқлик миқдори. Лекин CD қисм изобара бўлганлигидан

$$Q_1 = \frac{M}{\mu} C_p (T_2 - T_1), \quad (2)$$

бунда T_1 — изобарик кенгайишнинг бошланғич ва T_2 — эса унинг охириги температураси. Сўнгра EB қисм изохора бўлганлигидан

$$Q_2 = \frac{M}{\mu} C_V (T_3 - T_0), \quad (3)$$

бунда T_3 — изохорик кенгайишнинг бошланғич ва T_0 — эса унинг охириги температураси. Демак, (1) тенгламага асосан

$$A = \frac{M}{\mu} C_V \{ \chi (T_2 - T_1) - (T_3 - T_0) \} \quad (4)$$

ва ундан ф. н. к.

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{1}{\chi} \cdot \frac{T_3 - T_0}{T_2 - T_1}. \quad (5)$$

(5) тенгламани бошқача кўринишда ёзиш мумкин. T_0 , T_1 ва T_3 температураларни T_2 орқали ифодалаш мумкин. Изобара CD учун $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = \beta$ бўлиб, β изобарик кенгайиш даражаси, демак, $T_1 = \frac{T_2}{\beta}$, сўнгра адиабата DE учун $\frac{T_2}{T_3} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \delta^{\gamma-1}$, бунда δ — адиабатик кенгайиш даражаси, демак, $T_3 = \frac{T_2}{\delta^{\gamma-1}}$. Адиабата BC учун $\frac{T_1}{T_0} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\chi-1} = \varepsilon^{\chi-1}$.

бунда ϵ — адиабатик сиқилиш даражаси, демак, $T_0 = \frac{T_1}{\epsilon^{\chi-1}} = \frac{T_2}{\beta \epsilon^{\chi-1}}$
 Температура T_0 , T_1 , T_2 ларнинг олинган ифодаларини (5) га қўйиб
 $\beta = \frac{\epsilon}{\delta}$ эканини назарга олсак, натижада қуйидагига эга бўламиз:

$$\eta = 1 - \frac{\beta^{\chi} - 1}{\chi \epsilon^{\chi-1} (\beta - 1)}$$

5.215. Маълумки

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{N \cdot t}{m q_0} \quad (1)$$

бунда m — ёқилгининг массаси ва q_0 — унинг иссиқлик бериш қобилияти. Иккинчи томондан

$$\eta = 1 - \frac{\beta^{\chi} - 1}{\chi \epsilon^{\chi-1} (\beta - 1)} \quad (2)$$

Бизда $\beta = \frac{\epsilon}{\delta} = \frac{16}{6,4} = 2,5$; $\chi = 1,3$; $\beta^{\chi} = 3,29$; $\beta^{\chi} - 1 = 2,29$; $\epsilon^{\chi-1} = 2,30$ ва $\beta - 1 = 1,5$. Бу берилганларни (2) формулага қўйсак, $\eta = 0,49 = 49\%$ бўлади. Унда $m = 5,9$ кг.

5.216. Энтропиянинг ўзгариши қуйидаги формуладан аниқланади:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} \quad (1)$$

бунда S_1 ва S_2 — биринчи ва иккинчи ҳолатлардаги энтропиянинг қиймати. Бу ҳолда энтропиянинг умумий ўзгариши унинг айрим процессларидаги ўзгаришлари йнғиндисидан иборат.

1) m массали музнинг T_1 температурадан T_2 температурагача исishi. Бунда $dQ = mc_1 dT$ бўлади, бунда c_1 — музнинг солиштирма иссиқлик сифими. У вақтда (1) формулага асосан қуйидагини топамиз:

$$\Delta S_1 = mc_1 \ln \frac{T_2}{T_1}$$

2) m массали музнинг T_2 температурада эришида $\int dQ = m\lambda$ бўлганлигидан, бунда λ — солиштирма эриш иссиқлиги бўлиб, (1) формулага асосан

$$\Delta S_2 = \frac{m\lambda}{T_2}$$

3) m массали сувнинг T_2 температурадан T_3 температурагача исishiда

$$\Delta S_3 = mc_2 \ln \frac{T_3}{T_2}$$

бунда c_2 — сувнинг солиштирма иссиқлик сифими.

4) m массали сувнинг T_3 температурада буғланиши

$$\Delta S_4 = \frac{mr}{T_3}.$$

бунда r — буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги.

Энтропиянинг умумий ўзгариши

$$\Delta S = m \left(c_1 \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{\lambda}{T_2} + c_2 \ln \frac{T_3}{T_2} + \frac{r}{T_3} \right). \quad (2)$$

Бизда $m = 0,01$ кг, $c_1 = 0,5$ кал/г·град = $2,1 \cdot 10^6$ ж/кг·град, $T = 253^\circ\text{K}$, $T_2 = 273^\circ\text{K}$, $T_3 = 373^\circ\text{K}$, $\lambda = 80$ кал/г = $3,35 \cdot 10^6$ ж/кг, $c_2 = 1$ кал/г·град = $4,19 \cdot 10^6$ ж/кг·град ва $r = 539$ кал/г = $2,26 \cdot 10^6$ ж/кг. Бу берилганларни (2) га қўйсақ, $\Delta S = 88$ ж/град = 21 кал/град бўлади. 5.217. $\Delta S = 7,4$ ж/град

5.218. $\Delta S = 1230$ ж/град. 5.219. $\Delta S = 63$ ж/град. 5.220. Маъ-

лумки, $S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$. Лекин $dQ = \frac{M}{\mu} C_V dT + p dV$ ва бундан таш-

қари $pV = \frac{M}{\mu} RT$, унда

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{M}{\mu} C_V \frac{dT}{T} + \int_1^2 \frac{M}{\mu} R \frac{dV}{V}$$

ёни

$$S_2 - S_1 = \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{M}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1} = 5,4 \text{ ж/град.}$$

5.221. Биз юқоридаги масалада энтропияни T ва V параметрларнинг функцияси сифатида топдик. Бу масалада эса энтропияни V ва p параметрлар орқали ифодалаш талаб қилинади. Маълумки,

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{M}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (1)$$

Лекин Менделеев — Клапейрон тенгласидан

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_1 V_2}{p_1 V_1} \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйсақ, қуйидаги келиб чиқади:

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{V_2}{V_1} + \frac{M}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Масалада берилган қийматларни ўрнига қўйсақ, $\Delta S = 71,0$ ж/град бўлади. Ўқувчиларга энтропияни p ва T параметрлар орқали ифода қилиб, қуйидаги формулани олиш тавсия қилинади

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - \frac{M}{\mu} R \ln \frac{p_2}{p_1}.$$

5.222. Маълумки (олдинги масаланинг ечилишига қаранг) $\Delta S =$
 $= \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}$; изобарик процесда $p_1 = p_2$ бўлиб, $\Delta S =$
 $= \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}$. Масалада берилган қийматларни ўрнига қўйсак, $\Delta S =$
 $= 66,3 \frac{\text{ж}}{\text{град}} = 15,8 \frac{\text{кал}}{\text{град}}$

5.223. $\Delta S = 38,1 \text{ ж/град}$.

5.224. Маълумки (5. 221. масаланинг ечилишига қаранг) $\Delta S =$
 $= \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - \frac{M}{\mu} R \ln \frac{p_2}{p_1}$; изотермик процесда $T_1 = T_2$ бўлиб, $\Delta S =$
 $= - \frac{M}{\mu} R \ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{M}{\mu} R \ln \frac{p_1}{p_2}$ бўлади. Масалада берилган қийматларни
 ўрнига қўйсак $\Delta S = 17,3 \text{ ж/град}$ бўлади.

5.225. $\Delta S = 2,9 \text{ ж/град}$.

5.226. $\Delta S = 1,76 \text{ ж/град}$; 2) $\Delta S = 2,46 \text{ ж/град}$.

5.227. 1) $\Delta S = 8,5 \cdot 10^3 \text{ ж/град}$, 2) $\Delta S = 11,8 \cdot 10^3 \text{ ж/град}$

5.228. Иситилиши ўзгармас босимда олиб борилган.

5.229. Ҳукумчиларга энтропиянинг ўзгариши газнинг бир ҳолатдан бошқа ҳолатга қандай йўл билан ўтишлигига боғлиқ эмаслигига нишонч ҳосил қилишни тавсия қилинади. Иккала ҳолда ҳам энтропиянинг ўзгариши $5,45 \text{ ж/град}$ га тенг.

5.230. $\Delta S \cong 600 \text{ ж/град}$. 5.231. $Q = 4,2 \cdot 10^5 \text{ ж}$.

6- §. Реал газлар

6.1. b катталикнинг ўлчов бирлиги $\text{м}^3/\text{кмоль}$, a катталик эса $\text{н} \cdot \text{м}^2/\text{кмоль}$ га тенгдир.

6.2.

Модда	$a \cdot 10^{-1}$ $\text{н} \cdot \text{м}^2/\text{кмоль}^2$	$b \cdot 10^4$ $\text{м}^3/\text{кмоль}$
Сув буғи	5,56	3,06
Қарбонат ангидрид газн	3,64	4,26
Кислород	1,36	3,16
Аргон	1,36	3,22
Азот	1,36	3,85
Водород	$2,44 \cdot 10^{-1}$	2,63
Гелий	$3,43 \cdot 10^{-3}$	2,34

6.3. 1) Менделеев — Клапейрон тенгламасини температурага нисбатан ечсак, қуйидагини оламиз:

$$T = \frac{\mu p T}{MR} \quad (1)$$

Бизда $\mu = 28 \text{ кг/кмоль}$, $p = 2 \text{ атм} = 2.1013 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$, $V = 8,2 \times 10^{-4} \text{ м}^3$; $M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ Бу қийматларни (1) формулага қўйсақ $T = 280^\circ\text{К}$ бўлади.

2) Ван-дер-Ваальс тенгламасини температурага нисбатан ечсак, қуйидагини оламиз:

$$T = \frac{\mu}{MR} \left[p + \frac{aM^2}{\mu^2 V^2} \right] \left(V - \frac{M}{\mu} b \right). \quad (2)$$

Берилган қийматларни (2) формулага қўйиб, уч хопага қадар аниқлик билан $T = 280^\circ\text{К}$ га эга бўламиз. Шундай қилиб, кичик босимда газ идеал газдек бўлади. Босим катта бўлганда газ параметрлари Менделеев — Клапейрон тенгламасига бўйсунмайди (қуйидаги масала шартига ва жавобига қarang).

6.4. 1) $T = 281^\circ\text{К}$, 2) $T = 289^\circ\text{К}$.

6.5. 1) $T = 482^\circ\text{К}$, 2) $T = 204^\circ\text{К}$.

6.6. 1) Реал газ учун: а) $p = 2,87 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ ва б) $p = 2,73 \times 10^6 \text{ н/м}^2$; 2) идеал газ учун: а) $p = 3,09 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ ва б) $p = 6,18 \times 10^7 \text{ н/м}^2$.

Олинган натижаларни солиштириб, босим жуда катта бўлмаганда реал газларнинг идеал газларга нисбатан етарлича сиқилувчанлигини (молекулалар орасидаги тортишув кучининг таъсирини), катта босимда эса идеал газларга нисбатан кам сиқилувчанлигини (молекулаларнинг хусусий ҳажмининг таъсирини) кузатиш мумкин.

6.7.

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2p + p_1}{p + p_1} = 1,85.$$

$p_1 = \frac{av^2}{V^2}$, буида v киломоллар сон. Агар газ Менделеев — Клапейрон тенгламасига бўйсунганда эди, $\frac{T_2}{T_1} = 2$ бўларди.

6.8. Ван-дер-Ваальс формуласидан ҳажмин топишлик учун учинчи даражали тенгламани ечиш керак. Бу тенгламанинг учта илдизидан бири модданинг газсимон ҳолатига мос келиб, уни кетма-кет тартибли яқинлашиш усули билан аниқлаш мумкин Ван-дер-Ваальс тенгламасидан қуйидагини оламиз:

$$V = \frac{RT}{p + a/V^2} + b = \frac{RT}{p + p_1} + b. \quad (1)$$

Биринчи тартибли яқинлашишда $V = V_1$ деб оламиз, буида V_1 Менделеев — Клапейрон тенгламасидан олинган ҳажм

$$V_1 = \frac{MRT}{\mu p} \quad (2)$$

Бизда $\frac{M}{\mu} = 1 \text{ кмоль}$, $R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град}$, $T = 300^\circ\text{К}$ ва $p = 10^7 \text{ н/м}^2$. Бу берилганларни (2) га қўйсақ, $V_1 = 0,24 \text{ м}^3$ бўлади V вақтда $p_1 = \frac{a}{(V_1)^2} = \frac{1,36 \cdot 10^7}{(0,24)^2} \text{ н/м}^2 = 0,24 \cdot 10^7 \text{ н/м}^2$; p_1 нинг қийматини

(1) га қўйиб, иккинчи тартибли яқинлашшига эга бўламиз: $V_2 = \frac{8,31 \cdot 10^3 \cdot 300}{1,24 \cdot 10^7} \text{ м}^3 + 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 = 0,232 \text{ м}^3$. У вақтда

$$\rho_1 = \frac{a}{(V_2)^2} = \frac{1,36 \cdot 10^5}{(0,232)^2} = 0,253 \cdot 10^7 \text{ н/м}^2$$

ва

$$V_3 = \left(\frac{8,3 \cdot 10^3 \cdot 300}{1,253 \cdot 10^7} + 3,16 \cdot 10^{-2} \right) \text{ м}^3 = 0,231 \text{ м}^3.$$

Шундай қилиб, маъна шундай усул билан тўртинчи ва ҳ. к. тартибли яқинлашган ифодаларни олиш мумкин. Ҳаттоки, тўртинчи тартибли яқинлашган ифодани амалда учинчиси билан мос келишлигига ишонч ҳосил қилиш қийин эмас. Шундай қилиб, излана тгаи ҳажм $V = 0,231 \text{ м}^3 = 231 \text{ л}$.

6.9. $V = 0,49 \text{ м}^3$ (олдинги масаланинг ечилишига қаранг).

6.10. Ван-дер-Ваальс тенгласидаги b доимийси тахминан молекулар хусусий ҳажмининг чорасига тенгдир. Иккинчи томондан

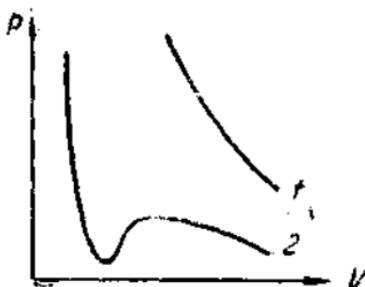
$$b = \frac{T_k R}{8 p_k}. \text{ Бундан битта молекуланинг ҳажми } V' = \frac{RT_k}{32 N_0 p_k} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{1}{6} \pi \sigma^3, \text{ бунда } \sigma \text{ — молекуларнинг эффектив диаметри. } \frac{R}{N_0} = k \text{ Боль-}$$

цман доимийси эканига амал қилсак, натижада $\sigma = \sqrt[3]{\frac{3kT_k}{16 p_k}}$ га эга бўламиз. Масалада берилган сон қийматларни ўрнига қўйсак, $\sigma = 2,94 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 2,94 \text{ \AA}$ келиб чиқади. Бу қийматлар бошқа усул билан олинган σ нинг қийматларига яхши мос келади (5.14) масаланинг ечилишига қаранг).

6.11. 1) $\sigma = 2,97 \cdot 10^{-10} \text{ м} \approx 3,0 \text{ \AA}$; 2) $\sigma = 3,13 \cdot 10^{-10} \text{ м} \approx 3,1 \text{ \AA}$. Шундай қилиб, иккита ҳар хил усул билан олинган натижалар етарлича яхши мос келади.

6.12. $\bar{\lambda} = 7,9 \cdot 10^{-8} \text{ м}$. 6.13. $D = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{сек}$.

6.14. 91-расмда 0°C даги 1 кмоль карбонат ангидрид газы ўчун $p=f(V)$ боғланиш графиги чизилган. 1 эгри чизик идеал газ тенгласига, 2 эгри чизик эса реал газ тенгласига мос келади.



91- расм.

$$6.15. \rho_1 = \frac{27 T_k^2 \rho^2}{64 p_k T^2} = 1,31 \cdot 10^7 \text{ н/м}^2.$$

$$6.16. 1) p \left(V - \frac{M}{\mu} b \right) = \frac{M}{\mu} RT;$$

$$2) x = \frac{v - v'}{v'} = \frac{pb}{RT} = 33 = 33\%.$$

Бунда, v ва v' молекуларнинг хусусий ҳажми назарга олинмаган ва олинган ҳолларга мос келувчи киломоляр сонн.

6.17. 1) $\frac{\rho_1}{\rho} = 4,95\%$; 2) $\frac{V_1}{V} = 0,86\%$.

6.18. Молекулаларнинг ўзаро таъсир кучига қарши бажарилган иш

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p_1 dV, \text{ бунда } p_1 = \frac{M^2 a}{\mu^2 V^2}$$

Шундай қилиб,

$$A = \frac{M^2 a}{\mu^2} \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^2} = \frac{M^2 a}{\mu^2} \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right) = \frac{M^2 a (V_2 - V_1)}{\mu^2 V_1 \cdot V_2}, \quad (1)$$

бундан

$$a = \frac{A \mu^2 V_1 \cdot V_2}{M^2 (V_2 - V_1)} = \frac{A \cdot V_1 \cdot V_2}{v^2 (V_2 - V_1)}, \quad (2)$$

 бунда v — киломоляр сони. Масалада берилган сон қийматларни (2) га қўйсак, $a = 1,36 \cdot 10^3 \text{ н} \cdot \text{м}^4 / \text{кмоль}^2$ келиб чиқади.

6.19. $\Delta T = \frac{a v (V_2 - V_1) \cdot 2}{V_1 \cdot V_2 \cdot i \cdot R}$, бунда i — газ молекулаларнинг эркинлик

 даражаси сони ва v — газнинг киломоляр сони. Масалада берилган сон қийматларни ўрнига қўйсак, $\Delta T = 2,33^\circ$ келиб чиқади.

6.20. $a = 3,64 \cdot 10^3 \text{ н} \cdot \text{м}^4 / \text{кмоль}^2$.

 6.21. 1) а) $t = 31^\circ\text{C}$ температурада карбонат кислотасининг критик температураси бўлганлигидан, босим $p = p_k = 73 \text{ атм}$ бўлиши зарур; б) $t = 50^\circ\text{C}$ температура CO_2 нинг критик температурасидан катта бўлганлигидан, газни ҳеч қандай босим билан суюлтириб бўлмайди.

2) $V_k = \frac{3b}{\mu} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$,

3) $p = p_k = 73 \text{ атм}$.

6.22. $\rho_k = \frac{\mu}{3b} = 196 \text{ кг/м}^3$. 6.23. $\rho_k = \frac{8\mu\rho_k}{3T_k R} = 57 \text{ кг/м}^3$.

6.24. Келтирилган катталар билан ифодаланган Ван-дер-Ваальс тенгласидан қуйдагига эга бўламиз:

$$\tau = \frac{(\pi + 3/\omega^2)(3\omega - 1)}{8}, \quad (1)$$

 Бунда $\pi = \frac{p}{p_k} = \frac{920}{50} = 18,4$. Кислород учун $V_{ок} = 3b = \frac{3T_k R}{8\rho_k} = 9,5 \times 10^{-2} \text{ м}^3 / \text{кмоль}$; $\omega = \frac{V_0}{V_{ок}} = \frac{0,056}{0,095} = 0,59$. Бу қийматларни (1) га қўйсак, $\tau = 2,6$ келиб чиқади. Демак, $T = \tau T_k = 2,6 \cdot 154^\circ\text{K} = 400^\circ\text{K}$ ёки $t = 127^\circ\text{C}$.

6.25. $\rho = 2,7 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2$. 6.26. $\pi = \frac{p}{p_k} = 2,43$.

7- §. Тўйинган буғлар ва суюқликлар

7. 1. Сув буғининг миқдори M ни Менделеев — Клапейрон формуласидан топиш мумкин

$$M = \frac{pV \cdot \mu}{RT}, \quad (1)$$

бунда p — температураси T бўлган фазодаги тўйинган буғнинг эластиклиги. $t = 50^\circ\text{C}$ ёки $T = 323^\circ\text{K}$ бўлганда эластиклик $p = 92,5$ мм сим. уст. $= 92,5 \cdot 133,3$ н/м² бўлади. $\mu = 18$ кг/кмоль ва $V = 1$ м³ бўлиб, бу берилганларни (1) га қўйсак, $M = 8,2 \cdot 10^{-2}$ кг $= 82$ г келиб чиқади.

7.2. $p = 8,2 \cdot 10^{-2}$ кг/м³. 7. 3. 74000 марта. 7.4. 12 марта.

7.5. Нисбий намлик $\omega = \frac{p}{p_T}$ формуладан аниқланади, бунда

p — ҳаводаги сув буғларининг босими ва p_T — берилган температурада фазодаги тўйинган сув буғининг босими. T температурада ҳавонинг V ҳажмидаги сув буғининг массаси қуйидагига тенг:

$$M = \frac{pV\mu}{RT} = \frac{\omega p_T \cdot V \cdot \mu}{RT}. \quad (1)$$

Бизда $\omega = 0,75$, $\mu = 18$ кг/кмоль, $V = 1$ м³, $t = 30^\circ\text{C}$ ёки $T = 303^\circ\text{K}$. $p_T = 31,8$ мм сим. уст. $= 31,8 \cdot 133,3$ н/м². Бу берилганларни (1) формулага қўйсак, $M = 22,5 \cdot 10^{-2}$ кг келиб чиқади. Шундай қилиб, масала шартида сув буғининг оғирлиги $22,5 \cdot 10^{-2}$ кг га тенг.

7.6. $M = 6,9 \cdot 10^{-2}$ кг. 7. 7. $t = 7^\circ\text{C}$. 7. 8. $n = 10^{18}$ см⁻³.

7.9. 1) $\omega = 60,4\%$; 2) $M = 86 \cdot 10^{-6}$ кг.

7.10. 1) Тўйинган сув буғи кенгайишгача 20°C температурада бўлганлигидан, бу буғнинг босими (жаловалга қараб) $p_1 = 17,5$ мм сим. уст. $= 17,5 \times 133,3$ н/м² га тенг.

2) Кенгайишгача камерадаги сув буғининг миқдори

$$M_1 = \frac{p_1 \mu V_1}{RT_1}. \quad (1)$$

Масалала берилган сон қийматларини (1) формулага қўйсак, $M_1 = 17,2 \times 10^{-2}$ кг $= 17,2$ мг келиб чиқади.

$$3) p_1 = \frac{p_1 \mu}{RT_1} = 1,72 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3,$$

$$4) T_2 = \frac{T_1}{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}} = 268^\circ\text{K}.$$

5) -5°C температурадаги тўйинган сув буғининг эластиклиги $p_2 = 3$ мм сим. уст. га тенг. Бу босимга мос келган камерадаги буғларнинг миқдори $M_2 = \frac{p_2 \mu V_2}{RT_2}$ бўлиб, бунда $V_2 = 1,25^{\frac{1}{\gamma}} V_1$. Масалала берилган сон қийматларни ўрнига қўйсак, $M_2 = 4$ мг келиб чиқади. Демак, конденсацияланган буғнинг миқдори

$$\Delta M = M_1 - M_2 = (17,2 - 4,0) \text{ мг} = 13,2 \text{ мг}.$$

$$6) \rho_2 = \frac{p_2 M}{RT_2} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3.$$

7) Кенгайнишдан кейин (аммо конденсацияланишдан олдин) сув буғининг zichлиги қуйидагига тенг:

$$\rho_3 = \frac{M_1}{V_2} = \frac{17,2 \cdot 10^{-4}}{1,25 \cdot 10^{-3}} \text{ кг/м}^3 = 13,7^{-3} \text{ кг/м}^3.$$

У вақтла ўта тўйиниш даражаси $s = \frac{\rho_3}{\rho_2} = \frac{13,7 \cdot 10^{-3}}{3,2 \cdot 10^{-3}} = 4,3.$

7.11. $V_c = 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг} = 1 \text{ см}^3/\text{г}, V_6 = 1,25 \text{ м}^3/\text{кг} = 1,25 \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{г}.$

7.12. Буғланиш процеснда иссиқлик молекулалар ўзаро таъсир кучини енгиш ишига сарф бўлибгина қолмасдан, ташқи босимга қарши кенгайиш ишига ҳам сарф бўлади. Шундай қилиб, термодинамиканинг биринчи қонунига асосан қуйидагига эга бўламиз:

$$r_0 = \Delta W + A, \tag{1}$$

бунда r_0 — молекуляр буғланиш иссиқлиги, ΔW — буғланишда молекулаларнинг ўзаро таъсир ички энергиясининг ўзгариши ва A — ташқи босимга қарши бажарилган иш.

$$A = p_T (V_2 - V_1), \tag{2}$$

буида p_T — буғланиш температурасидаги тўйинган буғнинг босими.

V_1 — бир киломоль сууюқликнинг ҳажми ва V_2 — бир киломоль буғнинг ҳажми. Демак, $V_1 = \frac{\mu}{\rho}$ бўлади, бунда μ — бир киломоль сувнинг массаси ва ρ — сувнинг zichлиги. У вақтда $V_1 = \frac{18 \text{ кг/кмоль}}{1000 \text{ кг/м}^3} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кмоль}.$

Шартга кўра $\frac{M}{\mu} = 1 \text{ кмоль}$ бўлганлиги учун, Менделеев — Клапейрон тенгламасидан $V_2 = \frac{RT}{p_T}$ Температура $t = 200^\circ\text{C}$ ёки $T = 473^\circ\text{K}$

бўлганда (VI жадвалга қаранг) $p_T = 15,3 \text{ атм} = 15,3 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$

ва $V_2 = \frac{RT}{p_T} = 2,5 \text{ м}^3/\text{кмоль}.$

Буғланишда молекулаларнинг ўзаро таъсир кучи ички энергиясининг ўзгариши Ван-дер-Ваальс тенгламасига мос қолади деб ҳисоблаб, қуйидагига эга бўламиз (6.18-масалага қаранг):

$$\Delta W = \frac{a(V_2 - V_1)}{V_1 \cdot V_2}, \tag{3}$$

буида $a = \frac{27T^2 R^2}{64\rho_k} = 5,56 \cdot 10^8 \text{ н} \cdot \text{м}^4/\text{кмоль}^2.$ $V_1 \ll V_2$ бўлганлиги учун

(1), (2) ва (3) дан қуйидагини оламиз: $r_0 = \frac{a}{V_1} + p_T V_2 = \frac{a\rho}{\mu} + RT = (3,1 + 0,4) \cdot 10^7 \text{ ж/кмоль} = 3,5 \cdot 10^7 \text{ ж/кмоль}.$ У вақтда солиштирма

буғланиш иссиқлиги $r = \frac{r_0}{\mu} = 1,94 \cdot 10^6 \text{ ж/кг} = 465 \text{ кал/г}.$

VII жадвалдан $t = 200^\circ\text{C}$ температурада солиштирма буғланшнинг қиймати $r = 464$ кал/г га тенг. Шундай қилиб, Ван-дер-Ваальс тенгламаси, бинобарин, ва (3) формула тахминий формула бўлишига қарамасдан, натижалар жуда яхши мос келади.

$$7.13. \quad x = \frac{\Delta W}{r_0} = \frac{r_0 - A}{r_0} = 1 - \frac{RT}{r_0} = 92,4\%.$$

$$7.14. \quad \Delta W = 7,22 \cdot 10^3 \text{ ж.}$$

7.15. Клаузиус — Клапейрон тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{r_0}{T(V_6 - V_c)} \quad (1)$$

Тўйинган буғ Менделеев — Клапейрон тенгламасига бўйсунди деб ҳисобласак, 1 кмоль учун $V_6 = \frac{RT}{p}$ бўлади. 5°C температурада $p = 6,54$ мм сим уст. бўлганлигидан (VI жадвалга қаранг), $V_6 = 2,65 \cdot 10^3$ м³/кмоль эканлигини топиш қийин эмас. Бундан ташқари $V_c = \frac{\mu}{\rho} = 18 \cdot 10^{-3}$ м³/кмоль. Шундай қилиб, $V_c \ll V_6$ бўлганлиги учун (1) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{r_0 p}{RT^2} \quad (2)$$

ёки

$$\frac{dp}{p} = \frac{r_0}{R} \cdot \frac{dT}{T^2}.$$

Жуда катта бўлмаган температура интервали ($T_2 - T_1$) да буғланш иссиқлиги r_0 ни ўзгармас ҳисоблаш мумкин ва у вақтда (2) тенгламани интеграллаб қуйидагини оламиз:

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{r_0 (T_2 - T_1)}{RT_1 \cdot T_2} \quad (3)$$

бундан

$$r_0 = \frac{RT_1 \cdot T_2 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}}{T_2 - T_1} \quad (4)$$

(4) формулада p_1 ва p_2 — температуралари T_1 ва T_2 га тенг бўлган тўйинган буғнинг босимлари. Масаллада $t = 5^\circ\text{C}$ температурада r_0 нинг қийматини топиш сўралади. Шунинг учун T_1 ва T_2 катталиклар учун $t_1 = 4^\circ\text{C}$ ва $t_2 = 6^\circ\text{C}$ қийматларни олиш мумкин. Унда, VI жадвалда берилганларга асосан, $p_1 = 6,10$ мм сим. уст., $p_2 = 7,01$ мм сим. уст. ва $\frac{p_2}{p_1} = 1,15$ эга бўламиз. Берилганларнинг сон қийматларини (4) га қўйиб,

қуйидагини оламиз. $r_0 = \frac{8,31 \cdot 10^3 \cdot 277 \cdot 279 \cdot \ln 1,15}{2} \text{ ж / кмоль} = 45 \times 10^6 \text{ ж / кмоль} = 10,7 \cdot 10^3 \text{ ккал / кмоль}$. Бундан солиштирма буғланш иссиқлиги $r = \frac{r_0}{\mu} = 595$ кал/г. VII жадвалда берилганларга асосан

$r = f(t)$ графикни тузиб, ундан $t = 5^\circ\text{C}$ да r нинг қиймати 592 кал/г га тенг эканлигига ишонч ҳосил қилиш қийин эмас ва бу топилган қиймат билан яхши мос тушади.

7.16. $r = 72,2 \text{ кал/г}$. 7.17. $p = 650 \text{ мм сим. уст.}$

7.18. $\Delta S = 2,86 \text{ ж/град} = 0,683 \text{ кал/град}$. 7.19. $4,5 \text{ мм сим. уст. га.}$

7.20. $p = 7 \cdot 10^{-4} \text{ мм сим. уст. босимгача, яъни } 15^\circ\text{C}$ температу-
радаги симоб бугиннинг босимгача.

7.21. Маълумки $\rho_0 = \frac{M}{V_0}$ ва $\rho = \frac{M}{V}$. Аммо $V = V_0(1 + \beta t)$ бўл-

ганлиги учун натижада $\rho = \frac{\rho_0}{1 + \beta t}$. Масаллада берилганларнинг сон қийматларини ўринга қўйсак, $\rho = 1,29 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3 = 12,9 \text{ г/см}^3$ бўлади.

7.22. $t = 222^\circ\text{C}$.

7.23. $\rho = 1055 \text{ кг/м}^3$.

7.24. $\Delta p = \frac{\beta \Delta t}{k} = 1,4 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2 = 13,8 \text{ атм.}$

7.25. $k = 3,9 \cdot 10^{-6} \text{ атм}^{-1}$. 7.26. $\Delta h = 16,4 \text{ мм.}$

7.27. $\Delta t = \frac{h(1 + \beta t)}{(L - h)\beta} = 56^\circ$.

7.28. $M = 0,884 \text{ кг.}$

7.29. Симоб ва шишанинг ҳажм кенгайиш коэффициентларини мос равишда β_1 ва β_2 лар билан белгилаймиз. Иситилганда идишнинг ҳажми кенгайиб, $V = V_0(1 + \beta t)$ бўлиб қолсин. Иситилганда симобнинг зичлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{V_0(1 + \beta t)} \quad (1)$$

Иккинчи томондан (7.21-масаланинг ечилишига қаранг),

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \beta_1 t} = \frac{M_0}{V_0(1 + \beta_1 t)} \quad (2)$$

(1) ва (2) ни тенглаштириб M ни топамиз

$$M = \frac{M_0(1 + \beta_2 t)}{1 + \beta_1 t} = 0,887 \text{ кг.}$$

7.33. $\beta_x = 7 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$.

7.31. $x = \frac{\beta - \beta'}{\beta} = 5\%$. бунда β ва β' шишанинг кенгайишини назарга олган ва олмаган ҳолда топилган мойнинг ҳажм кенгайиш ко-
эффициентлари.

7.32. 765 мм сим. уст.

7.33. 1) Ҳалқани сув сиртидан ажраташ учун зарур бўлган куч ҳалқа оғирлиги билан сирт таранглик кучларининг йиғиндисига тенгдир,

яъни $F = F_1 + F_2$. Ҳалқанинг оғирлиги $F_1 = \rho h \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) g = 40,0 \times 10^{-3} \text{ н}$. Ҳалқа ажратилганда сирт пардаси ҳалқанинг икки — сирт-
қи ва ички айланаси бўйлаб узилади, шунинг учун сирт таранглик ку-
чи $F_2 = \pi \alpha (d_1 + d_2) = 23,5 \cdot 10^{-3} \text{ н}$. Шундай қилиб, $F = 63,5 \cdot 10^{-3} \text{ н}$.

$$2) x = \frac{F_2}{F_1} = 37\%.$$

$$7.34. \alpha = 32,4 \cdot 10^{-3} \text{ н/м. } 7.35. 1) d = 1,2 \text{ мм, } 2) l = 5 \text{ см.}$$

7.36. Томчининг узлиши пайтида, унинг оғирлиги $l = 2\pi r$ узунликдаги пардани йиртиши керак, бунда r — томчи бўйинчасининг радиуси бўлиб, у пайнинг радиусига тенгдир. Бундан томчининг оғирлиги $P = 2\pi r \alpha = \pi d \alpha$; M грамм спиртда N та томчи бўлса, шу билан бир-

га $N = \frac{Mg}{P} = \frac{Mg}{\pi \cdot d \cdot \alpha}$ бўлади. Масалада берилган сон қийматларни ўрнига қўйсақ, $N = 780$ томчи эканини топамиз. Шартга кўра томчилар 1 сек да бири кетидан иккинчиси узилганлигидан, спирт $t = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ сек} = 13 \text{ мин}$ давомида тўлиқ оқиб бўлади.

$$7.37. \alpha = 59 \cdot 10^{-3} \text{ н/м. } 7.38. 34 \text{ см га}$$

$$7.39. R = \sqrt[3]{\frac{3r\alpha}{2\rho g}} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2,2 \text{ мм.}$$

7.40. Икки томчи симоб қўшилганда ажраладиган энергия $\Delta W = \alpha \Delta S$ бўлиб, бунда ΔS — сирт юзининг ўзгариши; $\Delta S = 4\pi r^2 \cdot 2 - 4\pi R^2$, бунда r — кичик томчининг радиуси, R — катта томчининг радиуси. Катта томчининг ҳажмини қўшилган томчилар ҳажмларининг йиғиндисига тенглаштириб, катта томчининг R радиусини топамиз: $2 \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 =$

$$= \frac{4}{3} \pi R^3, \text{ бундан } R = r \sqrt[3]{2}$$

Унда

$$\Delta S = 4\pi r^2 (2 - \sqrt[3]{4}) \text{ ва} \\ \Delta W = \alpha \cdot \Delta S = \alpha \cdot 4\pi r^2 (2 - \sqrt[3]{4}). \quad (1)$$

Бу ажралган энергия симоб томчисини иситишга сарфланади, демак,

$$\Delta W = cm \cdot \Delta t = c\rho \frac{4}{3} \pi R^3 \Delta t = c\rho \frac{8}{3} \pi r^3 \Delta t. \quad (2)$$

(1) ва (2) ни тенглаштириб, натижада қуйидагини оламиз:

$$\Delta t = \frac{3\alpha (2 - \sqrt[3]{4})}{c\rho 2r}. \quad (3)$$

Берилган сон қийматларни (3) га қўйсақ, $\Delta t = 1,65 \cdot 10^{-4} \text{ град}$ бўлади.

$$7.41. A = 1,47 \cdot 10^{-5} \text{ ж. } 7.42. A = 6,4 \cdot 10^{-6} \text{ ж. } 7.43. A = 2,16 \cdot 10^{-4} \text{ ж}$$

7.44. Пуфақчадаги ҳавонинг босими атмосфера босими p_1 , сувнинг гидростатик босими $p_2 = \rho g h$ ва сирт эгрилигидан вужудга келган босим $p_3 = \frac{2\alpha}{r} = \frac{4\alpha}{d}$ йиғиндисидан иборат бўлади. Шундай қилиб, $p =$

$= p_1 + \rho g h + \frac{2\alpha}{r}$ бўлади. Бизда $p_1 = 765 \text{ мм смм. уст.}$, $p_2 = 1970 \text{ н/м}^2 = 11,7 \text{ мм смм. уст.}$ ва $p_3 = 2,92 \cdot 10^4 \text{ н/м}^2 = 219 \text{ мм смм. уст.}$ Шундай қилиб, пуфақчадаги ҳавонинг босими $p = 999 \text{ мм смм. уст.}$ га тенг.

7.45. $D = \frac{8\alpha}{\Delta\rho} = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2,6 \text{ мм.}$ 7.46. $h = 4,9 \text{ мм.}$

7.47. 4,4 марта.

7.48. Менискининг R радиуси найнинг r радиусига қуйидагича боғланган (92-расм): $r = R \cos \varphi = R \cos (180^\circ - \theta) = -R \cos \theta$, бунда θ — четки бурчак. Менискининг эгрилиги туфайли

вужудга келган қўшимча босим $\Delta p = -\frac{2\alpha \cos \theta}{r}$.

Симоб учун $\theta > \frac{\pi}{2}$, яъни $\cos \theta < 0$ бўлганлигидан, бу қўшимча босим мусбат бўлиб, капиллярдаги симоб сатҳининг баландлиги идишдагига қараганда пастроқда бўлади. Сатҳлар баландликларининг фарқи

$\Delta h = -\frac{4\alpha \cos \theta}{\rho g d}$. Бундан $-\cos \theta = \frac{\Delta h \rho g d}{4\alpha}$. Сон

қийматларни ўрнига қўйсақ, $-\cos \theta = 0,740$ га тенг бўлади. Демак, симоб менискининг эгрилик радиуси



92-расм.

$R = -\frac{r}{\cos \theta} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2 \text{ мм.}$

7.49. 1) $R = 0,53 \text{ мм.}$ 2) $\Delta h = 2,98 \text{ см.}$

7.50. $h = 13,9 \text{ мм.}$

7.51. 1) $d = 1,5 \text{ мм.}$ 2) $d = 8,8 \text{ мм.}$

7.52. $\Delta h = 7,5 \text{ мм.}$ 7.53. $d = 0,15 \text{ мм.}$ 7.54. $\alpha = 0,07 \text{ н/м.}$

7.55. $p = p_0 + \frac{2\alpha}{r} = 102,2 \cdot 10^3 \text{ н/м}^2 = 767 \text{ мм смм. уст.}$

7.56. Капилляр сувга ботирилмасдан олдинги унинг ичидаги ҳавонинг босимини p_0 ва ҳажминини V_0 билан, капилляр сувга ботирилган, дан кейинги унинг ичидаги босимини p_1 ва ҳажминини V_1 билан белгилаймиз. Бойль—Мариотт қонунига асосан

$$p_0 V_0 = p_1 V_1. \quad (1)$$

(1) тенгламада $p_1 = p_0 + \frac{2\alpha}{r}$, $V_0 = S h_0$, бунда S — капиллярнинг кесим юзи ва h_0 — унинг узунлиги; $V_1 = S h_1$, бунда h_1 — сувоқликка ботирилган найнинг чиқиб турган қисмининг узунлиги. Бу катталикларни (1) формулага қўйсақ, $p_0 h_0 = \left(p_0 + \frac{2\alpha}{r}\right) h_1$ бўлади, бундан

$$r = \frac{2\alpha h_1}{p_0 (h_0 - h_1)}. \quad (2)$$

Шартга кўра $\frac{h_0 - h_1}{h_0} = 0,015$ ёки $\frac{h_1}{h_0 - h_1} = 67,5$. Масалада берилган сон қийматларни (2) га қўйсақ, $r = 10^{-6} \text{ м} = 0,1 \text{ мм}$ бўлади.

7.57. а) $h = 755$ мм ва б) $h = 757$ мм. Шундай қилиб, агар най ингичка бўлса, атмосфера босимини симоб устуни баландлиги h га қараб бевосита аниқлаб бўлмайди, чунки симоб устуни босимига найдаги симоб қавариқ менискнинг босими ҳам қўшилади.

7.58. Симоб устунининг баландлигига 2 мм қўшиш керак.

$$7.59. \quad x = \frac{H-h}{h} = 0,4\%; \quad 2) \quad x = \frac{H-h}{h} = 0,2\%.$$

7.60. Игна сув сиртида чуқмай сузиб юриши учун унинг оғирлигидан таян юзига тушадиган босим суюқлик сиртининг игна остидаги ботиқлик эгрилигидан вужудга келадиган ва юқорига қараб йўналган босимдан ўртмаслиги керак (Архимед қонунига биноан оғирликнинг камайиши ҳисобга олинмасин). Игнанинг сувга берган босими $p_1 =$

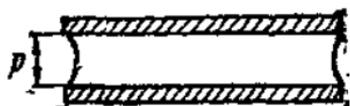
$= \frac{mg}{l \cdot d} = \frac{V \rho g}{l \cdot d} = \frac{\rho l d g}{4}$, бунда d — игнанинг диаметри, l — унинг узунлиги ва V — унинг ҳажми. Сирт эгрилигидан вужудга келган босим Лаплас формуласи $p_2 = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$ дан аниқланади. Бизнинг ҳолда суюқликнинг сирти изиандрак бўлиб $R_1 = \infty$ ва $R_2 = r$ — игна радиуси. Унда $p_2 = \frac{\alpha}{r} = \frac{2\alpha}{d}$ бўлади. $p_1 < p_2$ бўлганлигидан, $\frac{\rho l g h}{4} < \frac{2\alpha}{d}$ бў-

лади, бундан $d < \sqrt{\frac{8\alpha}{\rho g h}}$. Масаллада берилган сон қийматларни ўрнига қўйсақ, $d < 1,8$ мм бўлади.

7.61. Йўқ. 7.62. $d = 0,5$ мм. 7.63. $M = 1,22$ кг.

7.64. $27,5 \cdot 10^{-6}$ кг.

7.65. Пластинкалар ўртасидаги ҳўлловчи суюқликнинг сирти эгрилик радиуси $R = \frac{d}{2}$ бўлган цилиндрик шаклга эга, бунда d — пластинкалар орасидаги масофа (93-расм). Унда цилиндрик ботиқ сиртининг остидаги қўшимча манфий босим $p = \frac{\alpha}{R} = \frac{2\alpha}{d}$



93-расм.

бўлади. p — катталиқ пластинкаларнинг S юзига таъсир қилувчи ташқи босимга қўшимча босимдир. Демак, пластинкаларни бир-бирдан ажратиш учун қўйилши керак бўлган куч

$$F = pS = \frac{2\alpha}{d} S = \frac{2 \cdot 0,073 \cdot 1,08 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-2}} \cdot 10^{-2} = 31,5 \text{ н} = 3,2 \text{ кг}.$$

7.66. $\rho = 790$ кг/м³. 7. 67. $\alpha = 0,5$ н/м.

7.68. Капилляр вертикал вазиятда бўлганда, юқориги менискнинг ботиқ сиртидан ҳосил бўлган босим ҳар доим юқорига йўналган ва $p_1 = \frac{2\alpha}{R_1}$ га тенг бўлади, бунда R_1 юқориги менискнинг эгрилик радиуси,

суққлик тўла ҳўлловчи бўлса $p_1 = \frac{2\alpha}{r}$ бўлади, бунда r — капиллярнинг радиуси. Суюқлик устунининг гидростатик босими эса ҳар доим пастга йўналган ва $p_2 = \rho g h$ га тенг бўлади. Агар $p_1 > p_2$

бўлса, натижаловчи босим юқорига йўналган бўлиб, пастки менискни ботиқ бўлишига сабаб бўлади. Бунда пастки менискнинг эгрилигидан ҳосил бўлган босим p_2 пастга йўналган ва $p_2 = \frac{2\alpha}{R_2}$ га тенг бўлади, бунда R_2 — пастки менискнинг эгрилиқ радиуси. Мувозанатда

$$p_1 = p_2 + p_3. \quad (1)$$

Агар $p_1 < p_2$ бўлса, натижаловчи босим пастга йўналган бўлиб, пастки мениск қавариқ бўлади. Бунда $p_2 = \frac{2\alpha}{R_2}$ босим юқорига йўналган бўлади. Бу ҳолда

$$p_1 + p_3 = p_2. \quad (2)$$

ниҳоят,

$$p_1 = p_2. \quad (3)$$

бўлса, пастки мениск ясси ва $p_2 = 0$ бўлади. Масаллада берилган сон қийматлардан фойдаланиб, қуйидагиларни топиш осон:

1) $R_1 = 0,5$ мм ва $R_2 = -1,52$ мм,

2) $R_1 = 0,5$ мм ва $R_2 = 1,46$ мм,

3) $R_1 = 0,5$ мм ва $R_2 = \infty$.

7.69. $M = 2,2 \cdot 10^{-4}$ кг.

7.70. 1) $h = 11,5$ мм; 2) $h = 12,9$ мм; 3) $h = 17,2$ мм (7.68-масаланинг ечилишига қаранг).

7.71. 1) $\Delta h = 6,8$ мм; 2) $\Delta h = 8,5$ мм; 3) $\Delta h = 17$ мм; $\Delta h = 23,8$ мм. $\Delta h > 23,8$ мм бўлганда суюқлик найдан оқа бошлайди.

7.72. Агар капилляр етардича узун бўлса, унда сув $h = 2,98$ см баландликкача кўтарилишига ишонч ҳосил қилиш қийин эмас. Лекин капиллярнинг баландлиги $h_1 < h$. Менискнинг эгрилиги туфайли ҳосил бўлган p_1 босим менискдан юқорига йўналган ва $p_1 = \frac{2\alpha}{R}$ га ва гидростатик босим эса $p_2 = \rho gh_1$ га тенг. Ихтиёрий h_1 баландлик учун

$$\rho gh_1 = \frac{2\alpha}{R}$$

бўлади. Масаллада берилган сон қийматларни ўринга қўйсақ, $R = 0,75 \times 10^{-2}$ м ни оламиз.

7.73. Суюқликда сузиб юрган ареометрга қуйидаги кучлар: пастга йўналган ареометрнинг оғирлиги P , суюқлик тўла ҳўлловчи бўлган ҳолда пастга йўналган таранглик кучи (тўла ҳўлламовчи бўлганда эса юқорига йўналган)

$$f_1 = 2\pi r \alpha = \pi d \alpha, \quad (1)$$

ва юқорига йўналган

$$f_2 = \rho g (V + Sh) \quad (2)$$

га тенг Архимед кучи таъсир қилади. (2) да ρ — суюқлик зичлиги, V — ареометр цилиндрик қисмининг ҳажми, S — ареометр найининг кўндаланг кесим юзи ва h — цилиндрик найининг суюқликка ботган қисмининг узунлиги. Ареометр мувозанатда бўлганда

$$P + f_1 = f_2. \quad (3)$$

Бир нечта спирт томчисидан сувнинг эңчилигини ўлгармаган ҳисоблаб, (1), (2) ва (3) га асосан сув учун

$$P + d\alpha x_1 = \rho g (V + Sh_1), \quad (4)$$

спирт учун эса

$$P + d\alpha x_2 = \rho g (v + Sh_2) \quad (5)$$

тенгламаларни ёзиш мумкин. (4) ва (5) дан қуйидагини олиш осон:

$$\Delta h = \frac{4\Delta\alpha}{\rho g d} = \frac{4 \cdot (73 - 20) \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 9,81 \cdot 9 \cdot 10^{-3}} \text{ м} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2,4 \text{ мм.}$$

7.74. Ареометр $\Delta h = 3,5$ мм га кўтарилади.

7.75. $T = 313^\circ\text{K}$ ёки $t = 40^\circ\text{C}$. 7.76. 1000 та молекула.

7.77. $\rho = 2,9 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$. 7.78. $M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$.

7.79. 1) $\alpha = 55\%$; 2) $4 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. 7.80. $\rho = 92,1 \text{ мм ссм. уст.}$

7.81. $\rho = 147,6 \text{ мм ссм. уст.}$

7.82. 50 та молекула.

7. 83. Модданинг 1 килои ни аниқлаш учун Рауль қонунини қўллаш мумкин. Ҳақиқатан ҳам Рауль қонунини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\frac{p_0}{p_0 - p} = \frac{z}{z'} + 1$$

ёки

$$\frac{p_0}{p_0 - p} - 1 = \frac{p}{p_0 - p} = \frac{z}{z'} \quad (1)$$

Бунда $z = \frac{M}{\mu}$ ва $z' = \frac{M'}{\mu'}$ эқалигини билган ҳолда (1) дан қуйидагини олиш осон:

$$\mu' = \mu \frac{M'}{M} \cdot \frac{p}{p_0 - p} \quad (2)$$

Бунда M — эритувчининг массаси, μ — эритувчининг бир киломоль массаси, M' — эритилган модданинг массаси ва μ' — эритилган модданинг бир киломоль массаси. Масалада берилган сон қийматларни ўрнига қўйсақ, $\mu' = 92 \text{ кг/кмоль}$ ни олаемиз.

7.84. $\rho = 9,25 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$.

8-§. Қаттиқ jismlar

8.1. Клаузиус — Клапейрон тенгласидан

$$\Delta T = \frac{\Delta p T \cdot (V_c \cdot V_k)}{q_0} \quad (1)$$

Иккинчи томондан энтропиянинг ўлгарини

$$\Delta S = \frac{m\lambda_0}{T} = \frac{\nu q_0}{T} \quad (2)$$

бунда λ_0 — солиштирма эриш иссиқлиги ва q_0 — молекуляр эриш иссиқлиги, m — масса ва ν — киломольлар сон. (1) ва (2) дан қуйидагига эга бўламиз:

$$\Delta T = \frac{\Delta p (V_c - V_k) \nu}{\Delta S} \quad (3)$$

Бизда $V_c = \frac{\mu}{\rho_1} = \frac{18}{1100} \text{ м}^3 = 18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, $V_k = \frac{\mu}{\rho_2} = \frac{18}{900} \text{ м}^3 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$,
 $\nu = 1 \text{ кмоль}$, $\Delta S = 22,2 \cdot 10^3 \text{ ж/град}$ ва $\Delta p = 10^5 \text{ н/м}^2$ га тенг. Берилган сон қийматларни (3) га қўйсак, $\Delta T = 0,009^\circ$ келиб чиқади.

8.2. $\Delta S = 15,8 \cdot 10^3 \text{ ж/град}$. 8. 3. $1,03 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \text{ га}$.

8.4. 1) $390 \text{ ж/кг} \cdot \text{град}$; 2) $450 \text{ ж/кг} \cdot \text{град}$; 3) $930 \text{ ж/кг} \cdot \text{град}$.

8.5. Шарча материалнинг бир кг-атоми 107 кг/кг-атом га тенг чиқади, демак, шарча кумушдан ясалган.

8.6. 7,2 марта. 8.7. 66° га .

8.8. Жипслаштирилган мис ва темир пластшкалар орқали ўтган иссиқлик миқдори қуйидаги формуладан аниқланади:

$$Q = \lambda \frac{t_1 - t_x}{d_1} \cdot S \cdot t = \lambda_2 \frac{t_x - t_2}{d_2} \cdot S \cdot t,$$

бунда

$$t_x = \frac{\lambda_1 t_1 d_2 + \lambda_2 t_2 d_1}{\lambda_1 d_2 + \lambda_2 d_1}.$$

Масалада берилган сон қийматларни ўрнига қўйсак, $t_x = 34,5^\circ \text{C}$ келиб чиқади.

8.9. $\lambda = 1,28 \text{ вт/м} \cdot \text{град} = 1,1 \text{ ккал/м} \cdot \text{соат} \cdot \text{град}$.

8.10. $Q = 1,9 \cdot 10^5 \text{ ж}$. 8.11. 1) 2 кал/сек ; 2) 60 г .

8.12. $Q = 11,7 \text{ ж}$. 8.13. 106°C . 8. 14. $28,4 \text{ соат}$ ўтгач.

8.15. Стержень 0°C дан $t^\circ \text{C}$ гача қиздирилганда

$$\Delta l = l - l_0 = l_0 \alpha t \quad (1)$$

га узаяди, стержень узаймаслиги учун унга $F = \frac{\Delta l \cdot E \cdot S}{l_0}$ куч қўйилиши керак,

$$\Delta l = \frac{l_0 F}{ES}, \quad (2)$$

бунда E — стержень материалнинг Юнг модули ва S — унинг кўндаланг қесимининг юзи. (1) ва (2) формулалардан $F = ES \alpha t$ эканини топамиз. Масалада берилган сон қийматларни ўрнига қўйсак, $F = 7,1 \times 10^4 \text{ н}$ келиб чиқади.

8.16. $P = 149 \text{ н}$. 8.17. 20°C да. 8.18. $a = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$.

8.19. Пулат стержень учун

$$l_1 = l_{01} (1 + \alpha_1 t) = l_{01} + l_{01} \cdot \alpha_1 \cdot t \quad (1)$$

ва мис стержень учун

$$l_2 = l_{02} (1 + \alpha_2 t) = l_{02} + l_{02} \cdot \alpha_2 t \quad (2)$$

ни ёзамиз. Шартга кўра

$$l_1 - l_2 = L \quad (3)$$

ва

$$l_{01} - l_{02} = L, \quad (4)$$

бунда $L = 5$ см. (1) дан (2) ни айириб (3) ва (4) шартларни назарда тутсак, қуйидагини оламиз:

$$a_1 l_{01} = a_2 l_{02}. \quad (5)$$

(4) ва (5) тенгламалардан 0°C даги стерженларнинг узунлигини топиш қийин эмас:

$$l_{02} = \frac{La_1}{a_2 - a_1} = 11 \text{ см}, \quad l_{01} = l_{02} + L = 16 \text{ см}.$$

8.20. 1,02 марта. 8.21. $2,94 \cdot 10^7$ н/м².

8.22. $d = 4,0 \cdot 10^{-3}$ м. 8. 23. $l = 2900$ м.

8.24. $l = 180$ м. 8.25. $l = 11,9$ км.

8.26. 1) 250 кг; 2) 4 см га; 3) йўқ, чунки солиштирма оғирлик эластиклик чегарасидан кичикдир.

8.27. $\alpha = 75^\circ 30'$. 8.28. 3,4 айл/сек.

8.29. Берилган ҳолда, стерженга таъсир қилувчи марказдан қичирма куч

$$F = \int_0^l r\omega^2 dm,$$

бунда l — стерженнинг узунлиги, ω — айланма ҳаракатнинг бурчак теълиги, r — масофа dm элементар массадаан айланиш ўқиғача бўлган оралик. Бир жишли стержень учун $dm = \rho S dr$, бунда ρ — стержень материалнинг зичлиги ва S — унинг қўндаланг кесим юзи. Интегрални ечиб, қуйидагини оламиз:

$$F = \frac{\rho S \omega^2 l^2}{2},$$

бундан секундига айланишлар сонининг чегараси

$$v = \frac{1}{\pi l} \sqrt{\frac{F}{2\rho S}} = 38 \text{ айл/сек}.$$

8.30. $p = 5,7 \cdot 10^6$ н/м².

8.31. Гук қонунига асосан $\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E} p_k = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S}$, бундан

$$F = \frac{SE}{l} \cdot \Delta l, \quad (1)$$

лекин эластик куч учун

$$F = k\Delta l, \quad (2)$$

(1) ва (2) ни тенглаштирак

$$k = \frac{SE}{l}. \quad (3)$$

У вақтда

$$A = \frac{k\Delta l^2}{2} = \frac{SE\Delta l^2}{2l}. \quad (4)$$

(1) формуладан Δl ning қийматини ҳисоблаб ва қолган берилган сон қийматларни (4) га қўйсак, натижада $A = 0,706$ ж келиб чиқади.

8.32. $E = 2,94 \cdot 10^6$ н/м².

8.33. Шлангини Δl га узайтириш учун

$$E = \frac{1}{\alpha} S \cdot \frac{\Delta l}{l} \quad (1)$$

кучни қўйиш талаб қилинади. Бунда шлангининг ички диаметри $\Delta d = \rho d_0 \frac{F}{S}$ га кичраяди. Лекин (1) формуладан $\frac{F}{S} = \frac{\Delta l}{\alpha l}$. Демак, $\Delta d = \rho d_0 \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma d_0 \cdot \Delta l}{l}$ бўлади, бунда $\sigma = \frac{\beta}{\alpha}$ — Пуассон коэффициент. Масалада берилган сон қийматларни ўрнига қўйсак, $\Delta d = 1$ мм эканлигини топамиз, демак $d_2 = d_0 - \Delta d = 9$ мм.

8.34. $x = 0,3$ м. 8.35. $M = 2,26 \cdot 10^{-2}$ н.м.

8.36. Ингичка ипнинг буралиш momenti $M = \frac{\pi d^4 \varphi N}{2L \cdot 16}$ бўлиб, шу

билан бирга $\text{tg } 2\varphi = \frac{l}{D}$. Бурчак φ жуда кичик бўлганида $\text{tg } \varphi = \varphi$ дейиш мумкин ва унда $\varphi = \frac{l}{2D} = \frac{32LM}{\pi N d^4}$ бўлади. Бундан $M = \frac{\pi N d^4}{64DL} = 1,96 \cdot 10^{-13}$ н.м.

8.37. Симни $d\varphi$ бурчакка бурашда қўйидаги иш бажарилиши керак:

$$dA = M \cdot d\varphi,$$

бунда M — буралиш momenti. $M = \frac{\pi N r^4 \varphi}{2L}$ бўлганлигидан

$$A = \int_0^{\varphi} \frac{\pi N r^4 \varphi}{2L} d\varphi = \frac{\pi N r^4 \varphi^2}{4L}.$$

Масалада берилган сон қийматларни ўрнига қўйсак, $A = 1,25 \cdot 10^{-12}$ ж келиб чиқади. Бу иш буралган симнинг потенциал энергиясига айланади.

8.38. $1,74 \cdot 10^{-2}$ м га.

8.39. Пуассон коэффициент $\sigma = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\frac{\Delta r}{r}}{\frac{\Delta l}{l}}$, бунда r — симнинг радиуси ва l — унинг узунлиги. Симнинг чўзилишгача бўлган ҳажми $V_1 = \pi r^2 l$ ва чўзилишдан кейинги V_2 ҳажми:

$$V_2 = \pi (r - \Delta r)^2 (l + \Delta l).$$

Агар чўзилишда ҳажм ўзгармаган бўлса, унда $\pi r^2 l = \pi (r - \Delta r)^2 (l + \Delta l)$. Қавсни очиб, Δr ва Δl катталикларнинг квадратлари ҳисобга олинмаса, $\pi r^2 \Delta l = 2\pi r \Delta r \cdot l$ бўлади, бундан $\sigma = 0,5$.

8.40. Сиқилмаган стерженьнинг zichлиги $\rho_1 = \frac{m}{V_1}$, бунда $V_1 = \pi r^2 l$.

Сиқилган стерженьнинг zichлиги $\rho_2 = \frac{m}{V_2}$, бунда $V_2 = \pi (r + \Delta r)^2 (l - \Delta l)$.
Демак, zichликнинг ўзгариши

$$\Delta \rho = \rho_2 - \rho_1 = m \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right) = \frac{m \cdot \Delta V}{V_2 V_1}.$$

Сиқилиш унча катта бўлмаганлигидан, $V_2 \cdot V_1 = V_1^2$, яъни $\Delta \rho = \frac{m \cdot \Delta V}{V_1^2}$ дейиш мумкин. Унда zichликнинг нисбий ўзгариши $\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta V}{V_1}$

бўлади. Ҳажмининг ўзгариши $\Delta V = \pi r^2 l - \pi (r + \Delta r)^2 (l - \Delta l)$ ни топамиз. Қавсни очиб, Δr ва Δl катталикларининг квадратини ҳисобга олма-
масак, $\Delta V = V_1 \frac{\Delta l}{l} (1 - 2\sigma)$ га эга бўламиз, бунда σ — Пуассон коэф-

фициенти. Унда $\frac{\Delta \rho}{\rho_1} = \frac{\Delta V}{V_1} = \frac{\Delta l}{l} (1 - 2\sigma)$ бўлади. Гук қонунига асосан

$\frac{\Delta l}{l} = \frac{p_k}{E}$ бўлиб, натижада $\frac{\Delta \rho}{\rho_1} = \frac{p_k}{E} (1 - 2\sigma)$. Бизда $p_k = 10^3 \text{ кг/см}^2 = 9,81 \cdot 10^7 \text{ н/м}^2$, $E = 1,18 \cdot 10^{11} \text{ н/м}^2$ ва $\sigma = 0,34$. Бу қийматларини ўр-
нига қўйсак, $\frac{\Delta \rho}{\rho_1} = 0,027$ келиб чиқади.

8.41. 1 м.м^3 га.

III БОБ

ЭЛЕКТР ВА МАГНЕТИЗМ

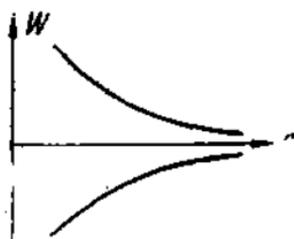
9- §. Электростатика

9.1. $F = 9,23 \cdot 10^{-8}$ н. 9.2. $r = 8,94 \cdot 10^{-2}$ м. 9.4. $1,25 \cdot 10^{10}$ марта. 9.5. $F = 0,7$ н.

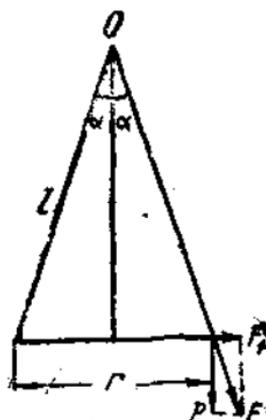
9.6. Шарчаларнинг электростатик энергияси $W_1 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$, уларнинг ўзаро гравитацион тортишиш энергияси $W_2 = \gamma \frac{m_1 m_2}{r}$. Шарт бўйича $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} = n \frac{\gamma m_1 m_2}{r}$, бунда $n = 10^6$. Бундан $q = \sqrt{n\epsilon_0\epsilon 4\pi\gamma m_1 m_2}$. Маълум сарфдаги ўсон қийматларини қўйиб,

$$q = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ к нн топилади.}$$

9.7. 1) $\frac{W_{эл}}{W_{гп}} = 4,17 \cdot 10^{42}$; 2) $\frac{W_{пр}}{W_{гп}} = 1,24 \cdot 10^{36}$.



94- расм.



95- расм.

9.8. 94- расмда иккита нуқтавий заряд энергияси W нинг улар орасидаги r масофага боғлиқлиги кўрсатилган.

9.9. $E = 5,04 \cdot 10^4$ в/м. 9.10. $q = -2,23 \cdot 10^{-9}$ К.

9.11. Зарядларнинг жойлашишига қараб: 1) $E = 0$; 2) $E = 6 \cdot 10^4$ в/м, 3) $E = 3 \cdot 10^4$ в/м.

9.12. $E = 0$. 9.13. $E = 1,12 \cdot 10^6$ в/м.

9.14. Иплар орасидаги бурчакни 2α билан белгилаймиз (95-расм). Ҳар бир шарчага икки куч: шарча оғирлиги P ва кулон итариши кучи F_1 таъсир қилади. Бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси F . Лекин

$F_1 = P \operatorname{tg} \alpha = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$ ва $\frac{r}{2} \sin \alpha$, унда охириги натижа,

$$P = \frac{F_1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon 4l^2 \sin^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

га тенг бўлади. Ҳар бир шарча $q = \frac{q_0}{2}$ зарядга эга. Сон қийматларини ўрнига қўйиб, $P = 0,157 \text{ н} = 1,6 \cdot 10^{-3}$ КГ эканлиги топилади.

9.15. $q = 1,1 \cdot 10^{-8}$ К.

9.16. Ҳаводаги шарча учун қуйидаги тенглама ўринлидир (9.14-масала ечилишига қаралсин):

$$P = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_1 4l^2 \sin^2 \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_1}. \quad (1)$$

Шарчалар керосинга ботирилганда ҳар бир шарчага Архимед кучи P_1 таъсир этади. Керосиндаги шарча учун:

$$P - P_1 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_2 4l^2 \sin^2 \alpha_2 \operatorname{tg} \alpha_2}. \quad (2)$$

(2) тенгликда

$$P - P_1 = (\rho_1 - \rho_2) V g, \quad (3)$$

бунда ρ_1 — шарча материалининг зичлиги, ρ_2 — керосиннинг зичлиги, V — шарча ҳажми, g — оғирлик кучининг тезланиши. (1), (2) ва (3) формулалардан

$$\frac{P - P_1}{P} = \frac{\sin^2 \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_1 \epsilon_1}{\sin^2 \alpha_2 \operatorname{tg} \alpha_2 \epsilon_2} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1},$$

буидан

$$\rho_1 = \rho_2 \frac{\sin^2 \alpha_2 \operatorname{tg} \alpha_2 \epsilon_2}{\sin^2 \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_1 \epsilon_1}.$$

Сон қийматларини ўрнига қўйиб, $\rho_1 = 2550 \text{ кг/м}^3$ ни оламан.

9.17. $\rho = \frac{\epsilon \rho_1}{\epsilon - 1}$. 9.18. $\alpha = 13^\circ$.

9.19. $\sigma = \frac{2\epsilon_0\epsilon \sqrt{F^2 - P^2}}{q} = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ К/м}^2$.

9.20. 1) $2 \cdot 10^{-5}$ н; 2) $12,6 \cdot 10^{-5}$ н; 3) $6,28 \cdot 10^{-5}$ н.

9.22. $E = 3,6 \cdot 10^{10}$ в/м. 9.23. $F = 3,4$ н.

9.24. 1) $\frac{F}{l} = 8,1 \text{ н/м}$; 2) $\frac{A}{l} = 0,112 \text{ ж/м}$.

9.25. $E = 3,12 \cdot 10^6$ в/м. Майдон иккала ип орқали ўтувчи текникка перпендикуляр йўналган.

$$9.26. \frac{F}{S} = 5,1 \cdot 10^3 \text{ н/м}^2.$$

9.27. Шарга учта куч: юқорига йўналган электр майдоннинг таъсир кучи F_1 , пастга йўналган оғирлик кучи P ва юқорига йўналган Архимед кучи F_2 таъсир этади. Мувозанат ҳолатда

$$P = F_1 + F_2; \quad (1)$$

ушунга билан бирга

$$P = mg = \rho_1 \frac{4}{3} \pi r^3 g, \quad (2)$$

бунда ρ_1 — миснинг зичлиги;

$$F_1 = Eq \quad (3)$$

ва

$$F_2 = \rho_2 \frac{4}{3} \pi r^3 g, \quad (4)$$

бунда ρ_2 — ёғ зичлиги. (1), (2), (3) ва (4) дан қуйидагини топамиз:

$$q = \frac{4\pi r^3 g (\rho_1 - \rho_2)}{3E} = 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ к.}$$

$$9.28. r = 4,4 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

9.29. Маълумки

$$E = \frac{\tau \sin \theta}{2\pi \epsilon_0 \epsilon a}, \quad (1)$$

шакл чиқиб, ундан

$$\sin \theta = \frac{L/2}{\sqrt{a^2 + (L/2)^2}} \quad (2)$$

муносабат топилади, бунда L — ип узунлиги ва a — ипдан текширила-
диган нуқтагача бўлган оралиқ. (2) ни (1) га қўйиб, қуйидаги топи-
лади:

$$E = \frac{\tau L}{4\pi \epsilon_0 \epsilon a \sqrt{a^2 + (L/2)^2}}. \quad (3)$$

1) Агар $a \ll L$ бўлса, унда $\sqrt{a^2 + (L/2)^2} \cong \frac{L}{2}$. У ҳолда (3) фор-
муладан $E = \frac{\tau}{2\pi \epsilon_0 \epsilon a}$ чексиз узун ипнинг майдон кучланганлиги келиб
чиқади.

2) Агар $a \gg L$ бўлса, унда $\sqrt{a^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2} \cong a$. Бундан ташқари
 $\tau L = q$ бўлиб, (3) формуладан $E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon a^2}$ нуқтавий заряднинг май-
дон кучланганлиги келиб чиқади.

9.30. $\frac{a}{L} = \frac{\sqrt{1 - (1 - \delta)^2}}{2(1 - \delta)} \approx \frac{1}{1 - \delta} \sqrt{\frac{\delta}{2}}$. $\delta = 0,05$ ва $L = 0,25$ м бўлгандаги чекли оралиқ $a = 4,18 \cdot 10^{-2}$ м.

9.31. 1) $L = 0,49$ м; 2) $E = 1350$ в/см; 3) $\tau = 41 \cdot 10^{-7}$ к/м.

9.32. Мазкур масала 2. 159-масалага ўхшаш. 1) Ҳалқа элементи dl ни олампиз (81-расмга қаранг). Бу элемент dq зарядга эга бўлиб, ҳосил қилган электр майдонининг A нуқтадаги кучланганлиги $dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2}$. Бу кучланганлик ҳалқа элементи dl ни A нуқта билан

туташирувчи x чизиги бўйича йўналган. Бутун ҳалқа майдонининг A нуқтадаги кучланганлигини топиш учун барча элементлар майдонининг кучланганлиги dE ларни геометрик қўшиш керак. dE векторини dE_r ва dE_n икки ташкил этувчига ажратиш мумкин. Ҳар икки элементнинг (диаметрал) қарама-қарши dE_n ташкил этувчиси ўзаро бир-бирини йўқотди, унда $E = \int dE_r$. Лекин $dE_r = dE \cdot \cos \alpha = dE \cdot \frac{L}{x} = \frac{Ldq}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2}$. Унда

$E = \frac{L}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2} \int dq = \frac{Lq}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2}$. Лекин $x = \sqrt{R^2 + L^2}$ ва натижада

$$E = \frac{Lq}{4\pi\epsilon_0\epsilon(R^2 + L^2)^{3/2}} \quad (1)$$

ҳалқа ўқидаги электр майдонининг кучланганлиги.

Агар $L \gg R$ бўлса, $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon L^2}$, яъни узоқ масофалардаги заряд-

ланган ҳалқа нуқтавий заряд сифатида қаралиши мумкин. (1) формулага масаладаги сон қийматлар қўйилса, мос равишда $E = 0; 1600; 1710; 1600; 1150$ в/м келиб чиқади.

2) x ва L катталикларни α бурчаги орқали ифодалаймиз.

$R = x \sin \alpha$ ва $L = x \cos \alpha$, унда (1) формула

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^2} \cos \alpha \cdot \sin^2 \alpha$$

кўринишга эга бўлади.

E катталигининг максимумини топиш учун ҳосила $\frac{dE}{d\alpha}$ ни олиб, уни нолга тенглаштирамиз.

$$\frac{dE}{d\alpha} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^2} (\cos^2 \alpha \cdot 2 \sin \alpha - \sin^3 \alpha) = 0$$

ёки $\operatorname{tg}^2 \alpha = 2$. Унда A нуқтадан электр майдон кучланганлиги максимум бўлган ҳалқа марказигача бўлган оралиқ $L = \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{R}{\sqrt{2}}$. Биз-

нинг ҳолда $R = 0,1$ м, демак, $L = 7,1 \cdot 10^{-2}$ м.

9.33. 1,3 марта. Бу масала 2. 161-масала билан солиштирилсин.

9.34. 1) $a \ll R$ бўлганда $\frac{R}{a}$ катталик жуда катта бўлади ва

$$\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{a}\right)^2}} \right] \cong 1.$$

У ҳолда $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$, яъни дискка яқин масофада турган нуқталар учун дискни чексиз текисликка ўхшатиш мумкин.

2) $a \gg R$ бўлганда $\frac{R}{a}$ катталик кичик бўлади ва

$$\sqrt{1 + \left(\frac{R}{a}\right)^2} \cong 1 + \frac{R^2}{2a^2}.$$

У ҳолда $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \frac{R^2}{2a^2}$. Бироқ $\sigma = \frac{q}{\pi R^2}$ бўлгани учун $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon a^2}$ яъни дискдан узоқ масофада турган нуқталар учун дискни нуқтaviй зарядга ўхшатиш мумкин.

9.35. $\frac{a}{R} = \frac{\delta}{\sqrt{1 - \delta^2}} \cong \delta$. $\delta = 0,05$ ва $R = 0,25$ м бўлганда $a = 1,2 \cdot 10^{-2}$ м.

9.36. 1) $R = 2,5$ м; 2) $E = 11,3 \cdot 10^4$ в/м; 3) 1,1 марта.

9.37. 1) $R = 0,2$ м; 2) $\delta = 10\%$.

9.38. $\frac{mv^2}{2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$, бунда m — ҳаракат тезлиги v бўлган шарчанинг

массаси, q_1 — шу шарчанинг заряди, q_2 — майдон ҳосил қилувчи нуқтaviй заряд, r — шу зарядлар оралыги. Масаладаги сон қийматларни ўрнига қўйсақ, $r = 6 \cdot 10^{-2}$ м чиқади.

9.39. $r = 5,1 \cdot 10^{-10}$ м. 9.40. $r = 6,1 \cdot 10^{-14}$ м.

9.41. 1) $r \cong 6 \cdot 10^{-13}$ м; 2) $v = 1,6 \cdot 10^7$ м/сек.

9.42. $A = 1,2 \cdot 10^{-6}$ ж.

9.44. 1) $U = 11,3$ в; 2) $U = 30$ в. 9.45. $A = 1,13 \cdot 10^{-4}$ ж.

9.46. $v_1 = 16,7 \cdot 10^{-2}$ м/сек.

9.47. Жавобни қуйидаги жадвал кўринишида бериш қулай:

U , в	1	5	10	100	1000
v , м/сек	$5,93 \cdot 10^5$	$1,33 \cdot 10^6$	$1,87 \cdot 10^6$	$5,93 \cdot 10^6$	$1,87 \cdot 10^7$

9.48. $W = 8,5 \cdot 10^{-13}$ ж = 5,32 Мэв; $U = 2,66 \cdot 10^6$ в.

9.49. Маълумки $dA = qdU$, бироқ $dU = -Edr \frac{\tau dr}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}$ ва

$$A = - \int_{r_1}^{r_2} \frac{q\tau dr}{2\pi\epsilon_0\epsilon r} = \frac{q\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{r_1}{r_2}.$$

бундан

$$\tau = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon A}{q \ln r_1/r_2} \quad (1)$$

Бизда $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ ф/м; $\epsilon = 1$; $A = 50 \cdot 10^{-7}$ ж; $q = \frac{2}{3 \cdot 10^9}$ κ ва

$\frac{r_1}{r_2} = 2$. Бу берилганларни (1) га қўйсак $\tau = 6 \cdot 10^{-7}$ κ/м келиб чиқади.

9.50. $\tau = 3,7 \cdot 10^{-6}$ κ/м. 9.51. $v = 2,97 \cdot 10^7$ м/сек.

9.52. $\sigma = \frac{2A\epsilon_0 e}{q\Delta r} = 6,6 \cdot 10^{-6}$ κ/м². 9.53. $d = 4,8 \cdot 10^{-3}$ м.

9.54. $m_b = 5,1 \cdot 10^{-18}$ кг. 9.55. Майдон бўлмаганида

$$mg = 6\pi r v_1 \quad (1)$$

Майдон бўлганда эса

$$mg - Eq = 6\pi r v_2 \quad (2)$$

(1) ва (2) дан $mg - Eq = \frac{v_2}{v_1} mg$ ёки

$$q = \frac{mg}{E} \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right) = \frac{mgd}{U} \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right) = 4,1 \cdot 10^{-18}$$
 κ ни топамиз.

9.56. Электр майдони бўлмаганида

$$mg = 6\pi r v_1 \quad (1)$$

Майдон бўлганда чанг заррасига горизонтал куч $F = qE$ таъсир қилади. Чанг зарраси мана шу куч таъсири остида тезлашади, бироқ ишқаланмиш туфайли горизонтал йўналишда ҳам муайян ўзгармас v_2 тезликдаги ҳаракат турғунлашади, шу билан бирга

$$qE = 6\pi r v_2 \quad (2)$$

бўлади. v_1 ва v_2 тезликларнинг тенг таъсир этувчиси α бурчак остида йўналган бўлиб, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_2}{v_1} = \frac{qE}{mg}$. Равшанки, $\frac{v_2}{v_1} = 0,5 \frac{d}{l}$, бундан изланаётган масофа l мана бу формуладан топилади:

$$l = \frac{0,5v_1 d}{v_2} = \frac{0,5mgd}{qE} = 2 \cdot 10^{-2}$$
 м.

Сўнгра $v_2 = \frac{v_1 d}{2l} = 10^{-2}$ м/сек. Изланаётган вақт $t = \frac{d}{2v_2}$ дан ёки $t =$

$\frac{l}{v_1}$ формуладан топилади. Бу формулалардан бирига сон қийматларини қўйсак, $t = 1$ сек га эга бўламиз.

9.57. $l = 2 \cdot 10^{-2}$ м; $t = 6,4 \cdot 10^{-2}$ сек. 9.58. $r = 10^{-6}$ м; $q = 7,3 \cdot 10^{-18}$ κ.

9.59. $q = 1,73 \cdot 10^{-9}$ κ. 9.60. 22 κв.

9.61. $2,2 \cdot 10^{-6}$ м = 0,022 мм. 9.62. $5 \cdot 10^{-3}$ м = 0,5 см.

9.63. 1) $U = 2,8$ в; 2) $E = 530$ в/м; 3) $\sigma = 4,7 \cdot 10^{-9}$ κ/м².

9.64. $v = \sqrt{\frac{2qU(r_1 - r_2)}{md}} = 2,53 \cdot 10^6$ м/сек.

9.65. 1) $E = 5,7 \text{ в/м}$; 2) $v = 10^6 \text{ м/сек}$; 3) $A = 4,5 \cdot 10^{-10} \text{ ж}$;
 $U = 2,8 \text{ в}$.

9.66. 1) $F = 9,6 \cdot 10^{-14} \text{ н}$; 2) $a = 1,05 \cdot 10^{17} \text{ м/сек}^2$; 3) $v = 3,24 \times 10^7 \text{ м/сек}$; 4) $\sigma = 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ кл/м}^2$.

9.67. Электрон яси конденсатор пластинкалари орасида, худди горизонтал жисмининг оғирлик кучи таъсиридаги ҳаракати каби, парабола бўйлаб ҳаракат қилади. Ҳақиқатан, конденсатордаги электронга ўзгармас куч $F = eE$ таъсир қилади. Электрон бу куч таъсирида $a = \frac{eE}{m}$ тазланишга эга бўлади ва $t = \frac{l}{v}$ вақтда l узунлигини босиб ўтиб,

$$y = \frac{at^2}{2} = \frac{eEl^2}{2mv^2} \quad (1)$$

оралиқгача оғади.

Электрон конденсатордан учиб чиқмаслиги учун $y \geq \frac{d}{2}$ бўлиши керак, бунда d —конденсатор пластинкаларининг оралиғи. Бундан $v_0 \leq l \sqrt{\frac{eE}{md}}$. Сои қийматларини ўрнига қўйилса, электрон учун $v_0 = 3,64 \cdot 10^7 \text{ м/сек}$ ва α -заррача учун $v_0 = 6 \cdot 10^5 \text{ м/сек}$ эканлиги келиб чиқади.

9.68. 1) $4,8 \cdot 10^{-7} \text{ сек}$ ўтгач; 2) $s_x = 0,22 \text{ м} = 22 \text{ см}$.

9.69. $a_1 = 15,7 \cdot 10^{14} \text{ м/сек}^2$; $a_n = 8 \cdot 10^{14} \text{ м/сек}^2$; $a_{\text{тўла}} = 17,6 \times 10^{14} \text{ м/сек}^2$.

9.70. 2 марта.

9.71. Протоннинг ва α -заррачанинг оғиши бирдек бўлади.

9.72. $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 1,33 \cdot 10^7 \text{ м/сек}$; $\alpha = 41^\circ 20'$

9.73. $U_1 = \frac{2Uyd}{l \left(l + \frac{l}{2} \right)} = 28 \text{ в}$. 9.74. 0,01 м га. 9.75. 2,24 марта.

9.76. $E_1 = \frac{e_2 U}{d_1 e_2 + d_2 e_1} = 60 \text{ кв/м}$; $E_2 = \frac{e_1 E_1}{e_2} = 10 \text{ кв/м}$.

9.77. $C = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$; $\Delta U = 1400 \text{ в}$. 9.78. $2,5 \cdot 10^{-20} \text{ кг}$.

9.79. n та томчининг заряди $q_0 = nq$. Бу катта томчи зарядидир.

Катта томчининг радиуси $n \frac{4}{3} \pi r^3 \rho = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$ шартдан топилади,

бундан $R = r \sqrt[3]{n}$. Унда бу томчининг потенциалли $U = \frac{q_0}{C} = \frac{nq}{4\pi \epsilon_0 e R} =$

$= \frac{nq}{4\pi \epsilon_0 e r \sqrt[3]{n}}$. Бизда $n = 8$, $q = 10^{-10} \text{ кл}$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ ф/м}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ в}$.

Буларни формулага қўйсақ, $U = 3600 \text{ в}$ чиқади.

9.80. $U = 19500 \text{ в} = 19,5 \text{ кв}$. 9.81. $r = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 2,1 \text{ см}$.

9.82. 1) $U = E_0 R$ — физикли боғланиш; 2) $U = 1,5 \cdot 10^4 \text{ в}$.

9.83. $W = 26,6 \cdot 10^{-7} \text{ ж}$. 9.84. $C = 5,9 \cdot 10^{-9} \text{ ф}$.

9.85. $\sigma = 1,77 \cdot 10^{-6} \text{ кл/м}^2$. 9.86. $D = 0,03 \text{ м} = 3 \text{ см}$.

9.87. Берилган ҳолда $q_1 = q_2$, бунда q_1 ва q_2 —мос равишда конденсаторни изолятор билан тўлдирилгунча ва тўлдирилгандан кейинги

пластинкалардаги зарядлар. Шундай қилиб, $q = \text{const}$. Демак, пластинкалардаги заряднинг сирт зичлиги ҳам $\sigma = \frac{q}{S} = \text{const}$ бўлади.

1) $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{U}{d}$ бўлганлигидан, изолятор билан тўлдиришдан нагари $\sigma d = U_1 \epsilon_0 \epsilon_1$ ва тўлдирилгандан кейин $\sigma d = U_2 \epsilon_0 \epsilon_2$. $\sigma = \text{const}$ ва $d = \text{const}$ бўлганлигидан $U_1 \epsilon_1 = U_2 \epsilon_2$ ва $U_2 = \frac{U_1 \epsilon_1}{\epsilon_2} = 115$ в.

$$2) C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d} = 1,77 \cdot 10^{-11} \text{ ф}, C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S}{d} = 4,6 \cdot 10^{-11} \text{ ф}.$$

$$3) \sigma_1 = \sigma_2 = \frac{q}{S} = \frac{CU}{S} = 5,31 \cdot 10^{-7} \text{ к/м}^2.$$

9.88. Берилган ҳолда $U_1 = U_2 = U$. 1) $U_1 = U_2 = 300$ в; 2) $C_1 = 1,77 \cdot 10^{-11}$ ф $C_2 = 4,6 \cdot 10^{-11}$ ф; 3) $\sigma_1 = 5,31 \cdot 10^{-7}$ к/м²; $\sigma_2 = 1,38 \cdot 10^{-6}$ к/м².

9.89. 1) Ҳар бир қатламдаги электр майдон кучланганлигини E_1 ва E_2 билан, ҳар бир қатламдаги потенциалнинг тушишини U_1 ва U_2 билан белгилаймиз. U ҳолда

$$\epsilon_1 E_1 = \epsilon_2 E_2, \quad (1)$$

$$U_1 + U_2 = U. \quad (2)$$

(2) тенгламани шундай ёзиш мумкин:

$$E_1 d_1 + E_2 d_2 = U. \quad (3)$$

(1) ва (3) тенгламалардан

$$E_1 = \frac{U \epsilon_2}{\epsilon_1 d_2 + \epsilon_2 d_1} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ в/м}, E_2 = \frac{\epsilon_1 E_1}{\epsilon_2} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ в/м}$$

келиб чиқади.

$$2) U_1 = 75 \text{ в}, U_2 = 225 \text{ в}.$$

$$3) \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}. \quad (4)$$

бундан

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d_1} \text{ ва } C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S}{d_2}. \quad (5)$$

(4) ва (5) ни биргаликда ечилса,

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2 S}{\epsilon_1 d_2 + \epsilon_2 d_1} = 2,66 \cdot 10^{-11} \text{ ф}$$

келиб чиқади.

$$4) \text{Пластикалардан биридаги заряд } q = \sigma S = C_1 U_1 = C_2 U_2 = CU,$$

бундан $\sigma = \frac{CU}{S} = 8 \cdot 10^{-7}$ к/м².

$$9.90. U = 1800 \text{ в}. 9.91. 2,14 \cdot 10^{-4} \text{ мкф/м}.$$

$$9.92. \text{Маълумки } E = \frac{\tau}{2\pi \epsilon_0 r h}, \text{ бунда } \tau \text{ — кабель узунлик бирлигига}$$

тўғри келадиган заряд ва x -кабель ўқигача бўлган оралиқ, τ катталиги қўйидаги муносабатдан топилади:

$$\tau = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon L}{\ln R/r} = \frac{q}{U_0} = \frac{\tau L}{U_0}, \text{ бундан } \tau = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon U_0}{\ln R/r},$$

бу ерда U_0 —кабелнинг марказий қисми билан ташқи қисми орасидаги потенциаллар айирмаси. Унда майдоннинг ҳуцланганлиги $E = \frac{U_0}{x \ln R/r}$. Масаладаги сон қийматларни ўрнига қўйилса, $E = 136$ кВ/м келиб чиқади.

9.93. Электр майдон кучининг иши электрон кинетик энергиясига айланади, $A = \frac{mv^2}{2}$, $dA = qdU = -qEdx$, $E = \frac{U_0}{x \ln R/r}$ бўлганлигидан

$A = - \int_1^{l_2} \frac{qU_0 dx}{x \ln R/r} = \frac{qU_0 \ln \frac{l_2}{l_1}}{\ln R/r} = \frac{mv^2}{2}$, бундан $v = \sqrt{\frac{2qU_0 \ln l_2/l_1}{m \ln R/r}}$. Масаладаги сон қийматларни қўйилса $v = 1,46 \cdot 10^7$ м/сек келиб чиқади.

9.94. Цилиндрик конденсатор ичидаги майдоннинг кучланганлиги $E = \frac{U_0}{x \ln R/r}$. Унда биринчи қатламдаги потенциалнинг тушиши

$$U_1 = - \int_{r+d_1}^r E dx = - \int_{r+d_1}^r \frac{U_0}{x \ln R/r} dx = \frac{U_0 \ln \frac{r+d_1}{r}}{\ln R/r}.$$

Иккинчи қатламдаги потенциалнинг тушиши $U_2 = \frac{U_0 \ln \frac{R}{r+d_1}}{\ln R/r}$. Бундан

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\ln \frac{r+d_1}{r}}{\ln \frac{R}{r+d_1}} = 1,35.$$

9.95. $C = 9,6 \cdot 10^{-7}$ мкф. 9.96. 1) $U = 300$ в, 2) $U = 75$ в.

9.97. $C = 1,17 \cdot 10^{-9}$ ф, $R = 2,1$ м.

9.98. $E = \frac{UR_1R_2}{(R_2 - R_1)x^2} = 44,5$ кВ/м.

Кўрсатма. Бу масала 9.92-масалага ўхшаш. Бироқ цилиндрик конденсатор майдони сферик конденсатор майдони билан алмашган.

9.99. $v = \sqrt{\frac{2qR_1R_2U(r_1-r_2)}{m(R_2-R_1)r_1r_2}} = 1,54 \cdot 10^7$ м/сек.

Кўрсатма. Бу масала 9.93-масалага ўхшаш. Бироқ цилиндрик конденсатор майдони сферик конденсатор майдони билан алмашган.

9.100. $C = 0,33$ мкф. 9.101. $\frac{C_1}{C_2} = 3$.

9.102. $q_1 = q_2 = 8 \cdot 10^{-6}$ к; $U = 4$ в; $U_2 = 2$ в.

9.103. Параллел уланганда $1 \cdot 10^{-8}$ к дан $1,7 \cdot 10^{-7}$ к гача ва метма-кет уланганда $2,23 \cdot 10^{-9}$ к дан $3,27 \cdot 10^{-9}$ к гача.

9.104. Параллел уланганда 20 пф дан 900 пф гача ва кетма-кет уланганда 5 пф дан 225 пф гача.

9.105. $W = 0,1$ ж. 9.106. $W = 0,05$ ж.

9.107. 1) $R = 7 \cdot 10^{-3}$ м; 2) $q = 7,0 \cdot 10^{-9}$ к; 3) $C = 1,55 \cdot 10^{-6}$ мкф; 4) $W = 1,58 \cdot 10^{-6}$ ж.

9.108. 1) $5 \cdot 10^{-6}$ ж.

2) Ҳар бир шарнинг энергияси $1,25 \cdot 10^{-5}$ ж ва улангандаги разряд иши $2,5 \cdot 10^{-6}$ ж.

3) Ҳар бир шарнинг энергияси $31,25 \cdot 10^{-7}$ ж ва разряд иши $62,5 \cdot 10^{-7}$ ж.

9.109. 1) $U_1' = 3$ кВ; 2) $q_2' = 2 \cdot 10^{-8}$ к; 3) $W_1' = 1,5 \cdot 10^{-5}$ ж ва $W_2' = 9 \cdot 10^{-6}$ ж; 4) $q_1' = 1,8 \cdot 10^{-8}$ к ва $U_1' = 5,4$ кВ; 5) $q_2' = 1,2 \times 10^{-8}$ к; $U_2' = 5,4$ кВ; 6) $W = 8,1 \cdot 10^{-5}$ ж; 7) $A = 2,4 \cdot 10^{-6}$ ж.

9.110. $q = 2,7 \cdot 10^{-6}$ к.

9.111. 1) $q = 1,77 \cdot 10^{-7}$ к; 2) $E = 3330$ в/см; 3) $W = 2,94$ ж/м³.

9.112. $\rho = 26,5$ н/м³.

9.113. $U = 15$ кВ.

9.114. 1) $P = 560$ в/см; 2) $d = 5 \cdot 10^{-3}$ м = 5 мм; 3) $v = 10^7$ м/сек; 4) $W = 6,95 \cdot 10^{-7}$ ж; 5) $C = 1,77 \cdot 10^{-11}$ ф; 6) $13,9 \times 10^{-6}$ н.

9.115. $U = 21,7$ кВ.

9.116. $E = 6 \cdot 10^4$ в/м; $W_1 = 2 \cdot 10^{-5}$ ж; $W_2 = 0,8 \cdot 10^{-5}$ ж.

9.117. $E_2 = E_1 = 150$ кВ/м; $W_1 = 2 \cdot 10^{-5}$ ж; $W_2 = 5 \cdot 10^{-5}$ ж.

9.118. 1) $W_1 = 4,43 \cdot 10^{-7}$ ж; $W_2 = 1,78 \cdot 10^{-8}$ ж; 2) $W_1 = 4,43 \times 10^{-7}$ ж; $W_2 = 1,11 \cdot 10^{-6}$ ж.

9.119. $\epsilon = 4,5$.

9.120. 1) а) Сигим 1,1 пф га камайди; б) кучланганлик оқими 750 в·м га камайди; в) энергиянинг ҳажм зичлиги $4,8 \cdot 10^{-2}$ ж/м³ га камайди.

2) а) Сигим биринчи ҳолдагидек 1,1 пф га камайди; б) кучланганлик оқими ўзгармади ($\Delta N = 0$); в) энергиянинг ҳажм зичлиги ҳам ўзгармади ($\Delta W_0 = 0$).

9.121. 1) $W_0 = \frac{\sigma^2 R^3}{2\epsilon_0 \epsilon (R+x)^2}$, бунда R — шар радиуси ва x — шар сиртидан текшириладиган нуктагача бўлган оралиқ; масаладаги сон қийматларни ўрнига қўйсак $W_0 = 9,7 \cdot 10^{-2}$ ж/м³ келиб чиқади;

2) $W_0 = \frac{\sigma^2}{8\epsilon_0 \epsilon} = 1,97$ ж/м³;

3) $W_0 = \frac{r^2}{8\pi^2 \epsilon_0 \epsilon x^2} = 0,05$ ж/м³.

9.122. Диэлектрик бўлмагандаги конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлигини σ_0 билан, диэлектрик бўлганда пластинкалардаги заряднинг сирт зичлигини σ_d ва боғланишли (қутбланган) зарядларнинг сирт зичлигини $\sigma_{боғл}$ билан ифодалаймиз. σ_d ва $\sigma_{боғл}$ зарядлар биргаликда шундай таъсир қиладики, худди ўтказгич билан диэлектрик чегарасида

$$\sigma' = \sigma_d - \sigma_{боғл} \quad (1)$$

зичлик билан тақсимланган заряд бордек бўлади Шундай қилиб, σ' —«эффектив» зарядларнинг, яъни диэлектрикда йиғинди, натижавий майдонни аниқловчи зарядларнинг сирт зичлигидир. Равшанки, σ катталиклари мос майдонлар билан қуйндагича боғланишда бўлади: диэлектрик бўлмагандати майдон

$$E_0 = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} = \frac{U_1}{d}, \quad (2)$$

диэлектрикдаги натижавий майдон

$$E = \frac{\sigma_n}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{\sigma'}{\epsilon_0} = \frac{U_2}{d}. \quad (3)$$

(1) дан $\sigma_{\text{боғл}} = \sigma_1 - \sigma'$ ёки (3) га асосан

$$\sigma_{\text{боғл}} = \epsilon_0 \epsilon E - \epsilon_0 E = \epsilon_0 (\epsilon - 1) E = \epsilon_0 (\epsilon - 1) \frac{U_2}{d}.$$

1) Берилган ҳолда $U_1 = U_2 = U$ ва унда:

$$a) \sigma_{\text{боғл}} = \epsilon_0 (\epsilon - 1) \frac{U}{d} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^{-3}} \text{ к/м}^2 = 1,77 \cdot 10^{-6} \text{ к/м}^2;$$

$$b) \sigma_1 - \sigma_0 = \epsilon_0 \epsilon E - \epsilon_0 E_0 \text{ ва кучланиш манбаи уланганлигида } E = E_0 = \frac{U}{d}, \text{ у ҳолда}$$

$$\sigma_1 - \sigma_0 = \epsilon_0 (\epsilon - 1) \frac{U}{d} = \sigma_{\text{боғл}} = 1,77 \cdot 10^{-6} \text{ к/м}^2.$$

Шундай қилиб, кучланиш манбаи уланганлиги сабабли конденсатор пластинкаларида, диэлектрикнинг қутбланиш натижасида зарядлар камайишини таъминловчи қўшимча зарядлар ҳосил бўлади.

2) Берилган ҳолда $q = \text{const}$ ва $U_2 = \frac{\epsilon_1 U_1}{\epsilon_2}$ (9.87-масала ечилишига қаралсин) ва у ҳолда:

$$a) \sigma_{\text{боғл}} = \epsilon_0 (\epsilon - 1) \frac{U_2}{d} = \epsilon_0 (\epsilon - 1) \frac{\epsilon_1 U_1}{\epsilon_2 d} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 1 \cdot 10^3}{7 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} \text{ (к/м}^2 = 2,53 \cdot 10^{-6} \text{ к/м}^2;$$

б) $q = \text{const}$ бўлганлиги учун $\sigma_{\text{боғл}} = \sigma_0$, яъни конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлиги ўзгармайди.

9.123. Соғ жиҳатдан боғланишди зарядларнинг сирт зичлиги $\sigma_{\text{боғл}}$ га тенг бўлган қутбланиш вектори P диэлектрикдаги майдон кучланганлигига пропорционал, яъни $P = \sigma_{\text{боғл}} = \kappa' E$. МКСА система-сида κ' коэффициент ўлчамсиз катталик эмас; унинг номи ϕ/m эканлигини текшириш қийин эмас. $\kappa' = 4\pi\epsilon_0 \kappa$ дан ҳам кўрсатиш мумкин, бунда κ ўлчамсиз катталик (электрланиш коэффициентининг жадвалдаги қиймати). У ҳолда

$$\sigma_{\text{боғл}} = 4\pi\epsilon_0 \kappa E = 4\pi\epsilon_0 \kappa \frac{U}{d} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,08 \cdot 4 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^{-3}} \text{ к/м}^2 = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ к/м}^2.$$

Диэлектрикнинг диэлектрик киритувчанлигини топамиз. $\sigma_{\text{боғл}} = \epsilon_0 (\epsilon - 1) E$ бўлганлигидан (олдинги масала ечилишига қаралсин) $\sigma_{\text{боғл}} = 4\pi\epsilon_0 \kappa E =$

$= \varepsilon_0(\varepsilon - 1)E$, бундан $\varepsilon - 1 = 4\pi k \varepsilon_0 n$ ва $\varepsilon = 1 + 4\pi k = 1 + \frac{\kappa'}{\varepsilon_0}$. Бундан $\varepsilon = 1 + 4\pi \cdot 0,08 = 2$. У ҳолда $E = \frac{U}{d} = \frac{\sigma_\lambda}{\varepsilon_0 \varepsilon}$. Бундан конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлиги

$$\sigma_\lambda = \frac{U \varepsilon_0 \varepsilon}{d} = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2}{5 \cdot 10^{-3}} \text{ К/м}^2 = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ К/м}^2.$$

9.124. 1) $E = 3 \text{ КВ/см}$; 2) $\sigma_\lambda = 1,59 \cdot 10^{-6} \text{ К/м}^2$; 3) $\sigma_{\text{боғл}} = 1,33 \times 10^{-6} \text{ К/м}^2$; 4) $\kappa' = \frac{\sigma_{\text{боғл}}}{E} = 4,44 \cdot 10^{-11} \text{ Ф/м}$; $\kappa = \frac{\kappa'}{4\pi \varepsilon_0} = 0,4$.

9.125. $U = 1750 \text{ в}$. 9.126. $\sigma_{\text{боғл}} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ К/м}^2$.

9.127. 1) $E = 7,52 \cdot 10^6 \text{ в/м}$; $D = \varepsilon_0 \varepsilon E = 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ К/м}^2$; 2) $\sigma_{\text{боғл}} = 6,7 \cdot 10^{-6} \text{ К/м}^2$; 3) $\sigma_\lambda = 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ К/м}^2$; 4) $W_0 = 5 \text{ Ж/м}^2$; 5) $\kappa' = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$; $\kappa = 0,08$.

9.128. 1) $\sigma_{\text{боғл}} = 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ К/м}^2$; 2) $\kappa' = 1,77 \cdot 10^{-11} \text{ Ф/м}$, $\kappa = 0,159$.

9.129. 1) $A = 1,97 \cdot 10^{-6} \text{ Ж}$; 2) $A = 9,8 \cdot 10^{-6} \text{ Ж}$.

10-§. Электр токи

10.1. 1) $q = \int_{t_1}^{t_2} I dt = \int_0^2 (4 + 2t) dt = 48 \text{ К}$; 2) $I = 12 \text{ а}$.

10.2. 1) $R = 70 \text{ ом}$; 2) а) $87,5 \text{ ом}$; б) $116,7 \text{ ом}$; в) 175 ом ; г) 350 ом .

10.3. $N = 200 \text{ ўрам}$. 10.4. $l = 500 \text{ м}$; $d = 10^{-3} \text{ м} = 1 \text{ мм}$.

10.5. $R = 0,0018 \text{ ом}$. 10.6. 2,22 марта.

10.7. $R_1 = R_0(1 + \alpha t_1)$, бунда R_0 — температура 0°C бўлгандаги қаршилик (бошланғич температурадаги эмас). Бундан $R_0 = \frac{R_1}{1 + \alpha t_1} = 32,8 \text{ ом}$. Сўнгра $R_2 = \frac{U}{I} = 364 \text{ ом}$, $R_2 = R_0(1 + \alpha t_2)$ бўлганлигидан

$$t_2 = \frac{R_2 - R_0}{R_0 \alpha} = 2200^\circ\text{C}.$$

10.8. $17,5 \text{ ма}$. 10.9. $t = 70^\circ\text{C}$ температурагача.

10.10. $U = 5,4 \text{ в}$. 10.11. $U_1 = 12 \text{ в}$, $U_2 = U_3 = 4 \text{ в}$, $I_2 = 2 \text{ а}$, $I_3 = 1 \text{ а}$.

10.12. 1) $I = 0,11 \text{ а}$; 2) $U_1 = 0,99 \text{ в}$; 3) $U_2 = 0,11 \text{ в}$; 4) $\eta = 0,9$.

10.13. $U = \frac{C}{R+r} R = \frac{1,1}{1+R} R$. 96- расмдаги эгри чизик ташқи занжирдаги потенциалнинг тушиши U нинг ташқи қаршилик R га боғланишини кўрсатади. Эгри чизик асимптотик равишда тўғри чизик $U = \xi = 1,1 \text{ в}$ га яқинлаша боради.

10.14. $U = 0,125 \text{ в}$; $R = 7,5 \text{ ом}$. 10.15. $\eta = 25\%$.

10.16. $U = 2,7 \text{ в}$, $r = 0,9 \text{ ом}$.

$$10.17. x = \frac{U}{\mathcal{E}} = \frac{n}{1+n}; \quad 1) x = 9,1\%; \quad 2) x = 50\%; \quad 3) x = 91\%.$$

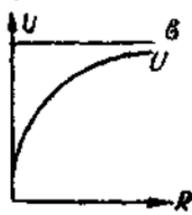
$$10.18. \eta = 80\%.$$

$$10.19. \text{Элементларни кетма-кет улаганда } I' = \frac{2\mathcal{E}}{2r+R}, \text{ параллел}$$

$$\text{улаганда } I'' = \frac{\mathcal{E}}{0,5r+R}.$$

$$1) I' = \frac{2,2}{0,6+0,2} \text{ а} = 5 \text{ а}, \quad I'' = \frac{2}{0,15+0,2} \text{ а} = 5,7 \text{ а};$$

$$2) I' = \frac{4}{0,6+16} \text{ а} = 0,24 \text{ а}; \quad I'' = \frac{2}{0,15+16} \text{ а} = 0,124 \text{ а}.$$



96-расм.

Шундай қилиб, ташқи қаршилик кичик бўлганда элементларни параллел улаш фойдали бўлса, ташқи қаршилик катта бўлганда кетма-кет улаш фойдали бўлади.

$$10.20. \quad 1) \frac{\Delta R}{R} = 1\%; \quad 2) \frac{\Delta R}{R} = 10\%; \quad 3) \frac{\Delta R}{R} = 100\%.$$

$$10.21. \quad 1) \frac{\Delta R}{R} = 20\%; \quad 2) \frac{\Delta R}{R} = 2\%; \quad 3) \frac{\Delta R}{R} = 0,2\%.$$

$$10.22. \quad I_1 = 0,6 \text{ а}; \quad I_2 = 0,4 \text{ а}; \quad I = I_1 + I_2 = 1 \text{ а}.$$

$$10.23. \text{Занжирдаги ток кучи } I = \frac{2\mathcal{E}}{R+r_1+r_2} = \frac{4}{3} \text{ а}. \text{ Биринчи эле-}$$

мент қисқичларидаги потенциаллар айирмаси $U_1 = \mathcal{E} - Ir_1 = \frac{2}{3}\mathcal{E}$. Иккинчи элемент қисқичларидаги потенциаллар айирмаси $U_2 = \mathcal{E} - Ir_2 = 0$.

Ўқувчиларга R , r_1 ва r_2 ўртасидаги муносабат қандай бўлганда элементлардан бирининг қисқичларидаги потенциаллар айирмаси нолга тенг бўлишини умумий кўринишда текшириб чиқиш таклиф этилади.

$$10.24. \quad R_1 = 1,5 \text{ ом}; \quad R_2 = 2,5 \text{ ом}; \quad U_1 = 7,5 \text{ в} \text{ ва } U_2 = 12,5 \text{ в}$$

$$10.25. \quad \mathcal{E} = 2 \text{ в}; \quad r = 0,5 \text{ ом}. \quad 10.26. \quad I = 0,2 \text{ а}.$$

$$10.27. \quad R_1 = 60 \text{ ом}. \quad 10.28. \quad 1) I = 0,4 \text{ а}; \quad 2) U = 32 \text{ в}.$$

$$10.29. \quad R_2 = 60 \text{ ом}. \quad 10.30. \quad 1) I = 2 \text{ а}; \quad 2) U = 2 \text{ в}.$$

$$10.31. \quad 80 \text{ в}. \quad 10.32. \quad \mathcal{E} = 170 \text{ в}.$$

$$10.33. \quad 1) 0,22 \text{ в} \text{ ва } 110 \text{ в}; \quad 2) 0,142 \text{ в} \text{ ва } 53,2 \text{ в}; \quad 3) 0,57 \text{ а} \text{ ва } 110 \text{ в}; \quad 4) 0,0089 \text{ а} \text{ ва } 35,6 \text{ в}.$$

$$10.34. \quad I = 40 \text{ а}.$$

10.35. 1) Амперметрга параллел $R = 0,02$ ом қаршилик улаш керак; 2) амперметр шкаласи бўлинулариининг қиймати $0,1 \text{ а/бўлим}$ дан 1 а/бўлим гача ўзгаради.

10.36. 1) Вольтметр билан кетма-кет $R = 3000$ ом қаршилик улаш керак.

2) Вольтметр шкаласи бўлинулариининг қиймати $0,2 \text{ в/бўлим}$ дан $0,5 \text{ в/бўлим}$ гача ўзгаради.

10.37. 1) Асбобга параллел $R = 0,555$ ом қаршилик уланган; 2) асбобга кетма-кет $R = 9950$ ом қаршилик уланган.

10.38. $R = 300 \text{ ом}$, $l = 21,2 \text{ м}$.

10.39. 97-расмдаги схемага қаранг; $I_1 = I_2 = 0,365 \text{ а}$ ва $I_3 = 0,73 \text{ а}$.

10.40. $6,8 \text{ в га}$. 10.41. 35 квт .

10.42. $S = 8,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. 10.43. 1) $\frac{Q_m}{Q_n} = 0,17$; 2) $\frac{U_m}{U_n} = 0,17$.

10.44. 1) $\frac{Q_m}{Q_n} = 5,9$; 2) $\frac{U_m}{U_n} = 1$.

10.45. $Q = 1,08 \text{ кж}$. 10. 46. 1) $2,4 \text{ квт}$; 2) $2,3 \text{ квт}$; 3) 96% .

10.47. $r = 1 \text{ ом}$; $\eta_1 = 83,3\%$; $\eta_2 = 16,7\%$.

10.48. 34-расмдаги эгри чизик нуқталари бўйича жадвал тузамиз:

$I, \text{ а}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P, \text{ вт}$	0	1,8	3,2	4,2	4,8	5	4,8	4,2	3,2	1,8	0

Ташқи занжирда ажралган қувват (фойдали қувват) ташқи қаршилик элементнинг ички қаршилигига тенг бўлганда максимумга етади.

Бунда ташқи занжирдаги потенциалнинг

тушиши $U = \frac{\mathcal{E}}{2}$, бунда \mathcal{E} элемент-

нинг э. ю. к. U ҳолда элементнинг фой-

дали иш коэффициенти $\eta = 0,5$. Биз-

нинг ҳолда $P_{\max} = IU = 5 \text{ вт}$. Де-

мак, $U = \frac{P_{\max}}{I} = \frac{5}{5} \text{ в} = 1 \text{ в}$; бундан эле-

ментнинг изланган э. ю. к. $\mathcal{E} = 2U = 2 \text{ в}$.

Бунда $I = \frac{\mathcal{E}}{2r}$ бўлганлигидан элемент-

нинг изланган ички қаршилиги $r =$

$= \frac{\mathcal{E}}{2I} = 0,2 \text{ ом}$. Ташқи занжирдаги поте-

нциалнинг тушиши $U = \frac{P}{I}$; элементнинг фойдали иш коэффициенти

$$\eta = \frac{U}{\mathcal{E}} = \frac{P}{\mathcal{E}I}.$$

10.49. 34-расмда тасвирланган эгри чизик нуқталари бўйича (олдинги масалани ечилишига қаралсин) $\mathcal{E} = 2 \text{ в}$ ва $r = 0,2 \text{ ом}$ топилди. \mathcal{E} ва r маълум бўлгач, талаб қилинган η , P_1 ва P_2 ни топish қийин эмас.

10.50. $\mathcal{E} = 4 \text{ в}$; $r = 1 \text{ ом}$.

10.51. U , P_1 ва P_2 нинг R га боғланиши тўғрисида 10.48 ва 10.49-масалаларга қаралсин.

10.52. $\mathcal{E} = 6 \text{ в}$; $r = 1 \text{ ом}$. 10.53. 60 вт . 10. 54. 1 а .

10.55. 16 вт . 10.56. $\mathcal{E} = 100 \text{ в}$.

10.57. Лампочка учларидаги потенциаллар айырмаси 30 в дан 53,5 в гача ўзгаради. Лампочка истеъмол қиладиган қувват 30 вт дан 9,9 вт гача ўзгаради.

10.58. 1) $Q_1 = 6,37$ ж, $Q_2 = 3,82$ ж; 2) $Q_1 = 16,2$ ж, $Q_2 = 27,2$ ж.

10.59. Қаршилиги кичик бўлган лампочка кўпроқ (1,5 марта) қувват истеъмол қилади.

10.60. 36° га. 10.61. 2,9 л. 10.62. 1) 1,2 кат; 2) 12 ом

10.63. $Q = 2,5 \cdot 10^5$ ж = 60 ккал.

10.64. 1) 25 мин; 2) 50 мин; 3) 12,5 мин.

10.65. 1) 45 мин; 2) 10 мин. 10.66. 22 мин ўтгач.

10.67. 1) 5,4 ом; 2) 2100 ж/кг·град; 3) 49,6 ом.

10.68. $\eta = 80\%$. 10.69. 1) 14,4 ом; 2) 11,3 ж; 3) 1 кат.

10.70. 3° га. 10.71. 1 сўм 33 тийин. 10.72. 49 минут ўтгач.

10.73. $R = 33$ ом.

10.74. Нисе симдан ажралган иссиқлик миқдори

$$Q_1 = m_1 c_1 \Delta t = \delta_1 l_1 S_1 c_1 \Delta t, \quad (1)$$

бунда δ_1 — миснинг энчилиги, l_1 — симнинг узунлиги, S_1 — унинг кўндаланг кесим юзи, c_1 — миснинг солиштирма иссиқлик сифими ва Δt — сим температурасининг кўтарилиши.

Кўрғошнинг симдан ажралган иссиқлик миқдори

$$Q_2 = \delta_2 l_2 S_2 (c_2 \Delta t_1 + r), \quad (2)$$

бунда r — кўрғошнинг солиштирма эриш иссиқлиги, $\Delta t_1 = t_{\text{эп}} - t_0$, δ_2 — кўрғошнинг энчилиги, l_2 — сақлагич узунлиги, S_2 — унинг кўндаланг кесим юзи ва c_2 — кўрғошнинг солиштирма иссиқлик сифими.

Иккала сим занжирга кетма-кет уланганлигидан,

$$I_1 = I_2 \text{ ва } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1 S_2 \rho_1}{l_2 S_1 \rho_2}, \quad (3)$$

бунда ρ_1 ва ρ_2 — тегишанча мис ва кўрғошнинг солиштирма қаршиликлари, (1), (2) ва (3) лардан:

$$\frac{\delta_1 l_1 S_1 c_1 \Delta t}{\delta_2 l_2 S_2 (c_2 \Delta t + r)} = \frac{\rho_1 l_1 S_2}{\rho_2 l_2 S_1},$$

бундан изланаётган температуралар айырмаси.

$$\Delta t = \frac{\rho \delta_2 S_2^2 (c_2 \Delta t + r)}{\rho_2 \delta_1 S_1^2 c_1}.$$

Бунда (жадвалга қаралсин) $\rho_1 = 1,7 \cdot 10^{-8}$ ом·м, $\rho_2 = 2,2 \cdot 10^{-7}$ ом·м, $\delta_1 = 8600$ кг/м³, $\delta_2 = 11300$ кг/м³, $c_1 = 395$ ж/кг·град, $c_2 = 126,0$ ж/кг·град. $t_{\text{эп}} = 327^\circ\text{C}$, $r = 2,26 \cdot 10^4$ ж/кг, $t_{\text{эп}} - t_0 = 327^\circ - 17^\circ = 310^\circ$. Бу қийматларни ўрнига қўйсақ, $\Delta t = 1,8^\circ$ келиб чиқади.

10.75. $1,55 \cdot 10^3$ ж/м³·сек. 10.76. $I_1 = I_2 = 26,7$ мА; $I_3 = I_4 = 4$ мА.

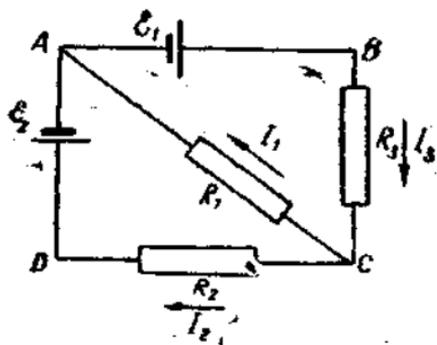
10.77. Мазкур тармоқланган занжир учун Кирхгоф қонунини таъбиқ қиламиз. Аввал тоқларнинг йўналишнинг схемада стрелкалар билан белгилаб оламиз (98-расм).

Ток биз белгилagan стрелка йўналишида ўтади деб фараз қилдик.
(C тугуни учун Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича

$$I_3 = I_1 + I_2 \quad (1)$$

A тугуни учун аният тенглама чиқади). ABC контури учун Кирхгофнинг иккинчи қонуни бўйича

$$I_3 R_3 + I_2 R_2 = \mathcal{E}_1 \quad (2)$$



98-расм.

ACD контури учун

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 = \mathcal{E}_2 \quad (3)$$

(ACD ёки ABC контури ўрнида ABCD контурини олиш мумкин эди.)

Шундай қилиб, учта номаълум I_1 , I_2 ва I_3 ларни топish учун учта тенглама мавжуд. Кирхгоф қонуни татбиқидаги масалаларни ечишда (1), (2) ва (3) тенгламаларнинг сон қийматлари қўйилган ҳолда кўрсатиш шартларига мувофиқ тенгламалар

қулайдир. Берилган масаланинг шартларига мувофиқ тенгламалар қуйидаги кўринишга келади:

$$I_3 = I_1 + I_2 \quad (1a)$$

$$10I_3 + 45I_1 = 2,1 \quad (2a)$$

$$45I_1 - 10I_2 = 1,9 \quad (3a)$$

Бу тенгламаларни ечиб, $I_1 = 0,04$ а, $I_2 = -0,01$ а ва $I_3 = 0,03$ а топилади. I_2 токидаги манфий ишора ток йўналиши янглиш олинганини кўрсатади. I_2 токнинг йўналиши ҳақиқатда тенглама тузишдан аввал қабул қилинганидек эмас, балки D дан C томон йўналади.

$$10.78. U = 1,28 \text{ в.} \quad 10.79. R = \frac{2}{3} \text{ ом; } I_2 = 0,5 \text{ а; } I_R = 1,5 \text{ а.}$$

$$10.80. R = 0,75 \text{ ом; } I_2 = 2 \text{ а; } I_R = 4 \text{ а.}$$

$$10.81. I = 0,4 \text{ а.} \quad 10.82. 2 \text{ а} \quad 10.83. R_1 = 20 \text{ ом.} \quad 10.84. I = 0,45 \text{ ма.}$$

$$10.85. I = 0,001 \text{ а} = 1 \text{ ми.}$$

$$10.86. I_1 = 0,385 \text{ а; } I_2 = 0,077 \text{ а; } I_3 = 0,308 \text{ а.}$$

$$10.87. I_1 = 0,3 \text{ а; } I_2 = 0,5 \text{ а; } I_3 = 0,8 \text{ а; } R_3 = 7,5 \text{ ом.}$$

$$10.88. \mathcal{E}_2 = 35 \text{ в; } \mathcal{E}_3 = 55 \text{ в.} \quad 10.89. I = 9 \text{ а.}$$

$$10.90. \mathcal{E}_1 = 24 \text{ в; } \mathcal{E}_2 = 12 \text{ в; } I_2 = 1,2 \text{ а; } I_3 = 0,3 \text{ а.}$$

$$10.91. 1) 2,22 \text{ а; } 2) 0,44 \text{ а; } 3) 1,78 \text{ а.}$$

$$10.92. \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 4 \text{ в; } r_1 = r_2 = 1 \text{ ом.} \quad 10.93. 100 \text{ в.}$$

$$10.94. \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 200 \text{ в.} \quad 10.95. 75 \text{ ма.}$$

$$10.96. 1) U_1 = 120 \text{ в; } U_2 = 80 \text{ в; } 2) U_1 = U_2 = 100 \text{ в.}$$

$$10.97. 2 \text{ соатда.} \quad 10.98. 1) 10 \text{ мин; } 2) 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

$$10.99. j = 56 \text{ а/м}^2. \quad 10.100. K = 1,04 \cdot 10^{-8} \text{ кг/к.}$$

10.101. Амперметр 0,04 а дан кам кўрсатади.

10.102. 53 мг. 10.103. 1) 149 соат; 2) $1,49 \cdot 10^6$ кВт-соат.

10.104. $W = 1800$ ж.

10.105. Электролизда M массали моддани ажратиш учун зарур бўлган энергия

$$W = IUt = \frac{MUZF}{A}, \quad (1)$$

бунда F — Фарадей сони, A — кг-атом массаси, Z — валентлик ва U — берилган потенциаллар айирмаси. 2 кмоль сувни парчалаш, яъни 4 кг водородни ажратиш учун $5,75 \cdot 10^8$ ж энергия сарфлаш талаб қилнади. Шундай қилиб, бизда $M = 4$ кг, $W = 5,75 \cdot 10^8$ ж. Масаланинг сон қийматларини (1) га қўйсак, $U = 1,5$ в бўлади.

10.106. Кучсиз эритмаларда $\alpha \approx 1$, яъни барча молекулалар диссоциацияланган. Демак, эквивалент электр ўтказувчанлик $\Lambda_{\infty} = F(u_+ + u_-)$. Бизда $F = 96,5 \cdot 10^6$ к/кг-экв; $u_+ = 3,26 \cdot 10^{-7}$ м²/в-сек ва $u_- = 6,4 \cdot 10^{-8}$ м²/в-сек. Бу қийматларни қўйсак, $\Lambda_{\infty} = 37,6$ м²/ом·кг-экв бўлади.

10.107. $q_+ = 100$ к; $q_- = 20$ к.

10.108. 1) $\alpha = 94\%$; 2) $\eta = 10^{-2}$ кг-экв/м² = 10^{-2} в-экв/л = $0,01$ N; 3) $u_+ + u_- = 1,35 \cdot 10^{-7}$ м²/в-сек.

10.109. $R = 1,8 \cdot 10^6$ ом. 10.110. $R = 5,2 \cdot 10^5$ ом.

10.111. $3,9$ м²/ом·кг-экв. 10.112. 92% . 10.113. $n_+ = n_- = 5,5 \cdot 10^{26}$ м⁻³. 10.114. 10^{-6} .

10.115. 1) $j = 2,4 \cdot 10^{-7}$ а/м²; 2) $\frac{j_+}{j} = 0,01\%$.

10.116. $I_T = 10^{-7}$ а.

10.117. Ионларнинг йўқолиши фақат уларнинг рекомбинацияси ҳисобига рўй берадиган шароитдагина камеранинг 1 см³ ҳажмида жуфт ионлар сони мумкин даражада кўп олинади. Бундай ҳолда, $N = \alpha n^2$ ва

$$n = \sqrt{\frac{N}{\alpha}} = 3,2 \cdot 10^7.$$

10.118. $R = 3,4 \cdot 10^{14}$ ом. 10.119. $I = 3,3 \cdot 10^{-9}$ а; $\frac{I}{I_T} = 3,3\%$.

10.120. Атомнинг ионизация потенциали деб шундай потенциаллар айирмасига айтыладики, бундан ўтган электрон атомга бориб урилганда уни ионлаштиради. Шунинг учун электроннинг олган тезлиги

$\frac{mv^2}{2} = eU$ ёки $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ тенгликдан топилади. Масаладаги сон қийматларни қўйсак, $v = 2,2 \cdot 10^6$ м/сек бўлади.

10.121. 80000°K да. 10.122. $39,2 \cdot 10^{-10}$ ж.

10.123. 1) $8,3 \cdot 10^5$ м/сек; 2) $1,4 \cdot 10^6$ м/сек.

10.124. T_1 температурада вольфрамнинг солиштирма термоэлектрон эмиссияси

$$j_1 = BT_1^2 e^{-\frac{A}{kT_1}} \quad (1)$$

ва T_2 температурадагиси

$$j_2 = BT_2^2 e^{-\frac{A}{kT_2}} \quad (2)$$

(2) ни (1) га бўлсак:

$$\frac{j_2}{j_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 e^{-\frac{A}{k}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)} \quad (3)$$

Бизда $T_1 = 2400^\circ\text{K}$, $T_2 = 2500^\circ\text{K}$, $A = 4,54 \text{ эВ} = 4,54 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ ж}$, $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ ж/град}$. Бу қийматларни (3) га қўйсак $\frac{j_2}{j_1} = 2,6$ ҳосил бўлади.

10.125. 11000 марта.

10.126. $T = 2500^\circ\text{K}$ температурада соф вольфрамнинг солиштирма эмиссияси $j_1 = B_1 T_1^2 e^{-\frac{A_1}{kT_1}} = 2,84 \cdot 10^3 \text{ а/м}^2$. T_x температурада торий аралашган вольфрамнинг солиштирма эмиссияси: $j_2 = B_2 T_x^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}}$. Шартга кўра $j_1 = j_2$, яъни

$$B_2 T_x^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = 2,84 \cdot 10^3 \text{ а/м}^2 \quad (1)$$

(1) тенгламани икки усулда: 1) график ёки 2) кетма-кет яқинлашиш усулида ечиш мумкин. Мана шу икки усулни қараб чиқамиз.

1) График усул. Абсцисса ўқи бўйлаб T_x катталикни қўямиз.

Ордината ўқи бўйлаб эса $y \cdot 10^{-3} = B_2 T_x^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}}$ ни қўямиз (99-расм). Мазкур эгри чизиқнинг горизонтал тўғри чизиқ билан кесишиш нуқтасининг абсциссаси $y = 2,84 \cdot 10^3$ бўлиб, у тоғлиш керак бўлган температура ни беради. Ҳисобланган натижаларни жадвалда кўрсатиш қулайдир:

T_x, K	$z = \frac{A_2}{kT_x}$	e^{-z}	$y \cdot 10^{-3}$
1500	20,3	$16 \cdot 10^{-9}$	0,11
1700	17,7	$1,6 \cdot 10^{-8}$	1,38
1750	17,1	$3,7 \cdot 10^{-8}$	2,54
1800	16,7	$5,6 \cdot 10^{-8}$	4,25

99-расмдаги графикдан кўришиб турибдики, (1) тенгламанинг ечилиш натижаси $T_x \cong 1760^\circ\text{K}$.

2) Кетма-кет яқинлашиш усули. Солиштирма эмиссиянинг температурага боғланиши T^2 кўпайтирувчи билан эмас, асосан

экспоненциал кўлайтувчи $e^{-\frac{A}{kT}}$ билан аниқланганлигидан, биринчи яқинлашишда қуйидагича олиш мумкин:

$$B_2 T_1^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = B_2 (2500)^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = 2,84 \cdot 10^3 \text{ а/м}^2,$$

бундан $e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = \frac{2,84 \cdot 10^3}{B_2 T_1^2} = 1,86 \times 10^{-8}$ ва $T_x = 1690^\circ\text{К}$ — биринчи яқинлашиш.

Иккинчи яқинлашишда

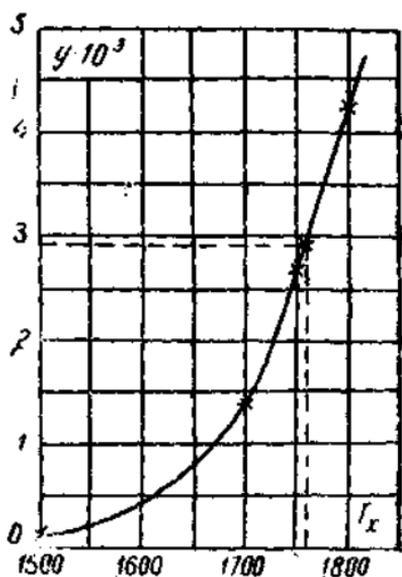
$B_2 (1690)^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = 2,84 \cdot 10^3 \text{ а/м}^2$,
бундан $T_x = 1770^\circ\text{К}$ — иккинчи яқинлашиш.

Сўнгра, $B_2 (1770)^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = 2,84 \times 10^3 \text{ а/м}^2$, бундан $T_x = 1750^\circ\text{К}$ — учинчи яқинлашиш.

Худди шунга ўхшаш

$B_2 (1750)^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = 2,84 \cdot 10^3 \text{ а/м}^2$,
бундан $T_x = 1760^\circ\text{К}$ — тўртинчи яқинлашиш.

Бешинчи яқинлашиш учинчи қий-
матли рақам аниқлигида тўртинчи
яқинлашишга мос келишига ишонч
ҳосил қилиш қийин эмас. Шундай
қилиб, изланган ечим $T_x = 1760^\circ\text{К}$.



99-расм.

11- §. Электромагнетизм

11.1. $H = 39,8 \text{ а/м}$. 11.2. $H = 50 \text{ а/м}$.

11.3. $H_1 = 120 \text{ а/м}$; $H_2 = 159 \text{ а/м}$; $H_3 = 135 \text{ а/м}$

11.4. $H_1 = 199 \text{ а/м}$; $H_2 = 0$; $H_3 = 183 \text{ а/м}$.

11.5. Магнит майдони кучланганлиги нолга тенг бўлган нуқта
A дан 3,3 см узоқликдаги I_1 ва I_2 нуқталар орасида бўлади.

11.6. Магнит майдони кучланганлиги нолга тенг бўлган нуқталар
A нуқтадан ўнроқда ва ундан 1,8 см ва 6,96 см узоқда бўлади

11.7. $H_1 = 8 \text{ а/м}$; $H_2 = 55,8 \text{ а/м}$.

11.8. $H_1 = 35,6 \text{ а/м}$; $H_2 = 57,4 \text{ а/м}$.

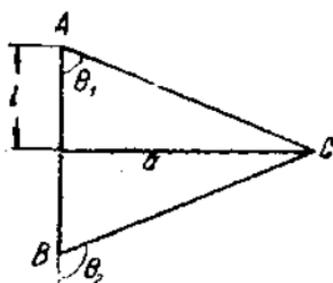
11.9. $H = 8 \text{ а/м}$. Магнит майдони кучланганлиги шккала см
орқали ўтувчи текисликка перпендикуляр йўналган.

11.10. Агар токнинг магнит майдони Ер магнит майдонининг го-
ризонтал ташкил этувчисини компенсация қилса, натижавий майдон

вертикал юқорига йўналган бўлади. Чунки $H = H_r = \frac{I}{2\pi r}$ бўлганлигидан, $r = \frac{I}{2\pi H_r} = 0,08$ м.

11.11. C нуқтадаги магнит майдонининг кучланганлиги (100-расмга қаралсин) $H = \int_0^{\theta_2} \frac{I \sin \theta dl}{4\pi r^2}$. Бироқ $l = a \operatorname{ctg} \theta$ ва $dl = -\frac{ad\theta}{\sin^2 \theta}$. Сўнгра,

$r = \frac{a}{\sin \theta}$. Демак, $H = -\frac{I}{4\pi a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta = \frac{I}{4\pi a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$. Шарт



100-расм.

бўйича $I = 20$ а, $a = 5 \cdot 10^{-2}$ м, $\theta_1 = 60^\circ$, $\theta_2 = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$. Сон қийматларини ўрнига қўйсак, $H = 31,8$ а/м бўлади.

11.12. $H = 56,5$ а/м. 11.13. $a < 5$ см.

11.14. 1) $I > 0,245$ м; 2) $H = 358$ а/м.

11.15. $H = 77,3$ а/м. 11.16. $U =$

$$= \frac{\pi r^2}{SH} = 0,12 \text{ в.}$$

11.17. $H = 12,7$ а/м. 11.18. $H =$

$= 25,7$ а/м. 11.19. 1) $H = 12,2$ а/м;

2) $H = 0$. 11.20. 1) $H = 62,2$ а/м;

2) $H = 38,2$ а/м. 11.22. $H = 177$ а/м.

11.23. $H = 35,8$ а/м. 11.24. $U_2 = 4U_1$. 11.25. $L = 0,2$ м.

11.26. $r = 8 \cdot 10^{-2}$ м. 11.27. $H = 6670$ а/м. 11.28. $H = 1250$ а/м.

11.29. 4 қатламдан. 11.30. 1) $NI = 200$ ампер-ўрам; 2) 2,7 в.

11.31. $\frac{L}{D} = \frac{1 - \delta}{\sqrt{1 - (1 - \delta)^2}} \approx \frac{1 - \delta}{\sqrt{2\delta}}$, $\delta < 0,05$ бўлганда $\frac{L}{D} > 3$

ҳосил бўлади.

11.32. $\delta = 3\%$.

11.33. 101-расмда текшириш керак бўлган $H = f(x)$ боғланиш тасвирланган.

11.34. $H_r = 16$ а/м

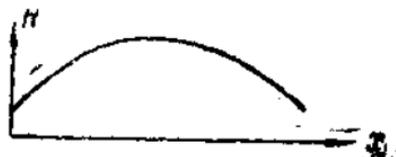
Кўрсатма. 139-бетдаги шунга ўхшаш масаланинг ечилишига қаралсин.

11.35. $n = 100$ сек⁻¹.

11.36. $\Phi = 1,13 \cdot 10^{-4}$ вб. 10.37. $\Phi = 0,157$ вб.

11.38. 1) $\Phi = 1,6 \cdot 10^{-4} \times \cos(4\pi t + \theta)$ вб, бунда θ — рамкага тушган нормал билан бошланғич вақт пайтидаги магнит майдонининг йўналиши орасидаги бурчак; 2) $\Phi_{\max} = 1,6 \cdot 10^{-4}$ вб.

11.39. Маълумки



101-расм.

$$\mu = \frac{B}{H\mu_0} \quad (1)$$

Шарт бўйича, $H = 10,3 = 796 \text{ а/м} \cong 800 \text{ а/м}$. Иловада берилган $B = f(H)$ графиги бўйича $H = 0,8 \cdot 10^3 \text{ а/м}$ қийматига $B = 1,4 \text{ тл}$ тўғри келишини топамиз. μ_0 , H ва B қийматларини (1) га қўйсақ, $\mu = 1400$ бўлади.

11.40. 500 ампер-ўрам. 11.41. 955 ампер-ўрам. 11.42. $\mu = 440$.

11.43. $IN = 5000$ ампер-ўрам. 11.44. $B = 1,8 \text{ тл}$; $\mu = 200$.

11.45. Ҳақла ва ҳаво бўшлиғида магнит индукцияси бир кил, яъни

$$B_2 = B_1 = \frac{\Phi}{S} = \frac{IN\mu_0}{\frac{l_1}{\mu_1} + \frac{l_2}{\mu_2}} \quad (1)$$

$$B_2 = \mu_0\mu_2 H_2 \quad (2)$$

бўлганлигидан (1) формула шундай ёзилади:

$$B_2 \frac{l_1}{\mu_1} + \mu_0 H_2 l_2 = IN\mu_0 \quad (3)$$

(3) тенглама (H , B) координата ўқларидаги тўғри чизиқ тенгласидир. Бироқ H ва B катталиклари, (3) тенгламадан ташқари, $B = f(H)$ график орқали ҳам боғлиқ. Тўғри чизиқ (3) кесилиши нуқтасининг ва $B = f(H)$ боғланишига мос келувчи эгри чизикнинг ординатаси магнит индукцияси $B_2 = B_1$ қийматини беради. (3) тенглама бўйича тўғри чизиқ ясаш учун қуйидагини топамиз: $H = 0$ бўлганда

$$B = \frac{IN\mu_0\mu_1}{l_1} = 0,94 \text{ тл};$$

$B = 0$ бўлганда $H = \frac{IN}{l_2} = 2000 \text{ а/м}$. Изланган кесилиши нуқтаси $B_2 =$

$= B_1 = 0,78 \text{ тл}$ ни беради. У ҳолда ҳаво бўшлиғи учун $H_1 = \frac{B_1}{\mu_0\mu_1} = 6,2 \cdot 10^5 \text{ а/м}$.

11.46. 1,9 марта (олдинги масала ечилишига қаралсин).

11.48. $p = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{а}$. 11.49. $\Phi = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ вб}$.

11.50. Маълумки $H = \frac{I}{2\pi x}$. Ҳалқа кўндаланг кесими юзининг $dS = hdx$ га тенг бўлган элементини оламиз. Унда мазкур элемент орқали ўтувчи магнит индукциясининг оқими $d\Phi = BdS = \mu_0\mu \frac{I}{2\pi x} hdx$ бўлади. Ҳалқанинг бутун кўндаланг кесими орқали ўтувчи оқим

$$\Phi = \frac{\mu_0\mu I h}{2\pi} \int_{l_1}^{l_2} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0\mu I h}{2\pi} \ln \frac{l_2}{l_1}.$$

μ ни топиб ва бошқа қийматларни қўйиб, $\Phi = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ вб}$ чиқарилади.

11.51. $I = 620 \text{ а}$. 11.52. $I = 60 \text{ а}$.

11.53. 1) $I = 11,3 \text{ а}$; 2) $\mu = 457$

11.54. 1) Маълумки $B = \frac{IN\mu_0}{l_1/\mu_1 + l_2/\mu_2}$, бундан керакли ампер-ўрам сонни $IN = \frac{B}{\mu_0} \left(\frac{l_1}{\mu_1} + \frac{l_2}{\mu_2} \right) = \frac{Bl_1}{\mu_0\mu_1} + Hl_2$. $B = f(H)$ эгри чизиқ орқали индукция қиймати $B = 14000$ *гс* = 1,4 *тл* га $H = 800$ *а/м* қиймат мувофиқ келишни аниқлаймиз. Демак, $IN = 1,14 \cdot 10^4$ ампер-ўрам. Сўнгра, $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}S}{\rho l DN}$, бундан $\mathcal{E} = \frac{IN\rho l D}{S} = 31$ *в*.

2) Сым диаметри $d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = 1,13 \cdot 10^{-3}$ *м* бўлганлигидан, соленоиднинг бутун узунлигида $N = \frac{40 \cdot 10^{-2}}{1,13 \cdot 10^{-3}} = 354$ ўрам жойлашади. $I = jS = 3$ *а*, $N = 3830$ ўрам, бундан керакли қатлам сонни $\frac{3830}{354} \approx 11$ бўлади ва сым диаметри $1,13 \cdot 10^{-3}$ *м* бўлганлигидан 11 қавати $1,2 \cdot 10^{-2}$ *м* = 1,2 *см* қалинликда бўлади.

11.55. $F = 4,9$ *н*.

11.56. $A = \int_{x_1}^{x_2} F dx = \int_{x_1}^{x_2} \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2\pi x} dx = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2\pi} \ln \frac{x_2}{x_1}$ ва ўтказгичнинг узунлик бирлигига тўғри келган иш

$$\frac{A}{l} = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2}{2\pi} \ln \frac{x_2}{x_1} = 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ ж/м.}$$

11.57. $I_1 = I_2 = 20$ *а*. 11.58. 1) $3,53 \cdot 10^{-4}$ *н·ж*; 2) $4,5 \cdot 10^{-4}$ *н·ж*.

11.59. 1) 0,125%; 2) $3,2 \cdot 10^{-6}$ *н*.

11.60. 1) $M = 2,4 \cdot 10^{-9}$ *н·ж*; 2) $M = 1,2 \cdot 10^{-9}$ *н·ж*.

11.61. Магнит стрелкасига таъсир этувчи айлантирувчи момент $M = pB \sin \alpha$ бўлиб, бунда p —стрелканинг магнит моменти ва $B = \mu_0 \mu H = \frac{I\mu_0 \mu}{2\pi a}$ —токининг магнит майдони индукцияси. Бу айлантирувчи момент M ипни $\varphi = \frac{2IM}{\pi G r^2}$ бурчакка бурлади, бунда l — ип узунлиги, r — ипнинг радиуси ва G — ип материалнинг буралниш модули. $\sin \alpha = 1$ бўлганлигидан $M = pB = r \frac{I\mu_0 \mu}{2\pi a}$. У ҳолда $\varphi = \frac{\mu_0 \mu I l p}{a r^2 G r^2}$. Бизда $I = 30$ *а*, $l = 0,1$ *м*, $p = 10^{-2}$ *а·м²*, $a = 0,2$ *м*, $G = 600$ *кг/мм²* = $5,9 \cdot 10^9$ *н/м²* ва $r = 0,05$ *мм* = $5 \cdot 10^{-6}$ *м*. Бу қийматларни ўрнига қўйсақ, $\varphi = 0,52$ *рад* ёки $\varphi = 30^\circ$ келиб чиқади.

11.62. $I = 10^{-7}$ *а*. 11.63. $5 \cdot 10^{10}$ *н/м²*. 11.64. $A = 5 \cdot 10^{-4}$ *ж*.

11.65. 1) $A = 0,2$ *ж*; 2) $P = 2 \cdot 10^{-2}$ *вт*.

11.66. 1) ab радиусга таъсир этувчи куч (57-расмга қаранг) $F = B I r$ га тенг. Дискнинг бир айланишида бажарилган иш $A = BIS$, бунда S — радиуснинг бир айланишида ҳосил бўлган юз, яъни дискнинг юзи. Бундай двигателнинг қуввати $P = \frac{A}{t} = v B I \pi r^2 = 2,36 \times 10^{-2}$ *вт*. 2) Диск соат стрелкасига қарши айланади, 3) радиус аломанти dx га таъсир қилувчи куч $dF = B I dx$ формуладан аниқланади.

Бу элементга таъсир этувчи айлантирувчи момент, $dM = x dF = B l dx$, бунда x — айланиш ўқидан dx элементигача бўлган оралик. Бутун

дискка таъсир этаётган айлантирувчи момент, $M = \int_0^r B l x dx = \frac{B l r^2}{2}$.

Бизда $B = 0,2$ тл, $l = 5$ а, $r = 5 \cdot 10^{-2}$ м. Бу қийматларни ўрнига қўйсак, $M = 12,5 \cdot 10^{-6}$ н·м ҳосил бўлади.

11.67. $I = 15,3$ а. 11.68. $\Phi = 1$ вб.

11.69. 1) $R = 9 \cdot 10^{-2}$ м. 2) Маълумки $T = \frac{2\pi R}{v}$, шу билан бирга

$R = \frac{mv}{eB}$. Демак, $T = \frac{2\pi m}{eB}$, яъни давр электрон тезлигига боғлиқ эмас.

Масаладаги сон қийматларни ўрнига қўйсак, $T = 3 \cdot 10^{-8}$ сек ни топамиз. 3) $1,5 \cdot 10^{-24}$ кг·м²/сек. 11.70. $F = 4 \cdot 10^{-16}$ н.

11.71. $F = 4,7 \cdot 10^{-12}$ н.

11.72. $a_1 = 0$ (ҳаракатнинг ҳамма вақтида); $a_n = \text{const} = 7 \times 10^{15}$ м/сек².

11.73. $W = 17,3$ Мэв. 11.74. $\frac{R_1}{R_2} = \frac{m_1}{m_2} = 1840$.

11.75. $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = \sqrt{1840} = 42,9$. 11.76. $W = 88$ кэв.

11.77. $q = 3,2 \cdot 10^{19}$ к. 11.78. 2 марта.

11.79. 1) $F = 5 \cdot 10^{-16}$ н; 2) $R = 3,2 \cdot 10^{-2}$ м = 3,2 см; 3) $T = 1,3 \cdot 10^{-8}$ сек.

11.80. $W = 500$ эв. 11.81. $R_1 = 0,195$ м; $R_2 = 0,200$ м.

11.82. $q/m = 4,8 \cdot 10^7$ к/кг. Электрон учун $q/m = 1,76 \cdot 10^{11}$ к/кг, протон учун $q/m = 9,6 \cdot 10^7$ к/кг, α -заррача учун $q/m = 4,8 \cdot 10^7$ к/кг.

11.83. Электроннинг умумий силжиши $x = x_1 + x_2$, бунда x_1 — электроннинг магнит майдонидаги силжиши (102-расм). Электрон

магнит майдонида эгрилик радиуси $R = \frac{mv}{eB}$ бўлган айлана бўйлаб ҳаракат қилади. x_1 силжиши $x_1 = DC = OC - OD$ муносабатдан топниши

мумкин. Бироқ $OC = R$ ва $OD = \sqrt{ON^2 - DM^2} = \sqrt{R^2 - l^2}$. Шундай

қилиб, $x_1 = R - \sqrt{R^2 - l^2}$. x_2 силжиши $\frac{x_2}{l_1} = \frac{DM}{DO}$ пропорциядан топниши

мумкин, бундан $x_2 = l_1 \frac{l}{\sqrt{R^2 - l^2}}$. Унда умумий силжиш $x = R -$

$-\sqrt{R^2 - l^2} + l_1 \frac{l}{\sqrt{R^2 - l^2}}$. Маълумки $R = \frac{mv}{eB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Um}{e}}$, бунда U —

қўйилган потенциаллар айирмаси. Масаладаги сон қийматларни қўйсак $R = 4 \cdot 10^{-2}$ м = 4 см, $x = 4,9 \cdot 10^{-2}$ м = 4,9 см.

11.84. 1) $a_n = 0$; $a = a_t = \frac{eE}{m} = 1,76 \cdot 10^{16}$ м/сек²;

2) $a_t = 0$; $a = a_n = \sqrt{\left(\frac{evB}{m}\right)^2 + \left(\frac{eE}{m}\right)^2} = 2,5 \cdot 10^{16}$ м/сек².

11.85. 1) $v = 2 \cdot 10^8$ м/сек; 2) $R = 2,3 \cdot 10^{-2}$ м

11.86. Магнит майдонига учиб кираётган электроннинг тезлиги

$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$. v тезликини иккита ташкил этувчига: v_{\parallel} — куч чизиклари бўйлаб йўналган ташкил этувчига ва v_{\perp} — куч чизикларига тик йўналган ташкил этувчига ажратамиз. Электрон йўлининг B га тик жойлашган текисликка бўлган проекцияси, радиуси спираль ўрамининг излаётган радиусига тенг бўлган айланани беради ва у қуйидаги формуладан топилади:

$$R = \frac{mv_{\perp}}{eB} = \frac{mv \sin \alpha}{eB}, \quad (1)$$

бунда α — электрон тезлигининг йўналиши билан майдон йўналиши орасидаги бурчак. Электроннинг

айланиши даври $T = \frac{2\pi R}{v \sin \alpha} = \frac{2\pi m}{eB}$

бўлганлигидан электрон винтли траекториясининг қадами

$$l = v_{\parallel} T = \frac{2\pi mv \cos \alpha}{eB}. \quad (2)$$

Масаладаги сон қийматларни (1) ва (2) га қўйсак: 1) $R = 10^{-2}$ м = 1 см, 2) $l = 11 \cdot 10^{-2}$ м = 11 см.

11.87. $W = 433$ эв. 11.88. 1) $R = 5$ мм, 2) $l = 3,6$ см.

11.89. $l = 3,94 \cdot 10^{-2}$ м = 3,94 см.

11.90. 1) $n = \frac{IB}{Uca} = 8,1 \cdot 10^{28}$ м⁻³, 2) $\bar{v} = \frac{j}{ne} = \frac{I}{Sne} = 3,1 \cdot 10^{-4}$ м/сек.

11.91. $U = 2,7 \cdot 10^{-6}$ в. 11.92. $u = 0,65$ м²/в·сек.

11.93. $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{1}{dt}(Bldx) = -Blv = -0,15$ в.

11.94. $\mathcal{E}_{\text{эрт}} = 78,5$ в. 11.95. $\mathcal{E} = 165$ мв.

11.96. Стержень ҳар айланишида $\Phi = BS = B\pi l^2$ га тенг магнит оқинини кесиб ўтади, бунда l — стержень узунлиги. Агар стержень

v ай/сек қиладиган бўлса, у ҳолда $\mathcal{E} = B\pi l^2 v = B\pi l^2 \frac{\omega}{2\pi} = B l^2 \frac{\omega}{2}$, бунда

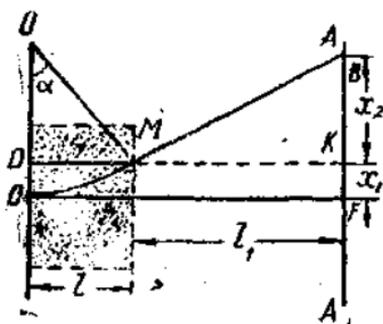
ω — стержень айланишининг бурчак тезлиги. Сон қийматларини ўринга қўйсак, $\mathcal{E} = 0,5$ в ҳосил бўлади.

11.97. 0,5 м/сек. 11.98. $\mathcal{E}_{\text{эрт}} = 1$ в.

11.99. $\mathcal{E}_{\text{мах}} = \Phi_0 \omega = BS N l v$ бунда, N — галтак ўрамларининг сонн да v — бир секунддаги айланишлар сонн. Сон қийматларини ўринга қўйсак, $\mathcal{E}_{\text{мах}} = 3,14$ в ни тонамиз.

11.100. $\mathcal{E}_{\text{мах}} = 0,09$ в. 11.101. $\mathcal{E} = 4,7$ мв. 11. 102. 6,4 ай/сек бўлганда.

11.103. $\mathcal{E}_{\text{эрт}} = 0,018$ в. 11.104. $\mathcal{E}_{\text{эрт}} = 5,1$ в. 11.105. $\mathcal{E}_{\text{эрт}} = 1,57$ в.



102- расм.

- 11.106. $m_{\max} = 250$ мв. 11.107. 1) $L = 0,9$ мГн; 2) $L = 0,36$ Гн.
 11.108. $L = 5,5 \cdot 10^{-8}$ Гн. 11.109. 1) $L = 7,1 \cdot 10^{-4}$ Гн; 2) $\Phi = 3,55 \cdot 10^{-6}$ Вб.
 11.110. $N = 380$ ўрам. 11.111. $\mu = 1400$. 11.112. $I = 1$ а бўлганда
 11.113. $N = 500$. 11.114. 1) $\mu = 1400$; 2) $I = 1,6$ а.
 11.115. 1) $\mu = 640$; 2) $L = 6,4 \cdot 10^{-2}$ Гн.
 11.116. 1) $L = 9,0$ Гн; 2) $L = 5,8$ Гн; 3) $L = 0,83$ Гн.
 11.117.

$$L_1 = \mu_0 \mu n_1^2 l S \quad (1)$$

ва

$$L_2 = \mu_0 \mu n_2^2 l S. \quad (2)$$

Умумий ўзакка эга ғалтакларнинг ўзаро индукцияси

$$L_{12} = \mu_0 \mu n_1 n_2 l S. \quad (3)$$

(1) ни (2) га кўпайтирсак $L_1 L_2 = (\mu \mu l S)^2 n_1^2 n_2^2$, буидан

$$n_1 n_2 = \frac{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}{\mu_0 \mu l S}. \quad (4)$$

(4) ни (3) га қўйсак, $L_{12} = \sqrt{L_1 L_2}$. Унда $\mathcal{E}_2 = -L_{12} \frac{dI_1}{dt}$ бўлганлигидан,

иккинчи ғалтакдаги ток кучининг ўртача қиймати $I_2 = \frac{L_{12}}{R} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{R} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$. Масалалаги сон қийматларин қўйсак, $I_2 = 0,2$ а.

11.118. Рамкадаги индукцияланган электр миқдори

$$q = -\frac{1}{R} \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi = \frac{1}{R} (\Phi_2 - \Phi_1). \quad (1)$$

бунда Φ_1 — рамканинг биринчи ҳолатида ундан ўтувчи магнит индукциясининг оқими ва Φ_2 — рамканинг иккинчи ҳолатида ундан ўтувчи магнит индукциясининг оқими. Бизда $\Phi_2 = 0$, ундан ташқари.

$$R = \frac{\rho l}{S_{\text{сим}}} = \frac{\rho 4a}{S_{\text{сим}}} = \frac{\rho 4 \sqrt{S_p}}{S_{\text{сим}}}. \quad (2)$$

(2) да a — рамка томони, S_p — рамка юзи ва $S_{\text{сим}}$ — симнинг кўндаланг

кесими юзи. $\Phi_1 = B S_p$ бўлганлигидан, $q = \frac{B S_{\text{сим}} \sqrt{S_p}}{4\rho} = 0,074$ К.

11.119. $q = 1,5 \cdot 10^{-4}$ К. 11. 120. $q = 2,5 \cdot 10^{-4}$ К.

11.121. $C = 10^{-8}$ К/бўлинма. 11. 122. $B = 0,2$ тл.

11.123. Торондаги магнит майдонининг кучланганлиги

$$H = \frac{IN_1}{l}. \quad (1)$$

Агар бирламчи ғалтакдаги токнинг йўналишини қарама-қарши томонга ўзгартирилса, гальванометр орқали ўтадиган электр миқдори $q = \frac{2\Phi N_2}{R}$ бўлади, бунда Φ — тороид кўндаланг кесими юзидан ўтувчи магнит индукциясининг оқими, R — иккиламчи занжир қаршилиги. Бироқ $\Phi = BS = \mu_0 \mu HS = \mu_0 \mu S \frac{IN_1}{l}$, демак, $q = \frac{2N_2 \mu_0 \mu S I N_1}{Rl}$, бундан $\mu = \frac{qRl}{2\mu_0 N_1 N_2 S I}$. Бироқ $q = C\alpha$ ва охириги натижа

$$\mu = \frac{C\alpha Rl}{2\mu_0 N_1 N_2 S I} \quad (2)$$

бўлади. (1) ва (2) га l нинг турли қийматларини ва масала шартида берилган жадвалдан α нинг тегишли қийматларини қўйсак, қуйидаги жадвалга эга бўламиз:

l, a	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$H, a/m$	133	266	400	533	667
μ	1440	2190	2050	1790	1520

11.124. $\mu = 1200$. 11.125. 0,126 сек дан кейин. 11.126. $2,5 \times 10^{-4}$ секунддан кейин.

11.127. 1,5 марта. 11.128. 0,01 секунддан кейин.

11.130. 1) $\Phi = B_0 S \sin \omega t = 2,5 \cdot 10^{-5} \sin 100 \pi t$ вб, $\Phi_{\max} = 2,5 \times 10^{-5}$ вб; 2) $\mathcal{E} = -7,85 \cdot 10^{-3} \cos 100\pi t$ в; $\mathcal{E}_{\max} = 7,85 \cdot 10^{-3}$ в; 3) $i = -2,3 \cos 100 \pi t$; $i_{\max} = 2,3$ а.

11.131. 1) $\mathcal{E} = -33 \cos 100 \pi t$ в; 2) $W = \frac{L I^2}{2} = 0,263 \sin^2 100 \pi t$ ж.

11.132. 1) $\mathcal{E} = -L_{12} \frac{dI}{dt} = -L_{12} I_0 \omega \cos \omega t = 15,7 \cos 100 \pi t$ в;
2) $i_{\max} = 15,7$ а.

IV БОВ

ТЕБРАНИШЛАР ВА ТЎЛҚИНЛАР

12-§. Гармоник тебранма ҳаракат ва тўлқинлар

12.1. $x = 5 \sin \left(5\pi t + \frac{\pi}{4} \right)$ см

12.2. $x = 0,1 \sin 0,5 \pi t$ м.

12.3. 1) $x = 50 \sin \left(\frac{\pi t}{2} + \frac{\pi}{4} \right)$ мм; 2) $x_1 = 35,2$ мм; $x_2 = 0$.

12.4. 1) $x = 5 \sin \frac{\pi t}{4}$ см; 2) $x = 5 \sin \left(\frac{\pi t}{4} + \frac{\pi}{2} \right)$ см; 3) $x = 5 \sin \left(\frac{\pi t}{4} + \pi \right)$ см; 4) $x = 5 \sin \left(\frac{\pi t}{4} + \frac{3\pi}{2} \right)$ см; 5) $x = 5 \sin \frac{\pi t}{4}$ см.

12.5. 103- расмга қаранг.

12.6. Берилган $x = A \sin \left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi \right)$.

Шартга кўра $x = \frac{A}{2}$, бундан танқари, $T = 24$ сек ва $\varphi = 0$. Демак, $0,5 = \sin \left(\frac{\pi}{12} t \right)$, яъни $\left(\frac{\pi}{12} t \right) = 30^\circ = \frac{\pi}{6}$, бундан $t = 2$ сек.

12.7. $t = \frac{1}{6} T$.

12.8. 1 секундан сўнг.

12.9. $v_{\max} = 7,85 \cdot 10^{-2}$ м/сек.

$a_{\max} = 12,3 \cdot 10^{-2}$ м/сек².

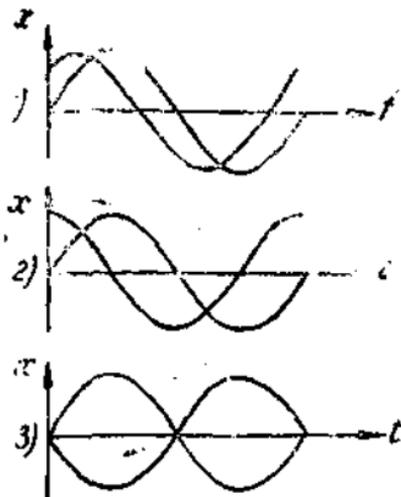
12.10. 1) 4 сек; 2) $3,14 \cdot 10^{-2}$ м/сек;

3) $4,93 \cdot 10^{-2}$ м/сек²

12.11. Шартга кўра $x =$

$= \sin \frac{\pi}{6} t$. Бундан тезлик $v = \frac{dx}{dt} =$

$= \frac{\pi}{6} \cos \left(\frac{\pi}{6} t \right)$. $\cos \left(\frac{\pi}{6} t \right) = 1$, яъни $\frac{\pi}{6} t = n\pi$ бўлганда (бунда



103- расм.

$n = 0, 1, 2, \dots$) тезлик максимал бўлади. Шундай қилиб, $t = 0, 6, 12$ сек, . вақт пайтида максимал тезликка эришилади. $\sin\left(\frac{\pi}{6}t\right) = 1$, яъни $\frac{\pi}{6}t = (2n+1)\frac{\pi}{2}$ бўлганда тезланиш максимал бўлади. Шундай қилиб, $t = 3, 9, 15$ сек, . . . вақт пайтида максимал тезланишга эришилади.

12.12. $v = 0,136$ м/сек.

12.13. $x = 5 \cdot 10^{-2} \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ м.

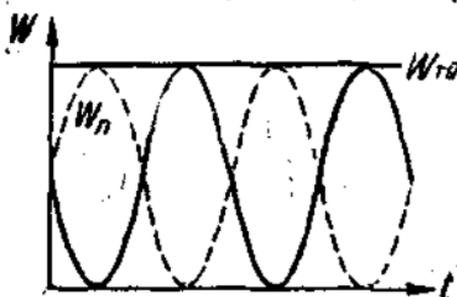
12.14. $A = 3,1 \cdot 10^{-2}$ м; $T = 4,1$ сек.

12.15. $F_{\max} = 24,6 \cdot 10^{-6}$ н.

12.16. $F_{\max} = 19,7 \cdot 10^{-6}$ н;

$W_{\text{тула}} = 4,93 \cdot 10^{-6}$ ж.

12.17. Масаланинг шартинда берилган тенглама бўйича тебранувчи нуқтанинг кинетик, потенциал ва тула энергиясининг вақтга боғлиқлиги 104-расмда тасвирланган. График битта давр миқёсида берилган. Графикдан (104-расм) кўринишича, энергиянинг тебраниш даври тебранма ҳаракат даврининг ўзидан икки баравар кичик



104-расм.

12.18. 1) $\frac{W_k}{W_n} = 3$; 2) $\frac{W_k}{W_n} = 1$; 3) $\frac{W_k}{W_n} = \frac{1}{3}$:

12.19. 1) $\frac{W_k}{W_n} = 15$; 2) $\frac{W_k}{W_n} = 3$; 3) $\frac{W_k}{W_n} = 0$.

12.20. $x = 0,04 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ м.

12.21. $x = \frac{FA^2}{2W} = 1,5 \cdot 10^{-2}$ м.

12.22. Шарчанинг тебраниш даври $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2,8$ сек. Мувозанатлик вазиятидан оз оғишларда тебранишлар амплитудаси қуйидагича топилиши мумкин: $A = l \sin \alpha \approx 2 \cdot 0,0698$ м $\approx 0,14$ м. У ҳолда шарчанинг ҳаракат тенгласи бундай ёзилади: $x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = 0,14 \sin\left(\frac{2\pi}{2,8}t\right)$ м (вақт мувозанатлик вазиятидан бошлаб ҳисобланган). Шарча мувозанатлик вазиятидан ўтаётганида унинг тезлиги энг катта қийматга эришади. $v = \frac{0,14 \cdot 2\pi}{2,8} \cos\left(\frac{2\pi}{2,8}t\right)$ м/сек бўлганда, $v_{\max} = \frac{0,14 \cdot 2\pi}{2,8}$ м/сек $= 0,31$ м/сек бўлади. Шу тезликнинг ўзини $mgh = \frac{mv^2}{2}$ нисбатдан топишимиз мумкин, бунда h — шарчанинг кўтарилли

балаидлиги. Бундан $v = \sqrt{2gh}$. $h = l(1 - \cos \alpha)$ эканлигини кўриш қийин эмас; бунда l — ил узунлиги. У ҳолда $v = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} = 0,31$ м/сек. Маятник мувозанатлик вазиятидан кўпроқ остида маятникнинг тебраниши гармоник бўлмайди.

12.23. 0,78 сек.

12.24. $k = 805$ н/м.

12.25. Давр икки барабар кичраяди.

12.26. Давр 1,8 барабар кичраяди.

12.27. Берилган $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

ёки

$$T_1^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k}. \quad (1)$$

Δm юк қўйилганидан кейин бундай бўлади:

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m + \Delta m}{k}} \quad \text{ёки} \quad T_2^2 = 4\pi^2 \frac{m + \Delta m}{k}. \quad (2)$$

(2) дан (1) ни айирсак, $T_2^2 - T_1^2 = 4\pi^2 \frac{\Delta m}{k}$. Лекин $k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{\Delta mg}{\Delta l}$, бунда F — пружинани Δl узайтирадиган куч. Шундай қилиб, $T_2^2 - T_1^2 = 4\pi^2 \frac{\Delta l}{g}$, ёки $\Delta l = \frac{g}{4\pi^2} (T_2^2 - T_1^2)$. Масаланинг сон қийматларини ўрнига қўйсак, $\Delta l = 2,7 \cdot 10^{-2}$ м = 2,7 см келиб чиқади.

12.28. $T = 0,93$ сек.

12.29. Сузаетган ареометрга оғирлик кучи (паста) ва Архимед кучи (юқорига) таъсир кўрсатади. Шунинг учун мувозанатда $P = \rho g(V + Sh)$, буидаги $(V + Sh)$ — суюқликда турган ареометр ҳажмининг бир қисми. Ареометр x чуқурликка ботирилса, натижавий итарувчи куч $F = \rho g[V + S(h + x)] - P = \rho g[V + S(h + x)] - \rho g(V + Sh) = \rho gSx = kx$, бунда $k = \rho gS$. У ҳолда $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ бўлган-

лигидан $T = \frac{4}{d} \sqrt{\frac{m\pi}{\rho g}}$, бундан эса $\rho = \frac{16\pi m}{T^2 d^2 g} = 890$ кг/м³

12.30. $x = 3,7 \cdot 10^{-2} \sin\left(\frac{\pi t}{4} + \frac{\pi}{8}\right)$ м.

12.31. $A = 4,6 \cdot 10^{-2}$ м, $\varphi = 62^\circ 46'$.

12.32. $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{3}$.

12.33. 1) $A = 5$ см, $\varphi = 36^\circ 52' \approx 0,2\pi$; 2) $x = 5 \sin(\pi t + 0,2\pi)$ см.

12.34. Мураккаб тебраниш спектрдан кўринишича (61-расмга қаранг), биринчи тебранишнинг амплитудаси $A_1 = 0,03$ м ва частотаси $\nu_1 = 0,2$ сек⁻¹, иккинчиси — $A_2 = 0,02$ м ва $\nu_2 = 0,5$ сек⁻¹ ҳамда учинчиси — $A_3 = 0,01$ м ва частотаси $\nu_3 = 1$ сек⁻¹. Шундай қилиб, мазкур тебранишларнинг тенгламаси:

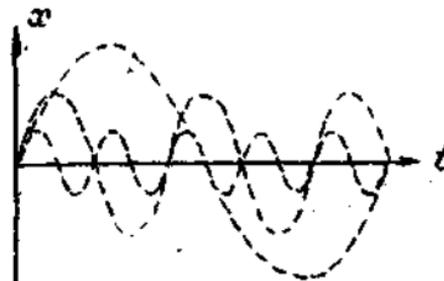
$$x = 0,03 \sin 0,4\pi t \text{ м,}$$

$$x = 0,02 \sin \pi t \text{ м.}$$

$$x = 0,01 \sin 2\pi t \text{ м.}$$

2) 105- расмда маъқур тебранишларнинг сифат графиклари берилган.

3) Ҳуқувчиларга $x = f(t)$ тебранишларнинг барчаси учун жадваллар тузиш ва абсцисса ўқидаги бир қанча нуқталар учун синусоидалар оординаталарини қўшиб мураккаб тебраниш графигини топиш таклиф этилади.



105- расм

12.35. 106- расмда мураккаб тебраниш спектри тасвирланган.

12.36. Берилган

$$x = A \sin 2\pi\nu_1 t \quad (1)$$

ва

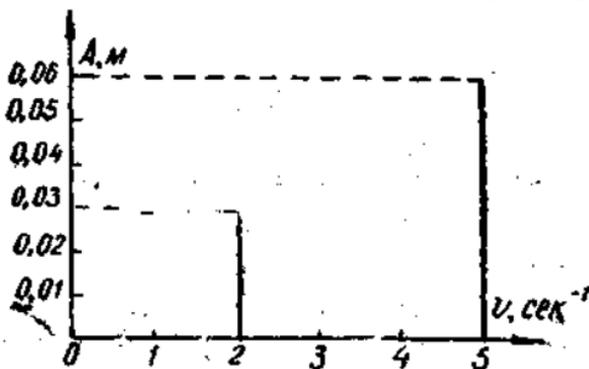
$$A = A_0(1 + \cos 2\pi\nu_2 t). \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйиб,

$$x = A_0(1 + \cos 2\pi\nu_2 t) \sin 2\pi\nu_1 t = A_0 \sin 2\pi\nu_1 t + A_0 \cos 2\pi\nu_2 t \sin 2\pi\nu_1 t = \\ = A_0 \sin 2\pi\nu_1 t + \frac{A_0}{2} \sin[2\pi(\nu_1 - \nu_2)t] + \frac{A_0}{2} \sin[2\pi(\nu_1 + \nu_2)t].$$

Шундай қилиб, қараб чиқилаётган тебраниш частоталари ν_1 , $(\nu_1 - \nu_2)$

ва $(\nu_1 + \nu_2)$ ҳамда амплитудалари тегишлича A_0 , $\frac{A_0}{2}$ ва $\frac{A_0}{2}$ бўлган учта



106- расм.

гармоник тебранма ҳаракатлар йиғиндисига ажратилиши мумкин. Мураккаб тебраниш амплитудаси вақтга қараб ўзгаради. Бу турдаги тебраниш гармоник тебранма ҳаракат бўлмай қолади ва модуллашган тебраниш деб аталади.

12.37. Бирдай даврли иккита ўзаро перпендикуляр тебранишлар қўшилганда натижавий тебранишлар траекториясининг тенгламаси бундай кўриниш олади:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1). \quad (1)$$

Бизда $(\varphi_2 - \varphi_1) = 0$ бўлганлигидан, (1) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$\frac{x_2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} = 0 \text{ ёки } \left(\frac{x}{A_1} - \frac{y}{A_2}\right)^2 = 0,$$

бундан $y = \frac{A_2}{A_1} x$ — тўғри чизик тенграмаси бўлади. Шундай қилиб, натижавий тебраниш тўғри чизик бўйича содир бўлади. Тўғри чизикнинг оғиш бурчаги $\operatorname{tg} \alpha = \frac{A_2}{A_1} = 0,5$ тенграмасидан топилади, бундан $\alpha = 26^\circ 34'$. Натижавий тебранишлар даври қўшилувчи тебранишлар даврига тенг, натижавий тебранишлар амплитудаси эса $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2} = 0,112$ м. Демак, натижавий тебраниш тенграмаси $s = 0,112 \times \sin\left(10\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ м кўринишга эга бўлади.

12.38. 1) 7 см; 2) 5 см.

12.39. $\frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{4} = 1$ — радиуси 2 м келадиган айлананинг тенграмаси.

12.40. Берилган

$$x = \cos \pi t \quad (1)$$

ва

$$y = \cos \frac{\pi t}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \pi t}{2}}$$

ёки

$$2y^2 - 1 = \cos \pi t. \quad (2)$$

(2) ни (1) га бўлсак, $\frac{2y^2 - 1}{x} = 1$ ёки $2y^2 - x = 1$ — парабола тенграмаси ҳосил бўлади.

12.41. $\frac{x^2}{1} + \frac{y^2}{4} = 1$ — эллипс тенграмаси.

12.42. $y^2 = -0,75x$ — тўғри чизик тенграмаси.

12.43. 1) Сўнувчи тебранишлар тенграмаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$x = Ae^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi). \quad (1)$$

Бизда $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{2}$, $\varphi = 0$ ва $\delta = \frac{\pi}{T} = \frac{1,6}{4} = 0,4$. A амплитуда

$t = \frac{T}{4} = 1$ сек бўлганда $x = 4,5$ см шартдан топилади. (1) дан $A = 6,7$ см эканлигини топиш қийин эмас. Шундай қилиб, (1) тенглама қуйидаги кўринишни олади.

$$x = 6,7 e^{-0,4t} \sin \frac{\pi}{2} t. \quad (2)$$

2) График ясаш учун x максимал силжиш қийматларига мувофиқ келувчи t_1, t_2, t_3, \dots вақт пайтларини топамиз. x максимум $v = \frac{dx}{dt} = 0$ шартдан топилади. (1) тенгламадан ($\varphi=0$ бўлганда) $v = A_0 \omega e^{-bt} \cos \omega t - A_0 b e^{-bt} \sin \omega t = 0$ ни топамиз. Бундан

$$\operatorname{tg} \omega t = \frac{\omega}{b} = \frac{2\pi}{\kappa}. \quad (3)$$

(3) тенгламадан кўринишича $\kappa=0$ бўладиган сўнмайдиغان тебранишлардагина $\operatorname{tg} \omega t = \infty$ ёки $\omega t = \frac{\pi}{2}$, яъни $\frac{2\pi}{T} t = \frac{\pi}{2}$, ёки $t = \frac{T}{4}$. Биздаги ҳолда $\operatorname{tg} \omega t = \frac{2\pi}{\kappa} = 3,925$, яъни $\omega t = 75^\circ 42' \cong 0,421\pi$, бундан $t = \frac{0,421\pi}{\omega} = 0,842$ сек. Шундай қилиб, $t_1 = 0,842$ сек, $t_2 = t_1 + \frac{T}{2} = 2,842$ сек, $t_3 = t_1 + T = 4,842$ сек ва $t_4 = t_1 + \frac{3T}{2} = 6,842$ сек ва ҳ.к. бўлганда $x = x_{\max} \cdot t$ нинг топилган қийматини (2) тенгламага қўйиб, тегишли x_1, x_2, x_3, \dots қийматларни топish қийин эмас.

12.44. Бундан олдинги масаланинг ечимига қаранг.

12.45. $v_1 = 7,85$ м/сек, $v_2 = 2,88$ м/сек, $v_3 = 1,06$ м/сек, $v_4 = 0,39$ м/сек ва $v_5 = 0,14$ м/сек.

12.46. Сўнувчи тебранишлар формуласи бўйича $A_1 = A_0 e^{-\frac{t}{T}}$, $A_2 = A_0 e^{-\frac{t+T}{T}}$, бундан $\frac{A_1}{A_2} = e^{\frac{t}{T}}$. Шартга кўра $\kappa=0,2$, бундан $\frac{A_1}{A_2} = 1,22$.

12.47. $\gamma = 0,023$.

12.48. 1) 120 сек; 2) 1,22 сек.

12.49. 1,22 марта.

12.50. 8 марта.

12.51. $t = 6,4$ сек.

12.52. 1) $\delta = 0,46$ сек⁻¹; 2) $\delta = 10$ сек⁻¹; 3) $\delta = \frac{\kappa}{T} = \frac{\kappa \omega_0}{\sqrt{4\pi^2 + \kappa^2}} = 6,9$ сек⁻¹.

12.53. Хусусий тебранишлар тенгламаси бундай кўринишда бўлади:

$$x = A_0 e^{-\delta t} \sin \omega_0 t. \quad (1)$$

ω_0 ни топамиз. Шартга кўра, хусусий ва мажбурий тебранишлар ўртасидаги фаза силжиши $-0,75\pi$ га тенг, бинобарин,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} = \operatorname{tg}(-0,75\pi) = 1.$$

Бундан

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 + 2\delta\omega_0}. \quad (2)$$

Бизда $\omega = 10\pi$ ва $\delta = 1,6 \text{ сек}^{-1}$. Шу қийматларни (2) га қўйиб, $\omega_0 = 33 = 10,5\pi$ ни топамиз, шунда хусусий тебранишлар тенгламаси бундай кўринишни олади:

$$x = 7e^{-1,6 t} \sin 10,5 \pi t.$$

2) Ташқи даврий куч тенгламаси бундай кўринишда бўлади:

$$F = F_0 \sin \omega t.$$

Ташқи даврий куч F_0 нинг максимал қийматини топамиз:

$$F_0 = Am \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}.$$

Сон қийматларини шу формулага қўйсақ, $F_0 \cong 7,2 \cdot 10^{-2} \text{ н}$ ва ташқи даврий куч тенгламаси шундай бўлади: $F = 7,2 \cdot 10^{-2} \sin 10\pi t \text{ н}$.

12.54. 107-расмда мажбурий тебранишлар A амплитудасининг ташқи даврий куч частотасига боғлиқлик характери берилган

12.55. Кетма-кет иккита чуқурликлар нуқталари оралигини босиб ўтишга кетган вақт колясканинг хусусий тебранишлар даврига барабар бўлса, коляска қаттиқ чайқала бошлайди

Колясканинг хусусий тебранишлар даври $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$. Бизда $m = \frac{10 \text{ кг}}{2} = 5 \text{ кг}$ — ҳар бир рессорага тўғ-

ри келадиган масса; $k = \frac{F_0}{x_0} = \frac{1 \text{ кг}}{2 \text{ см}} = 490 \text{ н/м}$, бинобарин, $T = 0,63 \text{ сек}$. Кетма-кет икки сакраш ўртасидаги вақт $t = \frac{l}{v}$, бунда v — колясканинг ҳаракат тезлиги ва l — чуқурликлар ўртасидаги масофа.

12.56. 1) $\lambda = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м}$.
12.57. 1) 350 м/сек , 2) $0,785 \text{ м/сек}$.
12.58. 1) Биздаги ҳолда тўлқин тенгламаси бундай кўринишда бўлади:

$$l = \frac{l}{v} = T, \text{ бундан } v = \frac{l}{T} = \frac{0,3}{0,63} \text{ м/сек} = 1,7 \text{ км/с}.$$

12.56. 1) $\lambda = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м}$.

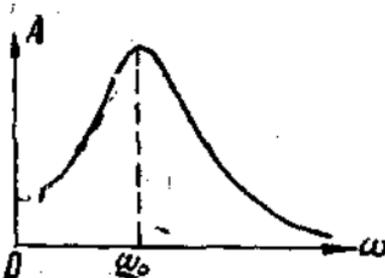
12.57. 1) 350 м/сек , 2) $0,785 \text{ м/сек}$.

12.58. 1) Биздаги ҳолда тўлқин тенгламаси бундай кўринишда бўлади:

$$x = 10 \sin\left(0,5 \pi t - \frac{\pi t}{6 \cdot 10^4}\right) \text{ см}. \quad (1)$$

Шундай қилиб, $x = f(t, l)$, яъни нурда ётувчи нуқталарнинг силжиши l вақтга ва нуқтадан тебранишлар манбаигача бўлган масофага боғлиқ.

2) Тебранишлар манбаидан 600 м нарида турган нуқта учун (1) тенглама $x = 10 \sin(0,5 \pi t - \pi) \text{ см}$ кўринишини олади, яъни $l = \text{const}$ бўлганда $x = f(t)$ келиб чиқади—нурда ётувчи нуқтанинг силжиши вақтга қараб ўзгаради.



107-расм.

- 3) $t = 4$ сек бўлганида (1) тенглама бундай кўринишни олади:
 $x = 10 \sin\left(2\pi - \frac{\pi t}{6 \cdot 10^3}\right)$ см. Бу ҳолда $t = \text{const}$ ва $x = f_2(t)$ — нурда
 ётувчи турли нуқталар шу вақт пайтида турлича силжийди.
- 12.59. $x = 0,04$ м.
 12.60. $x = 0$; $v = 7,85 \cdot 10^{-3}$ м/сек; $a = 0$.
 12.61. $\Delta\varphi = \pi$ — нуқталар қарама-қарши фазаларда тебранади.
 12.62. $\Delta\varphi = 4\pi$ — нуқталар бирдай фазаларда тебранади.
 12.63. $x = 0,025$ м.
 12.64. $\lambda = 0,48$ м.
 12.65. 1) Узелларнинг вазияти $x = 3, 9, 15, \dots$ см координаталар билан ва дўнгликлар вазияти $x = 0, 6, 12, 18, \dots$ см координаталари билан аниқланади 2) Узелларнинг вазияти $x = 0, 6, 12, 18, \dots$ см, дўнгликлар вазияти $x = 3, 9, 15, \dots$ см.
 12.66. $\lambda = 0,1$ м.

13- §. Акустика

- 13.1. $\lambda = 0,78$ м.
 13.2. $\lambda_1 = 17$ мм дан $\lambda_2 = 17$ м гача.
 13.3. $a = 5300$ м/сек.
 13.4. $c = 3700$ м/сек.
 13.5. Юнг модули E сиқилиш коэффициенти β билан $\beta = \frac{1}{E}$ нисбатда боғланганлигидан, $\beta = \frac{1}{\rho c^2}$ бўлади. Сон қийматларини ўрнига қўйсақ, $\beta = 7,1 \cdot 10^{-10}$ м²/н.
- 13.6. 1810 м.
 13.7. 1) 318 м/сек; 2) 330 м/сек; 5) 343 м/сек.
 13.8. 1,12 марта.
 13.9. $c = 315$ м/сек. 13.10. $c = 330$ м/сек.
 13.11. $c = 336$ м/сек.
 13.12. $t = -54^\circ\text{C}$.
 13.13. $n = \frac{c_1}{c_2} = 0,067$.
 13.14. $3^\circ 51'$.
 13.15. $\frac{I_1}{I_2} = 1,26$ (шу бобнинг киришидаги 2-масаллага қаранг).
 13.16. $\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} = 1,12$.
 13.17. $\frac{I_1}{I_2} = 1000$.
 13.18. 1) $\Delta L = 30$ дБ; 2) $\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} = 31,6$.
 13.19. 1) $L = 100$ фон; 2) $\Delta p = 2$ н/м².
 13.20. 1) 34,4 8 фон; 2) 44,8 фон.
 13.21. Граммофон пластинкасида товуш ариқчаларининг қўшиқчилари ўртасидаги масофа $l = \frac{\omega r}{v}$ формуласи бўйича топилди,

бунда ω — пластинканинг айланиш бурчак тезлиги. Масаланинг сои қийматларини ўрнига қўйсак: 1) $l = 2,25 \cdot 10^{-3}$ м = 2,25 мм; 2) $l = 7,5 \cdot 10^{-4}$ м = 0,75 мм бўлади.

13.22. 1) $l = 8,25$ мм; 2) $l = 0,41$ мм.

13.23. Пулат стерженда тебранишлар ҳосил қилинганда қисма нуқталарида узеллари ва бўш учларида дўнгликлар бўлган турғун тўлқинлар вужудга келади. Ҳаво устунининг турғун тўлқинида қўшни дўнгликлар ўртасидаги масофа қўзғатилган товуш тўлқинининг ярим узунлигига барабар. Пулат стерженга онд барча катталикларни 1 индекс билан, ҳаво устунига тегишли катталикларни 2 индекс билан қайд қилиб, қуйидагиларни ҳосил қиламиз:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{c_1}{c_2} \quad (1)$$

Айтилганларга асосланиб, ҳаво устунининг қидирилган l_2 узунлиги қуйидаги шартдан топилади:

$$n \frac{\lambda_2}{2} = l_2 \quad (2)$$

бунда n — дўнгликлар сон. (1) ва (2) дан $l_2 = \frac{n\lambda_1 c_2}{2c_1}$ нў ҳосил қиламиз. Унда 1) $\lambda_1 = 2l_1$ ва $l_2 = 0,392$ м; 2) $\lambda_1 = 4l_1$ ва $l_2 = 0,784$ м.

13.24. $l = 0,715$ м.

13.25. Тахминан 43000 гц га қадар—ультратовуш частотаси.

13.26. 1) $v' = 666$ гц; 2) $v' = 542$ гц.

13.27. 10%.

13.28. 1) 28,3 км/с; 2) 14,7 км/с.

13.29. 4 марта.

13.30. $v = 71$ км/с

13.31. $v_1 = 4,50 \cdot 10^4$ гц ва $v_2 = 4,66 \cdot 10^4$ гц.

13.32. $l = 0,63$ м.

13.33. $F = 7,3$ н.

13.34. $v = 158$ гц.

13.35.

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \sqrt{\frac{15}{16}} \quad (1)$$

Бундан

$$v_2 - v_1 = 8 \text{ сек}^{-1}. \quad (2)$$

(1) ва (2) ни биргаликда ҳал қилсак

$$v_2 = 252 \text{ гц.}$$

келиб чиқади.

13.36. $v = 250$ гц ёки $v = 254$ гц.

13.37. $v = 250$ гц.

13.38. 1) Очiq трубада иккала учларида дўнгликлар бўлган турғун товуш тўлқини ҳосил бўлади. Бу ҳолда l труба узунлигига n ярим тўлқинлар жойлашини мумкин, бунда $n = 1, 2, 3, \dots$, яъни

$l = n \frac{\lambda}{2}$. У ҳолда товуш тўлқинининг частотаси $\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{nc}{2l}$. $n = 1$ да асосий тон частотаси $\nu = \frac{c}{2l}$ ҳосил бўлади.

2) Берк трубада турғун тўлқинининг бир учинда узел ва иккинчи учинда дўнглик ҳосил бўлади. Бу ҳолда $l = n \frac{\lambda}{4}$ ва $\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{nc}{4l}$. $n = 1$ да асосий тон частотаси $\nu = \frac{c}{4l}$ ҳосил бўлади.

$$13.39. \nu = 261 \text{ гц}; l = 0,65 \text{ м.}$$

14-§. Электромагнит тебранишлар ва тўлқинлар

$$14.1. \lambda = 2500 \text{ м. } 14.2. \lambda_1 = 700 \text{ н дан } \lambda_2 = 1950 \text{ м гача.}$$

$$14.3. L = 12,7 \text{ мГн. } 14.4. \epsilon = 6.$$

$$14.5. 1) U = 100 \cos(2\pi \cdot 10^3 t) \text{ в, } I = -15,7 \sin(2\pi \times 10^3 t) \text{ ма;}$$

$$2) U_1 = 70,7 \text{ в ва } I_1 = -11,1 \text{ ма, } U_2 = 0 \text{ ва } I_2 = -15,7 \text{ ма, } U_3 = 100 \text{ в ва } I_3 = 0.$$

$$14.6. 1) W_{\text{эл}} = 12,5 \cdot 10^{-5} \cdot \cos^2(2\pi \cdot 10^3 t) \text{ ж; } W_{\text{м}} = 12,5 \cdot 10^{-5} \times \sin^2(2\pi \cdot 10^3 t) \text{ ж, } W_{\text{тўла}} = \text{const} = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ ж;}$$

$$2) W'_{\text{эл}} = 6,25 \cdot 10^{-5} \text{ ж, } W'_{\text{м}} = 6,25 \cdot 10^{-5} \text{ ж ва } W'_{\text{тўла}} = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ ж, } W''_{\text{эл}} = 0, W''_{\text{м}} = -12,5 \cdot 10^{-5} \text{ ж, } W''_{\text{тўла}} = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ ж; } W'''_{\text{эл}} = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ ж, } W'''_{\text{м}} = 0 \text{ ва } W'''_{\text{тўла}} = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ ж.}$$

$$14.7. 1) T = 2 \cdot 10^{-4} \text{ сек; } 2) L = 10,15 \text{ мГн; } 3) I = -157 \sin(0^4 \pi t) \text{ ма,}$$

$$4) \lambda = 6 \cdot 10^3 \text{ м.}$$

$$14.8. 1) T = 5 \cdot 10^{-3} \text{ сек; } 2) C = 6,3 \cdot 10^{-7} \text{ ф; } 3) U_{\text{max}} = 25,2 \text{ в;}$$

$$4) W_{\text{м}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ ж; } 5) W_{\text{эл}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ ж.}$$

$$14.9. U = U_0 \cos \omega t \text{ ва } I = C \frac{dU}{dt} = -CU_0 \omega \sin \omega t. \text{ Ённобарин,}$$

$$W_{\text{м}} = \frac{LI^2}{2} = \frac{1}{2} LC^2 U_0^2 \omega^2 \sin^2 \omega t, \quad W_{\text{эл}} = \frac{CU^2}{2} = \frac{1}{2} CU_0^2 \cos^2 \omega t.$$

$$\text{Бундан } \frac{W_{\text{м}}}{W_{\text{эл}}} = \frac{LC\omega^2 \sin^2 \omega t}{\cos^2 \omega t} = LC\omega^2 \tan^2 \omega t. \quad t = \frac{T}{8} \text{ да } \sin \omega t = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{ва } \cos \omega t = \frac{\sqrt{2}}{2}. \text{ Бундан ташқари, } LC = \frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{1}{\omega^2} \text{ бўлганидан,}$$

$$\text{охирда } \frac{W_{\text{м}}}{W_{\text{эл}}} = \frac{\sin^2 \omega t}{\cos^2 \omega t} = 1$$

$$14.10. 1) T = 8 \cdot 10^{-3} \text{ сек; } 2) \chi = 0,7; \quad 3) U = 80e^{-87t} \cos 250\pi t \text{ в;}$$

$$4) U_1 = -56,5 \text{ в; } U_2 = 40 \text{ в, } U_3 = -28 \text{ в, } U_4 = 20 \text{ в.}$$

$$14.11. 1) \text{ Ақтўв қаршиликни етарлича кичик деб фараз қилиб,}$$

$$T = 2\pi \sqrt{LC} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ сек формуладан тебранишлар даврини толамиз.}$$

Бундан кейин $U_1 = U_0 l^{\frac{1}{T}}$, бундан $\frac{\chi t}{T} = \ln \frac{U_0}{U_1}$. Шартга кўра $t = 10^{-3}$ сек да $\frac{U_0}{U_1} = 3$. Демак,

$$\chi = \frac{T \ln \frac{U_0}{U_1}}{t} = \frac{\ln 3 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{10^{-3}} = 0,22.$$

2) $R = 11,1$ ом. R ning бу қиймати $T = 2\pi \sqrt{LC}$ формуланинг ишлатилиш шартини қаноатлантиришига ишонин қийин эмас.

14.12. 1,04 марта. 14.13. $\chi = \frac{8\pi \sqrt{\pi LC}}{d^2 \sqrt{\epsilon_0 \mu}} = 0,018.$

14.14. $t = \frac{T \ln 100}{2\chi} = 6,8 \cdot 10^{-3}$ сек. 14.15. $C = 0,7$ мкф.

14.16. $R = 4,1$ ом. 14.17. 300 гц.

14.18. 1) $I = 4,6$ мА; 2) $U_1 = 73,4$ в, $U_2 = 143,6$ в.

14.19. 1) 74%; 2) 68%. 14.20. 1) 72,5%; 2) 68,5%.

14.21. $C = 3,74$ мкф. 14.22. $L = 0,055$ гн.

14.23.

№	Z	tg φ
1	$\sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$	$\frac{1}{R\omega C}$
2	$\frac{R}{\sqrt{R^2\omega^2 C^2 + 1}}$	$-R\omega C$
3	$\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$	$\frac{\omega L}{R}$
4	$\frac{R\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$	$\frac{R}{\omega L}$
5	$\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$	$\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$

14.24. 1) $Z = 4380$ ом; 2) $Z = 2180$ ом

14.25. $I = 1,34$ а; $U_C = 121$ в; $U_R = 134$ в; $U_L = 295$ в

14.26. $R = 12,3$ ом. 14.27. $R = 40$ ом; $L = 0,074$ гн.

14.28. $U_R = 156$ в.

V БОБ
ОПТИКА

15- §. Геометрик оптика ва фотометрия

15.1. 2α .

15.2. $a_2 = -15$ см ва $y' = 5$ мм. Тасвир ҳақиқий, тескари ва кич-райган.

15.3. $a_2 = 0,12$ м, $y' = -8$ мм. Тасвир маъхум, тўғри ва кич-райган.

15.4. $a_2 = 7,5$ см, $y' = -1,5$ см. Тасвир маъхум, тўғри ва кич-райган.

15.5. $a_1 = -0,6$ м, $a_2 = -0,3$ м.

15.6. 1) $F = -10$ см; 2) $D = -10$ диоптрия.

15.7. Системанинг умумий чизиқли катталашуви 6 га баравар.

15.8. $a_2 = \frac{R}{2}$ — тасвир кўзгунинг фокусида туради; $y = 7,5$ см

15.9. AF бўйлама абберацияни x орқали ва FH кўидаланг абберацияни y орқали ифодалаймиз. Тенг ёнли $\triangle OAM$ дан (62-расмга қаранг)

$OA = \frac{R}{2 \cos \alpha}$. Лекин $x = AF = OA - OF = OA - \frac{R}{2}$, яъни охирида

$$x = \frac{R}{2} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right). \quad (1)$$

$\alpha = 0$ бўлса, $\cos \alpha = 1$ ва $x = 0$.

Сўнгра $y = FH = x \operatorname{tg} \angle HAF$. Лекин $\angle HAF \triangle AOM$ нинг ташқи бурчаги сифатида 2α га баравар бўлганлигидан

$y = \frac{R}{2} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) \operatorname{tg} 2\alpha$ $\alpha = 0$ бўлса, y ҳолда $\cos \alpha = 1$, $\operatorname{tg} 2\alpha = 0$
ва $y = 0$.

15.10. $x = 1,8$ см; $y = 1,5$ см. 15.11. $h = 8$ см.

15.12. $d = 0,1$ м. 15.13. $l = 5,8$ мм. 15.14. $\operatorname{tg} i = n$.

15.15. 1) $41^\circ 8'$; 2) $48^\circ 45'$; 3) $61^\circ 10'$.

15.16. Сув юзасига $41^\circ 15'$ бурчак ҳосил қилиб.

15.17. $2,02 \cdot 10^8$ м/сек.

- 15.18. $\frac{\sin i}{\sin r} = n_1$, бундаги n_1 —шишанинг синдириш кўрсаткичи. Агар $\sin r = \frac{n_2}{n_1}$ шарт бажарилса, сувни шишадан ажратувчи сиртдан тўла ички қайтиш содир бўлади. Ушанда $\sin i = n_1 \sin r = n_1 \frac{n_2}{n_1} = n_2 = 1,33$, яъни $\sin i > 1$ — масаланинг шартини амалга ошириб бўлмайди.
- 15.19. 0,114 м. 15.21. $\varphi_k = 41^\circ 28'$ ва $\varphi_6 = 40^\circ 49'$.
- 15.22. Бинафша нурлар тўла ички қайтади, қизил нурлар шишадан ҳавога чиқади.
- 15.23. $34^\circ 37'$ 15.24. 28° . 15.25. $6^\circ 2'$.
- 15.26. $10^\circ 8'$. 15.27. $77^\circ 22'$. 15.28. $4^\circ 47'$.
- 15.29. $\sin \frac{\delta + \gamma}{2} = n \sin \frac{\gamma}{2}$. Бу ҳолда нур дастлабки йўналишидан энг кам оғади.
- 15.30. $\delta_k = 30^\circ 37'$ ва $\delta_6 = 33^\circ 27'$. 15.31. $f = 0,146$ м.
- 15.32. 1) 0,188 м; 2) 0,30 м; 3) 0,75 м; 4) —0,188 м; 5) —0,30 м; 6) —0,75 м.
- 15.33. 1) $\frac{F_1}{F_2} = 1,4$; 2) мазкур суюқликда биринчи линза сочувчи линза сифатида, иккинчиси эса—йиғувчи линза сифатида ишлайди.
- 15.34. $D = 2$ диоптрия. 15.35. $a_2 = 0,3$ м; $y = 4$ см.
- 15.37. 1 м. 15.38. 1) 0,48 м; 2) 2,65 м; 3) 0,864 м.
- 15.39. $F = 0,47$ м.
- 15.40. $F = -0,75$ м — линза сочувчи бўлади.
- 15.41. $F = 0,59$ м. 15.42. $a_1 = -90$ см, $a_2 = 180$ см.
- 15.43. $F_k - F_6 = 3$ см. 15.44. 1) 10 см; 2) 5,7 см.
- 15.46. 1) 12,5; 2) 7,5. 15.47. $|R_1| = |R_2| = 25$ мм.
- 15.48. 5 мм га 15.49. $k = 562$. 15.50. $F = 0,112$ м 15.51. $7^\circ 45'$ бурчак билан.

15.52. 1) Тасвирнинг диаметри $d = 2F \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 4,6$ мм. 2) Юзи $\frac{\pi D^2}{4}$ бўлган линза сиртига тушувчи нурлар оқими юзи $\frac{\pi d^2}{4}$ бўлган Кунёш тасвирида концентрацияланади. Шунда

$$\frac{E'}{E} = \frac{4\pi D^2}{4\pi d^2} = \frac{D^2}{d^2} = 383.$$

- 15.53. 1) 1 м; 2) 0,71 м. 15.54. $\Phi = 8,34$ лм.
- 15.55. Фотопластинкадан анча катта келадиган бутун чизма суратга олинганида тасвир объективнинг тахминан бош фокусига ҳосил бўлади. Деталлар суратга олинганида табиий катталикдаги тасвир буюм объективдан икки барабар фокус масофасида ўрнаштирилганида

15.55. 5,7 марта. Шундай қилиб, Шимоллий Ерда ётгандан кўра, турганда офтобдан яхшироқ қорайиш мумкин.

15.57. 2 марта

15.58. Хона бурчакларидаги ёритилиш

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha. \quad (1)$$

Лампадан хонанинг бурчагигача бўлган масофа r , a катталиқ (хона квадрат полининг ярим диагонали), квадрат полининг томони b ва лампа-нинг полдан баландлиги h қуйидаги тенглама билан боғланган.

$$a = r \sin \alpha = \frac{b}{\sqrt{2}} = h \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

(2) га асосланиб, ёритилганлик пфодаси бундай ёзилиши мумкин:

$$E = \frac{I}{a^2} (\cos \alpha \sin^2 \alpha).$$

E максимумини топиш учун ҳосила $\frac{dE}{d\alpha}$ ни олиб, уни нолга тенглаш-тирамиз:

$$\frac{dE}{d\alpha} = \frac{I}{a^2} (2 \cos^2 \alpha \sin \alpha - \sin^3 \alpha) = 0,$$

бундан $\operatorname{tg}^2 \alpha = 2$. Унда қидиришастган h баландлик:

$$h = \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{b}{\sqrt{2} \operatorname{tg} \alpha} = \frac{b}{2} = 2,5 \text{ м.}$$

15.60. Стол лампаси ёниб турганида стол четининг ёритилиши 1,2 марта кўпроқ бўлиб чиқади.

15.61. 2,25 марта. 15.62. $E \approx 8 \cdot 10^4$ лк.

15.63. 1) $R_1 = 1,6 \cdot 10^4$ лм/м²; $B_1 = 5,1 \cdot 10^4$ нт;

2) $R_2 = 4 \cdot 10^4$ лм/м²; $B_2 = 1,27 \cdot 10^4$ нт.

15.64. 1) $1,2 \cdot 10^7$ нт; 2) $3 \cdot 10^4$ нт

15.65. Шаффоф колба олиганида ҳам, хира колба олиганида ҳам ёритилиш бирдай бўлади: $E_1 = E_2 = 3,4$ лк.

15.66. $E = 2 \cdot 10^3$ лк; $R = 1,5 \cdot 10^3$ лм/м²; $B = 480$ нт.

15.67. $E = 4,2 \cdot 10^4$ лк. 15.68. $E = 210$ лк.

15.69. 1) $1,61 \cdot 10^{-3}$ вт/лм. 2) тахминан 2%.

16-§. Тўлқин оптикиси

16.1. Кўёш дискининг бир чеккаси суратга олиганида (ёруғлик манбаи бизга томон ҳаракат қилади)

$$v' = \frac{vc}{c - v}. \quad (1)$$

Күең дискнинг иккинчи чеккаси суратга олинганда (ёруглик манбан биздан кетиб боради)

$$v'' = \frac{vc}{c+v} \quad (2)$$

$v = \frac{c}{\lambda}$ эканлигини назарда тутсак, (1) ва (2) дан $\Delta\lambda = \frac{2v\lambda}{c}$ эканлигини топамиз. Бундан $v = \frac{c\Delta\lambda}{2\lambda} = 2 \cdot 10^3$ м/сек

$$16.2. U = \frac{mc^2(\Delta\lambda)}{2\lambda^2 q} = 2500 \text{ э}$$

16.3. Спектрал чизиқларнинг қисқа тўлқинлар томон силжиши колдузинг бизга яқинлашишини билдиради. Унинг ҳаракатининг радиал тезлиги (яъни юлауз билан Ерни бирлаштирувчи чизик бўйлаб тезлик)

$$v = \frac{c\Delta\lambda}{\lambda} = 103 \text{ км/сек} \text{ нисбатидан топилади.}$$

$$16.4. f, F \text{ марта. } 16.5. y_1 = 1,8 \text{ мм, } y_2 = 3,6 \text{ мм; } y_3 = 5,4 \text{ мм.}$$

$$16.6. \lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

16.7. Шинша пластинка киритиш натижасида интерференцияланувчи нурлар ўртасидаги йўл фарқи $\Delta = nh - h = h(n-1)$ миқдорга ўзгаради, бундаги h — пластинканинг қалинлиги ва пластинка материалининг синдириш кўрсаткичи. Иккинчи томондан пластинкани киритиш натижасида k тасмага силжиш рўй беради. Бинобарин, пластинка киритган қўшимча йўл фарқи $k\lambda$ га тенг. Шундай қилиб, $h(n-1) = k\lambda$, бундан

$$h = \frac{k\lambda}{n-1} = 6 \cdot 10^{-8} \text{ м}$$

$$16.8. \Delta n < 5 \cdot 10^{-5}, \quad 16.9. h = 0,13 \text{ мкм.}$$

16.10. Қўшни тасмаларга мувофиқ келувчи пластинканинг қалинлигини h_1 ва h_2 орқали белгилаймиз. Шунда $\Delta h = h_2 - h_1 = \frac{\lambda}{2n}$.

Қўшни тасмалар ўртасидаги масофани l орқали ифодалаймиз (108-расм). Ушанда $\Delta h = lg\alpha$ деб ҳисоблаш мумкин, бунда α — пона бурчаги. Шундан $lg\alpha = \frac{k\lambda}{2nl} = 5,13 \cdot 10^{-5}$ ва $\alpha = 11''$.

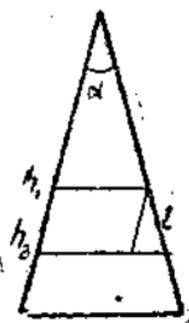
$$16.11. 1,9 \text{ мм. } 16.12. 1 \text{ см да } 5 \text{ тасма.}$$

$$16.13. k = 5, \quad k+1 = 6, \quad \lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

$$16.14. \lambda = 5890 \text{ \AA}$$

$$16.15. 1) r_1 = \sqrt{3R\lambda_1} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ м; } = 2,8 \text{ мм;}$$

2) $r_2 = \sqrt{3R\lambda_2} = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,1 \text{ мм}$. Шундай қилиб, биз учинчи қизил ҳалқанинг тўртинчи кўк ҳалқадан нарида ётишини кўраемиз. Оқ ёругликда Ньютон ҳалқасини нима учун қалин бўлмаган ҳаво қатламидagina кузатиш мумкинлигини шу нарса тушунтириб беради. Қатта қалинликларда турли ранглар бир жойнинг ўзига устма-уст тушади.



108-расм.

«6.16. $B=6750A$ 16.17. 3,6 мм 16.18. $k=275$.

16.19. Ньютон ҳалқаси утувчи ёруишқда кузатилганида ёруишқ максимума шарти қуйидаги формула билан аниқланади.

$$2/sh = kk \quad (J)$$

Линза билан пластинка уртасидагн патлам калинлиги h кузатилаётган ҳалқанинг тегишли радиуси билан қуйидаги тартибда боғланган:

$$A - gg. \quad (2)$$

$$(2) \text{ ни } (1) \text{ га қўйсақ } -p = kk \text{ келиб чиқади, бундан } n = \frac{kkR}{g-k}$$

Масаланинг сон қийматлари қуйидаги $n=1,33$ булади.

16.20. 1,2 мкм. 16.21. 4,7-10⁻⁷ м 16.22. $rt=1,56$.

16.23. L кузгунинг $-k$ ыасофага силжиши йул фарқининг A , га $u >$ гаришига, яъни интерференция манзарасининг бир тасма силжишига мувофиқ келадн. Шундай қилиб, $L = k - k$, бундаги k — қуриш майдонидая

$$2L$$

утган тасмалар сони, шундан $k = -2 - 6,44 \cdot 10^{-7}$ м.

$$kk$$

16.24. $n - \lambda = 2i = 3,8 \cdot 10^{-6}$, ундан $\lambda = 1,00038$

16.25. Мазкур ҳрлда Майкельсон интерферометридан фарқ қ, или б. нур хлорли трубкадан фақат бир марта утади (63- расмга қ, аранг). Шунинг учун хлордан ва вакуумдан утувчи нурларнинг йуллар фарқи $In - l - l(n - 1) = kk$, бундаги l — трубка узунлиги. Шундан $n - 1 = \frac{kk}{y} = 7,73 \cdot 10^{-6}$ ва $y = 1,000773$.

16.26. $\kappa = 4,8 \cdot 10^{-3}$ м. 16.27. $d = 1,15 \cdot 10^{-7}$ м

16.28. 1) 5 зона; 2) ёрур. _____

16.29. κ - зона радиуси $r_k = \frac{l}{a+d}$, бундаги a — тулкин

манбаидан тулцинли сиртгача булган масофа ва d — тулцинли сиртдан кузатиш нуқтасигача булган масофа. Масаланинг сон қийматларини урнига қўйсақ, $\Gamma] = 0,50$ мм, $r_2 = 0,71$ мм, $r_3 = 0,86$ мм, $r_4 = 1,0$ мм ва $r_5 = 1,12$ мм

16.30. $r_1 = 0,71$ мм; $r_2 = 1,0$ мм; $r_3 = 1,23$ мм; $r_4 = 1,42$ мм; $r_5 = 1,59$ мм.

16.31. 167 м.

16.32. Диафрагма тешиги Френель k - зонасини утказснн. Унда k - зона радиуси айни вақтда $r_k = \frac{j}{\lambda} a$ га баравар тешик радиуси булади.

Халқалар марказининг экранда кузатилувчи энг кам ёришилганлиги икки зонага мувофиқ келади ($\lambda = 2$). Масаланинг сон қийматларини урнига қўйсақ, $r_2 = 1 \cdot 10^{-3}$ м = 1 мм.

16.33. 0,8 м да. 16.34. $\langle p, = 17^{\circ}8'$; $\phi_2 = 36^{\circ}5'$; $\phi_3 = 62^{\circ}$.
 16.35. 5 см. 16.36. $\phi = 30^{\circ}$. 16.37. $d = 2,8 \cdot 10^{-4}$ м; $L'_0 = 3570$ сл $^{-1}$.

16.38. $N_0 = 600$ ш $^{-1}$; 16.39. $I = 4099$ А. $N_0 = 500$ ли *n1 .

IC лл • *?*"» ^ - *, 1 Ъ 1 *« *-1 **6563**
 16.40. $\sin \theta = -j - = -j - eKНftiA, = *2A_2$, шундан $\wedge - = j \wedge = - \wedge 2 \sim$

= 1,6. ft, ва k-L сонлари албатта бутун булиши кераклигидан $\tau \sim = 1, \nu$ шартинн $f_e, = 5$ ва $\&_2 = 8$ кийматлари крниктиради. Унда

$$gf = \frac{M-i}{\text{вшф}} = \frac{5-6563-10^{-}}{0,656} = 5-10 \text{ л.}$$

16.41. $\lambda = 6600$ А иккинчи тартибдаги спектрда.

16.42. $\lambda = 4470$ А—гелий спектршинг кук чизига.

16.43. $\lambda = 7,05 \cdot 10^{-7}$ м.

16.44. Шу панжара ёрдамида олинган спектрнинг энг катта тартибн 3 га тенг.

16.45. $d = 5$ X.

16.46. Марказийсини исобламаганда 10 максимум.

16.47. $d = 3,9$ мкм. 16.48. $\lambda = 2,2 \cdot 10^{-3}$ см.

16.49. $d = 2,54 \cdot 10^{-2}$ м. 16.50. $\Delta X = 0,24$ А

16.51. $(a + ft) \sin \phi = \lambda / A$ (1) га эгамиз. (1)

(I) ни дифференциалласак $(a + b \cos y) dy = k dx$ ёки $D = \lambda / a$. Ёмёозш келиб чиқади. Масаланинг сон кийматларини урнига қуйиб, (1) дай $\sin \phi = 0,236$ эканлигини топамиз, шундан $\phi = 13^{\circ}38'$. Унда $\cos \phi = 0,972$ ва $\lambda = 4,1 \cdot 10^{-6}$ рад;м.

16.52. $\lambda = 5 \cdot 10^{-6}$ м. 6.53. $\lambda = 8, \cdot 10^{-3}$ лш/А

16.54. $\lambda = 0,031$ мм/А, $\lambda = 0,65$ мм.

16.55. 1) $\lambda = 4750$ А; 2) $\lambda = 460$ мм $^{-1}$; 3) $\lambda = 2,76 \cdot 10^4$ рад/сл*.

16.56. $\lambda = 5, \cdot 10^{-6}$ м. 16.57. $\lambda = 0,65$ м. 16.58. $57^{\circ}30'$.

16.59. $54^{\circ}44'$. 16.60. 37° . 16.61. $n = 1,73$.

16.62. 1) $\lambda = 1,63$; 2) $\lambda = 66^{\circ}56'$.

16.63. $\lambda = 3,55 \cdot 10^{-7}$ м, $\lambda = 3,95 \cdot 10^{-7}$ м.

16.64. Табиий ёруглик интенсивлигини I_0 оркали ифодалаймиз. Нур кутблагич оркали утганидан кейин $I = I_0 \cos^2 \alpha$ интенсивликка эга булади. Нур анализатордан утганидан кейин интенсивлигини

$$I_2 = I \cos^2 \alpha = 0,5 I_0 \cos^2 \alpha. \text{ Шартга кўра } \cos^2 \alpha = 0,25,$$

ушанда $\cos^2 \alpha = \frac{0,25}{1} = \frac{1}{4}$ ва $\alpha = 45^{\circ}$ булади.

16.65. $62^{\circ}32'$.

16.66. Тушэётган ёрурликни айтиш коэффициент $k' = \cdot /$, бундаги $/, = /_x - I u \cdot$ чунончи

$$\frac{\sin^2(f - \varepsilon)}{\sin(\gamma - \alpha)} I_b = 0,5 / \frac{\text{tg}^2 t - 0}{\text{tg}^2(i + \alpha)}$$

Биздаги ҳрлда, тула кутблагич бурчаги ҳосил қилиб тушаётганида $\text{tg } i = n = 1,54$, бинобарин, $I = 75\%$. Сувгра $t + \gamma = 90^\circ$ булгашшидан синдириш бурчаги $\varepsilon = 33^\circ$. Унда $i - \varepsilon = 24^\circ$. Шунинг учун

$$\frac{\sin^2 24^\circ}{\sin^2 33^\circ} I_b = 0,083 \cdot I \quad \text{«} 0,5 / \cdot \wedge = 0 \text{»}$$

яъни қайтган ёрурликда тула кутбланиш бурчагига барабар тушш бурчагида тебрانىшлар тушиш текиелигига перпендикуляр текислигидагина содир буладн. Бунда $k' = \frac{I_b}{I} = \frac{0,083}{1} = 0,083$, яъни тушаётган табиий нурларнинг $8,3\%$ гина шишядан айтиади. Булар тушиш текиелигига перпендикуляр тебрانىшли нурлар булади. Бинобарин, тушиш текиелигига перпендикуляр ва иккинчи муҳитга утган тебрانىшларнинг энергияси ажралиш чегарасига тушган нурлар умумий энергиянинг $41,7\%$ ни ташкил қилади, тушш текислигида ётувчи тебрانىшларнинг энергияси эса 50% ни ташкил қилади, Иккинчи муҳитга утган нурларнинг кутбланиш даражаси бундам булади:

$$\varepsilon - T_{\text{т}} = \frac{0,083}{1} = 8,3\%$$

16.67. Шиша пластинкага тула кутбланиш бурчаги билан табиий вур тушганида енган нур $\wedge = 0,917 /$ интенсивликка эга буладн (бундан аввалги масаланинг ечимига қаранг). Шу-синган нурда $0,417 /$ тушиш текиелигига перпендикуляр тебрانىшларни ва $0,5 /$ эса тушиш текиелигига параллел тебрانىшлар. Пластинканинг иккинчи ендан қайтган нурнинг интенсивлиги $/_2 = 0,083 - 0,917 / = 0,076 /$. Унда пластинкадан авога чиёдан нурнинг интенсивлиги $/_3 = 0,917 / - 0,076 / = 0,841 /$ булади, *чунончи* i тушиш текиелигига параллел тебрانىшли нурлар $0,5 /$ ни, тушиш текиелигига перпендикуляр тебрانىшли нурлар $0,341 /$ ни ташкил қилади. Унда кутбланиш даражаси

$$/_{\text{т}} = /, \quad 0,159 \quad ,$$

яъни кутбланиш даражаси k' пайгая. Шунга асосланиб ясси-параллел шиша пластинкалар «тупи» кутбланиш сифатида («Столетов тупи») ишлатилади.

16.68. 1) $A' = 5,06\%$; $P = 83\%$; 2) $4,42\%$.

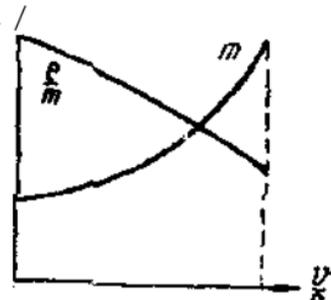
17-§. Нисбийлик назарияси элементларн

17.1.

$$I - = I_0 \gamma I - p \kappa \quad (0)$$

Шарпта к\$ра $\frac{I - I'}{I_0} = 1 - \gamma = 0,25$. Бундан $\gamma = 0,75$, яъни $V=0,75 \text{ I} \gg$ (2)

(2) нп (1) га суйсак, $KI - 13^2 = 0,75$ келна /
 чицади ски $I - P^* = (0,75)^3 = 0,5625$ ва $p^2 =$
 $= 0,4375$. Шундай цилиб, $P = - \Rightarrow K_0,4375 =$
 $= 0,6615$ ва натнжада $v = pY = 0,662 \cdot 3x$
 $X \text{ Ю}^8 \text{ мI сек} = 198000 \text{ км/сек.}$



17.2. $i \gg = 2,6 \cdot 10^8 \text{ мI сек.}$ 17.3. $\cdot I'$
 $= 68,8\%$. 17.4. 7,1 марта. 17.5. $L \tau = 3,2 \text{ сек.}$
 17.6. $8,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$
 17.7. 109- расмда электрон тссаси т ва

$\frac{e}{m}$ исбатинпнг $\frac{v}{c}$ катталигига боғлушк
 характери берлган.

109- раем.

17.8. $\gamma = 2,6 \cdot 10^8 \text{ мI сек да.}$

$$17.9. W^m J - Jr^{\wedge} - - l) = c \{ , "!! \text{ — } \cdot \text{По.}$$

буядан

— = £ деб белгилаймиз, унда $W_k = \tau_0 c \%$. Шарпта кура $ft = 0,05$.

1) $WK = 2,56 \cdot 10^{-2} \text{ М}^9 \text{в;}$ 2) $W_k = 47 \text{ Мэв;}$ 3) $\Gamma_k = 94 \text{ Мне.}$

17.10. $t / =] , l \cdot 10^{-j} \ll$; 17.11. $Y = 510 \text{ кв.}$

17.12. Мезоннинг тула энергияси мезоннинг кшнетик энергияси W_x ва мезоннинг уз энергияси W_2 дан (тинчлпкдаги энергияси) қушилади. Бунда

$$Y^{\wedge} = m_{\kappa} c^2 \quad W I - P^2 \quad 7 \quad (1)$$

$$W_2 = m_{\kappa} A$$

Унда тула энергия

$$W = \Lambda \varrho \left(+ I F_2 = \frac{m^{\wedge}}{K I - P^*} \right) \quad (2)$$

нинг сои қийматларини ўрнига қўйсак, $v = 13,2 \cdot 10^{14} \text{ сек}^{-1}$ келиб чиқади.

$$19.16. U = 1,75 \text{ э. } 19.17. 1) 2040 \text{ \AA}; 2) 2340 \text{ \AA}.$$

$$19.18. 3,45 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м/сек.}$$

$$19.19. h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ ж} \cdot \text{сек.}$$

$$19.20. 1) U_x = \frac{h\nu - A}{e} + U_0 = 1,5 \text{ э,}$$

$$2) v = \sqrt{\frac{2}{m}(h\nu - A + eU_0)} = 7,3 \cdot 10^5 \text{ м/сек.}$$

$$19.21. \lambda < 2540 \text{ \AA} \text{ да}$$

$$19.22. p = \frac{F}{S}, \text{ бундаги } p \text{ — ёруғлик босими, } F \text{ — доирачанинг } S$$

сиртига тушадиган ёруғлик босимининг кучи. Лекин $F = \frac{M}{l} = \frac{k\alpha}{l}$, бундаги M — айлантирувчи момент, l — доирача марказидан айланиш ўқиғача бўлган масофа ва α — доирачанинг бурлиш бурчаги. Шуъла кўзгудан y масофа наридаги шкала бўйича x катталikka оғиши учун кўзгучанинг бурлиш бурчаги $\text{tg } 2\alpha = \frac{x}{y}$ шартини ёки кичик бурчакларда

$\text{tg } 2\alpha \approx 2\alpha = \frac{x}{y}$ шартини қаноатлантирсин. Шундай қилиб, $\alpha = \frac{x}{2y}$. Ун-

да натижада $p = \frac{kx}{2lyS}$. Масаланинг қийматларини ўрнига қўйсак, $p = 3,85 \cdot 10^{-6} \text{ н/м}^2$; 2) $E = 7,7 \cdot 10^{-2} \text{ ж/см}^2 \cdot \text{сек.}$

$$19.23. 1) p = 3,55 \cdot 10^{-7} \text{ н/м}^2; 2) N = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ ат.}$$

$$19.24. 1) 1,2 \cdot 10^{17} \text{ 1/см}^2 \cdot \text{сек}; 2) \text{ а) } 1,42 \cdot 10^{-6} \text{ н/м}^2; \text{ б) } 2,13 \times 10^{-6} \text{ н/м}^2; \text{ в) } 2,84 \cdot 10^{-6} \text{ н/м}^2.$$

$$19.25. 1) p = 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ н/м}^2; 2) m = 7,8 \cdot 10^{-16} \text{ кг.}$$

$$19.26. p = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ н/м}^2.$$

$$19.27. 1) p = 7 \cdot 10^{-7} \text{ н/м}^2; 2) p = 3,5 \cdot 10^{-7} \text{ н/м}^2.$$

$$19.28. 2,9 \cdot 10^{21} \text{ квант.}$$

$$19.29. 1) \Delta\lambda = 0,024 \text{ \AA} \text{ ва } \lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda = 0,732 \text{ \AA}; 2) \Delta\lambda = 0,048 \text{ \AA} \text{ ва } \lambda = 0,756 \text{ \AA}.$$

$$19.30. \lambda_0 = 0,242 \text{ \AA}.$$

$$19.31. 1) \Delta\lambda = 0,024 \text{ \AA}; 2) W_e = \frac{hc\Delta\lambda}{\lambda_0\lambda} = 6,6 \cdot 10^3 \text{ эв}; 3) p_e = 4,4 \cdot 10^{-23} \text{ кг} \cdot \text{м/сек.}$$

$$19.32. W = 2,6 \cdot 10^5 \text{ эв}; p_0 = 9,3 \cdot 10^{-12} \text{ кг} \cdot \text{м/сек.}$$

$$19.33. W = 0,1 \text{ Мэв. } 19.34. 1) \lambda = 12,3 \text{ \AA}; 2) \lambda = 1,23 \text{ \AA}.$$

$$19.35. 2) \lambda = 0,29 \text{ \AA}; 2) \lambda = 0,029 \text{ \AA}.$$

19.36. 1) $\lambda = 7,3 \text{ \AA}$; 2) $\lambda = 1,44 \text{ \AA}$; 3) $\lambda = 6,6 \cdot 10^{-27} \text{ см}$, яъни шарчанинг тўлқин хоссаларини пайқаб бўлмайди.

$$19.37. 0,122 \text{ \AA}; 0,0087 \text{ \AA}.$$

$$19.38. m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

19.39.

$v \cdot 10^{-8}, \text{ м/сек}$	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
$\lambda \cdot 10^{12}, \text{ м}$	2,70	2,25	1,82	1,39	0,925

19.40. $\lambda = 0,1 \text{ \AA}$.19.41. $\lambda = 1,8 \text{ \AA}$.

20-§. Бор атоми. Рентген нурлари

20.1. 1) $r_1 = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ м}$; $r_2 = 2,12 \cdot 10^{-10} \text{ м}$; $r_3 = 4,77 \cdot 10^{-10} \text{ м}$
 2) $v_1 = 2,19 \cdot 10^6 \text{ м/сек}$; $v_2 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ м/сек}$; $v_3 = 7,3 \cdot 10^5 \text{ м/сек}$.

20.2. $W_k = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2 k^2} = 13,6 \text{ эВ}$, $W_{II} = -2W_k = -27,2 \text{ эВ}$, $W_{T\text{фла}} =$
 $= W_k + W_{II} = -13,6 \text{ эВ}$.

20.3. $W_1 = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ ж} = 13,6 \text{ эВ}$; $W_2 = 5,44 \cdot 10^{-19} \text{ ж} = 3,40 \text{ эВ}$;
 $W_3 = 2,42 \cdot 10^{-19} \text{ ж} = 1,51 \text{ эВ}$; $W_4 = 0$.

20.4. 1) $T = 1,43 \cdot 10^{-16} \text{ сек}$; 2) $\omega = 4,4 \cdot 10^{16} \text{ рад/сек}$.

20.5. Барча сериялардаги водород спектрал чизиқларининг тўлқин узунлиги қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (1)$$

$k = 1, n = 2, 3, 4, \dots$ бўлганда ультрабинафша соҳасидаги Лайман серияси;

$k = 2, n = 3, 4, 5, \dots$ бўлганда кўринадиган соҳадаги Бальмер серияси;

$k = 3, n = 4, 5, 6, \dots$ бўлганда инфрақизил соҳадаги Пашен серияси;

$k = 4, n = 5, 6, 7, \dots$ бўлганда инфрақизил соҳадаги Бреккет серияси;

$k = 5, n = 6, 7, 8, \dots$ бўлганда инфрақизил соҳадаги Пфунд серияси.

Шундай қилиб, спектрнинг кўзга кўринадиган соҳадаги серия $k=2$ ва $n = 3, 4, 5, \dots$ қийматларига мувофиқ келади.

Равианки, шу сериядаги спектрал чизиқларнинг энг кичик тўлқин узунлиги $n = \infty$ да бўлади. Унда (1) дан $\frac{1}{\lambda_1} = \frac{R}{4}$ ёки $\lambda_1 = \frac{4}{R} =$

$= 3,65 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ (учинчи қийматли рақамга қадар аниқликда). Энг катта тўлқин узунлиги $n = 3$ га мувофиқ келади: $\lambda_2 = 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ м}$. Шундай қилиб, водороднинг кўзга кўринадиган спектрини $\lambda_1 = 3650 \text{ \AA}$ дан

$\lambda_2 = 6560 \text{ \AA}$ гача тўлқин узунлиги интервалида ётади.

20.6. 1) $\lambda = 1,21 \cdot 10^{-7} \text{ м}$; 2) $v = 1,90 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$.

20.7. Атом U_1 ионланиш потенциали $eU_1 = A_1$ тенгламаси билан аниқланади, бундаги A_1 — электронни нормал орбитадан чексизликка чиқариш учун сарфланган иш. Водород атоми учун

$$A_1 = h\nu = hcR \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad k = 1 \text{ ва } n = \infty$$

бўлганда $A_1 = hcR$ ва ионланиш потенциали $U_1 = \frac{A_1}{e} = \frac{hcR}{e} = 13,6 \text{ э}$.

20.8. 10,2 э.

20.9. 1) водород спектри барча серияларининг ҳамма чизиқлари водород атоми ионланганда пайдо бўлади. Бу электронлар энергияси 13,6 эг га етганида содир бўлади (20.7- масалага қаранг);

$$2) v_{\min} = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}} = 2,2 \cdot 10^6 \text{ м/сек.}$$

20.10. Атомни биринчи галаёнланган ҳолатга ўтказиш учун зарур бўлган энергия $W_1 = 10,2 \text{ э}$ (20.8- масалага қаранг). Атомни иккинчи галаёнланган ҳолатга ўтказиш учун ($k = 1, n = 3$) зарур бўлган энергия $W_2 = 12,1 \text{ э}$ эканлигини топиш қийин эмас. Шундай қилиб, бомбардимон қилувчи электронлар энергияси $10,2 < W < 12,1 \text{ э}$ миқёсида бўлса, водород спектри фақат битта спектрал чизиққа эга бўлади.

20.11. $W_{\min} = 12,1 \text{ э}$; $\lambda_1 = 1,21 \cdot 10^{-7} \text{ м}$; $\lambda_2 = 1,03 \cdot 10^{-7} \text{ м}$; $\lambda_3 = 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

20.12. $973 \text{ \AA} < \lambda < 1026 \text{ \AA}$. 20.13. 2,56 э.

20.14. $973 \text{ \AA} < \lambda < 1026 \text{ \AA}$. 20.15. $n = 3$ дан $k = 2$ ўттишга.

20.16. $\lambda = 3,3 \text{ \AA}$. 20.17. 1) $r_1 = 2,66 \cdot 10^{-11} \text{ м}$; 2) $v_1 = 4,37 \times 10^6 \text{ м/сек}$.

20.18. 1) $U = 40,8 \text{ э}$; 2) $U = 91,8 \text{ э}$. 20.19. 1) $U = 54 \text{ э}$; 2) $U = 122 \text{ э}$.

20.20. $\lambda = 304 \text{ \AA}$. 20.21. $\lambda = 135 \text{ \AA}$. 20.22. $\lambda = 5890 \text{ \AA}$.

20.23. 2,1 э да. 20.24. $\lambda = 2540 \text{ \AA}$.

20.25. Энг кичик бурчак биринчи тартиб спектрга мувофиқ келади, яъни $\lambda = 2d \sin \theta$, бундан $\sin \theta = \frac{\lambda}{2d} = 0,033$ ёки $\theta = 1^\circ 54'$

20.26. Тош туз бир киломолининг ҳажми $V = \frac{\mu}{\rho}$. Шу ҳажмда $2N_0$ нон бор, бундаги N_0 — Авогадро сони. Унда битта нонга тўғри келадиган ҳажм: $V' = \frac{\mu}{2\rho N_0}$. Демак, нонлар ўртасидаги d масофа (яъни панжара доимийси) $V' = d^3$ шартидан топилади, яъни

$$d = \sqrt[3]{V'} = \sqrt[3]{\frac{\mu}{2\rho N_0}} = 2,81 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 2,81 \text{ \AA}$$

20.27. Рентген трубаcиянинг электродларига берилган потенциаллар айырмаси U катталашганида биринчи тартиб спектрда спектрал чизиқ

пайдо бўлади, унинг тўлқин узунлиги λ қуйидаги тенгламани қаноатлантиради

$$eU = h\nu = h \frac{c}{\lambda}. \quad (1)$$

Лекин Вульф — Брегг формуласи бўйича

$$\lambda = 2d \sin \theta. \quad (2)$$

(1) ва (2) дан қуйидагиларни топамиз:

$$h = \frac{eU\lambda}{c} = \frac{eU2d \sin \theta}{c}. \quad (3)$$

Масаланинг сон қийматларини (3) га қўйсак,

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ ж.сек.}$$

$$20.28. h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ ж.сек.}$$

$$20.29. 1) 0,413 \text{ \AA}; 1) 0,310 \text{ \AA}; 3) 0,248 \text{ \AA}. 20.30. 0,27 \text{ \AA}.$$

$$20. 31.770 \text{ кв.}$$

20.32. Атом K -орбитасидан электрон йўқотилган заҳоти K -сериянинг барча чизиқлари (шунингдек қолган серияларнинг чизиқлари) бир

вақтда пайдо бўлади. Бунинг учун $eU = h\nu_1 = \frac{hc}{\lambda_1}$ нисбатини қаноатлантирувчи U потенциаллар айирмасини қўйиш керак, бундаги λ_1 — чексиз узоқлашган электроннинг K -орбитага ўтишга мувофиқ келувчи тўлқин узунлиги, яъни K -серия чегарасини белгилаб берувчи тўлқин узунлиги. Биздаги ҳол учун бу чегара буларга тенг (жалвалга қаранг):

1) $1,38 \text{ \AA}$, 2) $0,484 \text{ \AA}$, 3) $0,178 \text{ \AA}$, 4) $0,158 \text{ \AA}$. Қидирилаётган потенциаллар айирмаси $U = \frac{hc}{e\lambda_1}$ формуласидан топилади. Сон қийматларини ўрнига қўйсак, булар келиб чиқади: 1) 9 кв; 2) $25,3 \cdot \text{кв}$, 3) 69 кв; 4) 79 кв.

20.33.

$$\frac{1}{\lambda} = R(z - b)^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right). \quad (1)$$

K -сериянинг энг катта тўлқин узунлиги K_α чизигига тўғри келади. Бунда (1) формуласига $b = 1$, $k = 1$, $n = 2$ ларини қўйишимиз керак. (1) формуласини λ га нисбатан ҳал қилиб ва сон қийматларини ўрнига қўйсак: 1) $1,94 \text{ \AA}$, 2) $1,55 \text{ \AA}$, 3) $0,720 \text{ \AA}$, 4) $0,574 \text{ \AA}$, 5) $0,234 \text{ \AA}$, 6) $0,228 \text{ \AA}$ ва 7) $0,205 \text{ \AA}$ келиб чиқади. K_α тўлқин чизиқлари узунликларининг тажрибада топилган қийматлари бундай: 1) $1,94 \text{ \AA}$, 2) $1,54 \text{ \AA}$; 3) $0,712 \text{ \AA}$, 4) $0,563 \text{ \AA}$, 5) $0,220 \text{ \AA}$, 6) $0,214 \text{ \AA}$, 7) $0,190 \text{ \AA}$.

20.34. Электроннинг M -қатламдан L -қатламга ўтиши $k = 2$ ва $n = 3$ қийматларига мувофиқ келади. Менделеев жадвалида вольфрамнинг тартиб номери $Z = 74$. Шу сон қийматларини Мозли формуласига қўйиб $b = 5,5$ эканлигини топамиз.

- 20.35. $Z = 40$ (цирконий). 20.36. $\frac{N_1}{N} = \frac{\mu D_0}{N_0 t} = 3,5 \cdot 10^{-10}$.
 20.37. $1,6 \cdot 10^{11}$ жуфт ион. 20.38. $I_n = 2,7 \cdot 10^{16}$ а.
 20.39. $x = 5 \cdot 10^{-4}$ м = 0,5 мм. 20.40. 3,7 марта. 20.41. $x = 0,68$ мм.
 20.42. 1)

Модда	Сув	Алюминий	Темир	Қўрғошн
$\mu, \text{м}^{-1}$	6,7	16	44	77
$\mu_m \cdot 10^3, \text{м}^2/\text{кг}$	6,7	6,2	5,6	6,8

- 2) $\lambda = 0,0124 \text{ \AA}$.
 20.43. $n = \frac{\ln 80}{\ln 2} = 6,35$.

21- §. Радиоактивлик

21.1. ва 21.2. dt вақт ичида парчаланувчи радиоактив модда атомларининг сони

$$dN = -\lambda N dt. \quad (1)$$

Мавжуд N атомлар сонини Δt вақт мобайнида ўзгармайдн, деб ҳисоблаш мумкин бўлса, яъни Δt вақт оралиги ярим емирилиш даври T дан анча кичик бўлгандагина шу формуладан охириги вақт оралиги Δt учун қўлласа бўлади. Жадвалдан кўришиб турибдики, 21.1- масалани ечишда бир суткада парчаланувчи полоний атомлари сонини қуйидаги формуладан топишимиз мумкин:

$$|\Delta N| = \lambda N \Delta t = \frac{\ln 2}{T} N \Delta t. \quad (2)$$

Масаланинг сон қийматларини ўрнига қўйсақ,

$$\Delta N = \frac{0,693}{138} 10^6 \text{ сутка}^{-1} = 5025 \text{ сутка}^{-1} \text{ бўлади.}$$

Лекин 21.2- масалани ечишда бу тақрибий формуладан фойдаланиб бўлмайди, чунки радоннинг ярим емирилиш даври (жадвалга қараган) 3,82 суткадир, холос. Бир суткада парчаланувчи радон атомлари сонини топиш учун $N = N_1 e^{-\lambda t}$ формуласидан фойдаланиш лозим. Унда изланадиган сон

$$\Delta N = N_1 - N = N_1 - N_1 e^{-\lambda t} = N_1 (1 - e^{-\lambda t}).$$

21.2- масаланинг сон қийматларини ўрнига қўйиб $\Delta N = 10^6 (1 - 0,825) = 175000 \text{ сутка}^{-1}$ эканлигини топамиз. ΔN ни (2) тақрибий формула бўйича топадиган бўлсақ, $\Delta N = 192000 \text{ сутка}^{-1}$ келиб чиқади, яъни 10% чамаси хатоликка йўл қўямиз.

(1) ва (2) формулалар бўйича 21.1- масаланинг ечими учинчи қийматни рақамга қадар аниқликда бирдай жавобга олиб келишига ўқувчиларнинг ишонч ҳосил қилишлари тақлиф этилади.

- 21.3. $3,7 \cdot 10^{10}$ парча/сек = 1 кюри. 21.4. $m = 6,5 \cdot 10^{-9}$ кг.
 21.5. $m = 2,2 \cdot 10^{-7}$ кг = 0,22 мг. 21.6. $\lambda = 2,1 \cdot 10^{-6}$ сек $^{-1}$.
 21.7. 1) $7,9 \cdot 10^7$ парча/сек·кг; 2) $5,7 \cdot 10^{18}$ парча/сек·кг
 21.8. $m = 3,5 \cdot 10^{-20}$ кг. 21.9. 53 прентиш. 21.10. 40 суткадан сўнг.

21.11. Ҳар бир изотопнинг табиий уран умумий радиоактивлигига киритадиган радиоактивлик процент улуши ҳар бир изотопнинг 1 секунддаги емирилишлар сонининг табиий уран 1 секунддаги емирилишлар умумий сонига бўлган нисбати билан аниқланади. Табиий уран массасини M билан белгилаймиз. Унда изотоплар массаси тегишлича $M_1 = 6 \cdot 10^{-5} M$, $M_2 = 7,1 \cdot 10^{-3} M$ ва $M_3 = 99,28 \cdot 10^{-2} M$ бўлади. Ҳар бир изотоп берадиган 1 секунддаги емирилишлар сони:

$$\Delta N_1 = \frac{\ln 2}{T_1} N_1 \Delta t = \frac{\ln 2 N_0 M_1 \Delta t}{T_1 A_1},$$

$$\Delta N_2 = \frac{\ln 2 N_0 M_2 \Delta t}{T_2 A_2},$$

$$\Delta N_3 = \frac{\ln 2 N_0 M_3 \Delta t}{T_3 A_3},$$

бундаги N_0 — Авогадро сони, T_i — изотопнинг ярим емирилиш даври, A_i — унинг атом оғирлиги. Бундан ҳар бир изотоп учун изланаётган нисбат:

$$x_i = \frac{\Delta N_i}{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3} = \frac{\frac{M}{A_i T_i}}{\frac{M_1}{A_1 T_1} + \frac{M_2}{A_2 T_2} + \frac{M_3}{A_3 T_3}}.$$

Сон қийматларини ўрнига қўйиб, табиий уранинг бутун радиоактивлиги ${}_{82}\text{U}^{238}$ га боғлиқ, ${}_{82}\text{U}^{235}$ ва ${}_{82}\text{U}^{234}$ изотопларининг радиоактивлиги эса йўқолиб борадиган даражада оз эканлигига ишонч ҳосил қилиш қийин эмас.

21.12. 1) $v = 1,52 \cdot 10^7$ м/сек.

2) α - заррача учиб чиқаётганда ажраладиган тўла энергия α - заррача кинетик энергияси W_1 билан қолдиқ ядро W_2 кинетик энергиясининг йиғиндисига тенг. Шундай қилиб,

$$W_x = W_1 + W_2. \quad (1)$$

Бундан ташқари, ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни ҳам ўринли. Чунки емирилишга қадар системанинг ҳаракат миқдори нолга тенг бўлиб, емирилишдан сўнг

$$m v_1 = m v_2. \quad (2)$$

(2) дан қуйидагиларни чиқариш қийин эмас:

$$(m_1 v_1)^2 = \frac{m_1 v_1^2 m_1}{2} = W_1 2 m_1 = (m_2 v_2)^2 = \frac{m_2 v_2^2}{2} 2 m_2 = 2 m_2 W_2.$$

Унда (1) дан

$$W_x = W_1 + \frac{2m_1 W_1}{2m_2} = W_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2} \right) = W_1 \frac{m_2 + m_1}{m_2}$$

Масаланинг сон қўйматларини ўзинга қўйсак $W_1 = 4,87 \text{ Мэв}$.

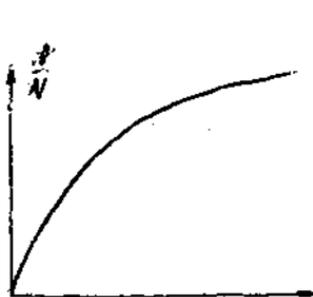
21.13. 1) $Q = 120 \text{ ж}$; 2) $Q \approx 1,6 \cdot 10^4 \text{ ж}$. 21.14. $Q \approx 5,2 \cdot 10^{12} \text{ ж}$.

21.15. $2,8 \cdot 10^8 \text{ парча/сек}$. 21.16. $N_0 = 6 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1}$.

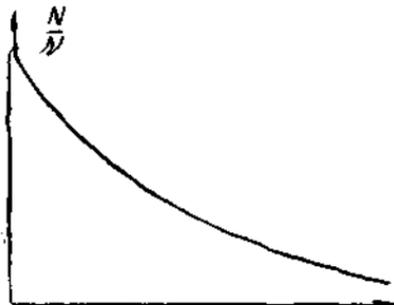
21.17. $m = 4,8 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$.

21.18. 1) 12,6 суткадан сўнг. 2) 110-расмда $\frac{N}{N_0}$ нинг t вақтга боғлиқлик характери берилган.

21.19. 1) 111-расмда $\frac{N}{N_0} = f(t)$ боғлиқлик характери берилган.



110-расм.



111-расм.

2) Ярим емирилиш даври эгрликнинг оординатаси 0,5 га барабар нуқтаси абсциссаси сифатида топилди. Бундаги ҳол учун масштаб билан чирилган $\frac{N}{N_0} = f(t)$ эгрликдан $T = 3,8$ сутка эканлигини топish мумкин.

21.20. $T \approx 4$ соат. 21.21. 10,4 суткадан кейин

$$21.22. N_{\text{кўр}} = N_{\text{ур}} \left(1 - e^{-\frac{0,693t}{T_{\text{ур}}}} \right) \text{ ёки}$$

$$\frac{M_{\text{кўр}}}{A_{\text{кўр}}} = \frac{M_{\text{ур}}}{A_{\text{ур}}} = \left(1 - e^{-\frac{0,693t}{T_{\text{ур}}}} \right).$$

Бундан $t = 3 \cdot 10^9$ йил.

21.23. $2,18 \cdot 10^6$ атом. 21.24. $7 \cdot 10^8$ кг рудадан.

21.25. $1,1 \cdot 10^{-7}$ шам. 21.26. 63,2%. 21.27. $1,67 \cdot 10^8 \text{ парча/сек}$.

21.28. $5,25 \cdot 10^{15} \text{ парча/сек} \cdot \text{кг}$.

21.29. Аралаштиргунга қадар препаратнинг солиштирма активлиги:

$$\alpha_1 = \frac{\Delta N}{m_1 \Delta t} = \frac{\lambda N}{m_1} = \frac{\ln 2 N_0 m_1}{T A_1 m_1} = \frac{\ln 2 N_0}{T A_1} \quad (1)$$

Аралаштиргандан кейин

$$\alpha_2 = \frac{\Delta N}{(m_1 + m_2) \Delta t} = \frac{\ln 2 N_0 m_1}{T A_1 (m_1 + m_2)} \quad (2)$$

(1) ва (2) дан

$$\Delta a = \frac{\ln 2 N_0}{T A_1} \left(1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2}\right) = \frac{\ln 2 N_0 m_2}{T A_1 (m_1 + m_2)} = 4,9 \cdot 10^{17} \text{ парча/сек. кг} = 1,32 \cdot 10^7 \text{ кюри/кг.}$$

21.30. 11 мг. 21.31. ${}_{84}\text{Po}^{210}$. 21.32. ${}_{88}\text{Ra}^{226}$. 21.33. ${}_{92}\text{U}^{238}$.

21.34. ${}^2\text{He}^4$. 21.35. ${}^{55}\text{Cs}^{133}$.

21.36. 1) $v = 1,92 \cdot 10^7 \text{ м/сек.}$; 2) $W = 7,83 \text{ Мэв}$ (21. 12. масала-нинг ечимига қаранг); 3) $n = 2,26 \cdot 10^6$ жуфт ион; 4) $t_H = 1,33 \cdot 10^{-9} \text{ а.}$

22-§. Ядро реакциялари

22.1. 1) 12 протон ва 12 нейтрон; 2) 12 протон ва 13 нейтрон; 3) 12 протон ва 14 нейтрон.

$$22.2. \Delta M = Z M_H + (M - Z) M_N - M_A.$$

Бизда (жадвалга қаранг) $\Delta M = 3 \cdot 1,00814 + 4 \cdot 1,00899 - 7,01823 \text{ м.а.б.} = 0,04215 \text{ м.а.б.}$ Масса атом бирлигига 931 Мэв энергия мувофиқ келганлигидан (17.20- масалага қаранг), натижада ${}^3\text{Li}^7$ ядросининг боғланиш энергияси $W = 0,04215 \cdot 931 \text{ Мэв} = 39,3 \text{ Мэв}$ бўлади. ${}^3\text{Li}^7$ ядросини нуклонларга парчалаш учун шу энергияни сарфлаш керак.

22.3. $W = 28,3 \text{ Мэв.}$ 22.4. 225 Мэв.

22.5. 1) $W = 8,5 \text{ Мэв.}$ 2) $W = 7,7 \text{ Мэв.}$ ${}^1\text{H}^2$ ядроси ${}^2\text{He}^3$ ядросига қараганда тургунроқ.

22.6. $W_0 = 7,97 \text{ Мэв.}$ 22.7. $W = 2,2 \text{ Мэв.}$

22.8. 1) 5,6 Мэв; 2) 7,5 Мэв; 3) 8,35 Мэв; 4) 8,55 Мэв; 5) 8,75 Мэв; 6) 8,5 Мэв; 7) 7,9 Мэв; 8) 7,6 Мэв.

22.9. $W = c^2 \left(\sum M_1 - \sum M_2 \right)$. Биздаги ҳолда дастлабки заррачалар массаларининг йиғиндисини $\sum M_1 = 7,01823 + 1,00814 = 8,02637$.

Заррачалар массаларининг ҳосил бўлган йиғиндисини $\sum M_2 = 4,00388 + 4,00388 = 8,00776$. Шундай қилиб, массалар дефекти $\Delta M = 0,01861 \text{ м.а.б.}$ Бинобарин, реакцияда ажралган энергия $W = 0,01861 \cdot 931 \text{ Мэв} = 17,3 \text{ Мэв.}$

22.10. 1,18 Мэв. 22.11. 1) 4,04 Мэв; 2) 3,26 Мэв.

22.12. 1) 18,3 Мэв; 2) 22,4 Мэв; 3) 4,02 Мэв.

22.13. $M = 5,7 \cdot 10^5 \text{ кг.}$ 22.15. 15 Мэв. 22.16. 4,35 Мэв.

22.17. ${}^9\text{N}^{14} + {}^9\text{n}^1 \rightarrow {}^6\text{C}^{14} + {}^1\text{H}^1$; ${}^6\text{C}^{14} \rightarrow {}^4\text{e}^0 + {}^2\text{N}^{14}$.

22.18. $1,1 \cdot 10^{23} \text{ парча/сек. кг.}$ 22.19. $T = 15 \text{ соат.}$

22.20. 1) $W_1 = 5,35 \cdot 10^{22} \text{ Мэв;}$ 2) $W_2 = 3,6 \cdot 10^{20} \text{ Мэв.}$

Шундай қилиб, $\frac{W_2}{W_1} \cong 7 \cdot 10^6$, яъни шу ўзгаришни амалга ошириш учун мазкур реакцияда ажраладиган энергиядан тахминан 7 млн. марта кўпроқ энергия сарфлаш керак.

22.21. 6,017 м.а.б.

22.22. Ўтказилган цикл натижасида тўртта водород ядроси битта гелий ядросига айланади. Ўзини химиявий катализатор сифатида тутувчи углероддан яна фойдаланиш мумкин. Мазкур цикл натижасида $4,3 \cdot 10^{-12}$ ж га барабар энергия бўшашичи топил қийин эмас. Иккинчи томондан, қуёш доимийси катталиги ва Ердан қуёшгача массафа маълум бўлгани ҳолда қуёшнинг 1 секунддаги нурланишини топамиз, $W = 3,8 \cdot 10^{26}$ ж. Водороднинг тўртта атоми $4,3 \cdot 10^{-12}$ ж га барабар энергия берса, $3,8 \cdot 10^{-26}$ ж энергия чиқариш учун бир секундда $M = 5,9 \cdot 10^{11}$ кг миқдор водород сарфлаш зарур бўлади. Қуёш массаси $2 \cdot 10^{30}$ кг бўлганлигидан қуёш моддасидаги водород запаси $2 \cdot 10^{30} \times 0,35$ кг $= 7 \cdot 10^{29}$ кг. Демак, мазкур водород запаси $4 \cdot 10^{10}$ йилга етди.

22.23. $m = 1,00899$ м.а.б.

22.25. Татърифга кўра

$$k_1 = \frac{N_1}{N_2}, \quad (1)$$

бундаги N_1 — муайян вақт оралиғида ҳосил бўлган атомлар сони ва N_2 — шу вақт мобайнида ншонни бомбардимон қилувчи заррачалар сони. Иккинчи томондан, препарат активлиги 1 секунддаги парчаланишлар сони билан аниқлавирилганидан,

$$k_2 = \frac{\lambda N_1}{N_2} = \frac{\ln 2 N_1}{T N_2}. \quad (2)$$

бундаги T — ҳосил бўлган радиоактив изотопнинг ярим емирлиш даври. Шундай қилиб, (1) ва (2) дан $k_2 = \frac{\ln 2}{T} k_1$.

22.26. $k_1 = 2 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{500}$, яъни 500 дан фақат битта протон реакцияни вужудга келтиради.

22.27. $k_1 = 1,2 \cdot 10^{-3}$.

22.28. 2) Манба тайёрланганидан кейин бир секунддаги парчаланишлар сони $a_1 = \left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_1 = \lambda N_1$; t вақт ўтганидан кейин бир секунддаги парчаланишлар сони $a_2 = \left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_2 = \lambda N_2$; бундаги $N_2 = N_1 e^{-\lambda t}$. Бунга кўра $n = 4000$ заррачадан α -заррачагина реакция вужудга келтиришини назарда тутсак, манбага киритилган радон атомлари сонини топамиз:

$$N' = n N_1 = \frac{n N_2}{e^{-\lambda t}} = n N_2 e^{\lambda t}$$

Унда радон массаси бундай бўлади

$$M = \frac{AN'}{N_0} = \frac{A}{N_0} n N_2 e^{\lambda t} = \frac{A n e^{\lambda t} a_2}{N_0 \lambda} \quad (1)$$

Бизда $A = 222$ кг/кг-атом, $n = 4 \cdot 10^8$, $e^{\lambda t} = e^{\frac{\ln 2t}{T}} = 2,45$, $a_2 = 1,2 \times 10^6$ сек⁻¹ ва $N_0 = 6,02 \cdot 10^{26}$ кг-атом⁻¹. Мазкур қийматлари (1) га қўйсак, $M = 2,1 \cdot 10^{-9}$ кг = 2,1 мкг бўлади.

22.29. $9,3 \cdot 10^8$ сек⁻¹.

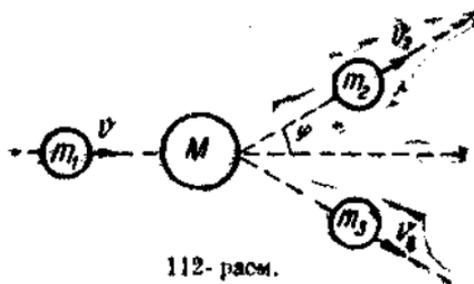
22.30. 1) $W = 6,9$ Мэв; 2) $5,77 \cdot 10^{-12}$ парч/сек.

22.31. (112-расм) m_1 , m_2 ва m_3 — бомбардимон қилувчи α -заррача, протон ва чиқарувчи ядро (биздаги ҳолда кислород ядроси) масса сонлари, W_1 , W_2 ва W_3 — уларнинг кинетик энергиялари. M азот ядроси қўзғалмас бўлса, энергиянинг сақланиш қонуни бундай ёзилади:

$$W_1 + Q = W_2 + W_3, \quad (1)$$

бундаги Q — ядро реакциясининг энергияси. Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни вектор шаклида бундай кўринишда бўлади:

$$p_1 = p_2 + p_3. \quad (2)$$



112-расм.

(2) дан ҳаракат миқдорининг сон қийматлари учун (112-расмга қаранг) қуйидагига эга бўламиз:

$$p_3^2 = p_1^2 + p_2^2 - 2p_1 p_2 \cos \varphi. \quad (3)$$

Маълумки

$$p^2 = (mv)^2 = \frac{mv^2}{2} 2m = W 2m \quad (4)$$

булганлигидан (3) тенглама бундай кўриниш олади:

$$2m_3 W_3 = 2m_1 W_1 + 2m_2 W_2 - 2 \cos \varphi \sqrt{2m_1 W_1 2m_2 W_2}$$

ёки

$$W_3 = \frac{m_1}{m_3} W_1 + \frac{m_2}{m_3} W_2 - \frac{2 \cos \varphi}{m_3} \sqrt{m_1 m_2 W_1 W_2}. \quad (5)$$

(1) ва (5) дан W_3 энергиясини чиқариб ташлаб, бомбардимон қилувчи заррачалар кинетик энергияси билан олинган заррачалар кинетик энергиясини боғловчи ушбу формулани оламиз:

$$W_1 \left(\frac{m_3 - m_1}{m_3} \right) + Q = W_2 \left(\frac{m_2 + m_3}{m_3} \right) - \frac{2 \cos \varphi}{m_3} \sqrt{m_1 m_2 W_1 W_2}. \quad (6)$$

Бу ерда $Q = -1,18 \text{ Мэв}$. (6) ни $\cos \varphi$ га нисбатан ҳал қилсак ва сон қийматларини ўрнига қўйсак

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= \frac{m_2 + m_3}{2} \sqrt{\frac{W_2}{m_1 m_2 W_1}} - \frac{m_3 - m_1}{2} \sqrt{\frac{W_1}{m_1 m_2 W_2}} - \frac{m_3 Q}{2 \sqrt{m_1 m_2 W_1 W_2}} = \\ &= 0,59 \text{ ва } \varphi \cong 54^\circ. \end{aligned}$$

22.32. 1) $W_K = 8,75 \text{ Мэв}$, 2) $\varphi \cong 87^\circ$.

22.33. 2) $Q = -0,78 \text{ Мэв}$ —реакция энергия ютиш билан бўлади.

3) $W_x = (Q) \frac{M + m}{M} = 1,04 \text{ Мэв}$, бундаги M — тинч ядро массаси ва m — бомбардимон қилувчи заррача массаси.

22.34. $W_x = 1,52 \text{ Мэв}$. 22.35. $W_x = 1,89 \text{ Мэв}$.

22.36. $Q = -0,30 \text{ Мэв}$. 3) $W_x = 0,35 \text{ Мэв}$, 4) $W = W_x + Q = 0,05 \text{ Мэв}$.

22.37. 1) $Q = 2,8 \text{ Мэв}$; 2) $v = 9,3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$; $W_a = 1,8 \text{ Мэв}$.

22.38. $W = 1 \text{ Мэв}$. 22.39. $h\nu = 2,2 \text{ Мэв}$. 22.40. $h\nu = 16,6 \text{ Мэв}$.

22.41. $2,3 \cdot 10^4 \text{ кэВ}\cdot\text{с}$. 22.42. $M = 31 \text{ э}$.

22.43. 2) $Q = 17,6 \text{ Мэв}$; 3) $W = 11,8 \cdot 10^4 \text{ кэВ}\cdot\text{с}$.

23- §. Элементар заррачалар. Заррача тезлатгичлар

23.1. 1) $N = 2,2 \cdot 10^{16}$; 2) $N = 1,1 \cdot 10^{16}$.

23.2. $M = 12 \text{ м.а.в.}$ (графит). 23.3. 92%.

23.4. 1) $\approx 100\%$; 2) 1,9%, яъни қўрғошин қатламида нейтронлар таркибида водород (масалан, парафин) бўлган модданинг тегишли қатламидагига қараганда бирмунча бўшроқ тормозланади.

23.5. Кўзгалмас протонга қараб учувчи нейтроннинг v тезлик ёғналлиши заррачалар учувчи тўғри бурчак биссектрисаси бўлади.

Бунда мазкур заррачалар тезлиги бирдай бўлиб $v' = \frac{v\sqrt{2}}{2}$ га тенг. Бинобарин, энергия нейтрон билан протон ўртасида ўрта ҳисобда баравар тақсимланади.

23.6. Нейтрон ҳар сафар тўқнашганда кинетик энергияси ярмига камаяди (бундан олдинги масалага қараган). Бинобарин, n тўқнашувдан кейин нейтрон энергияси $W = \left(\frac{1}{2}\right)^n W_0$ бўлади. Бундан $n \lg 2 = \lg \frac{W_0}{W} = \lg(2 \cdot 10^7)$ ва $n = \frac{\lg(2 \cdot 10^7)}{\lg 2} = 24$ тўқнашув.

23.7. $q = 2e = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ к}$. 23.8. $\frac{q}{m} = 4,8 \cdot 10^7 \text{ к/кг}$.

23.9. 1) $m = 1,23 \cdot 10^{-30}$ кг; $v = 2,02 \cdot 10^8$ м/сек; $W = 1,8 \cdot 10^2$ эв;
 $\frac{e}{m} = 1,3 \cdot 10^{11}$ кл/кг; 3) $v = 2,52 \cdot 10^8$ м/сек

23.10. Шартга кўра $\frac{W}{W_0} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = 30$, бундан $v = 2,998 \cdot 10^8$ м/сек.

Ҳаракатдаги мезоннинг лаборатория соати бўйича яшаш вақти $\tau' = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}} = 30\tau_0$. Шу вақт ичида мезон $l = v\tau' = v \cdot 30\tau_0 \cong 18000$ м = 18 км масофани ўтади.

23.11. 8 марта.

23.12. 1) Ҳар бир фотоннинг энергияси $W_0 = 0,51$ Мэв; 2) $\lambda = 0,024$ Å. 23.13. $h\nu$ энергияли γ -квант жуфт заррачага айланса, энергия сақланиш қонунига биноан

$$h\nu = 2m_0c^2 + W_1 + W_2.$$

бундаги m_0c^2 — ҳар бир заррачанинг тинч ҳолатдаги энергияси, W_1 ва W_2 — заррачаларнинг пайдо бўлиш пайтидаги кинетик энергияси. Бунда $m_0c^2 = 0,51$ Мэв, бинобарин, $2m_0c^2 = 1,02$ Мэв. Унда $W_1 + W_2 = (2,62 - 1,02)$ Мэв = 1,60 Мэв

23.14. Лоренц кучи $Bqv = \frac{mv^2}{R}$, бундан $B = \frac{mv}{qR}$. Нисбийлик назариясининг формулаларига мувофиқ заррача импульси $p = mv$, унинг W кинетик энергияси билан $p = \frac{1}{c} \sqrt{W(W + 2m_0c^2)}$ нисбатда боғланган, бундаги m_0 — заррачанинг тинч ҳолатдаги массаси. Бундан

$$B = \frac{1}{cqR} \sqrt{W(W + 2m_0c^2)}. \quad (1)$$

Ҳар бир заррачанинг кинетик энергияси (бундан аввалги масаланинг ечимига қаранг) $W = 2,34$ Мэв эканлигини кўрсатиш қийин эмас. (1) га сон қийматларини қўйсак, $B = 0,31$ тл келиб чиқади.

23.15. $W = 67,5$ Мэв 23.16. 940 Мэв.

23.17. $m = 273m_0$, бунда m_0 — электроннинг тинч ҳолатдаги массаси. 2) $v = 2,48 \cdot 10^8$ м/сек.

23.18. 1) $v = \frac{Bq}{2\pi m}$; а) $v = 9,7 \cdot 10^8$ эц = 9,7 Мэц; б) $v = 19,4$ Мэц;

в) $v = 9,7$ Мэц.

23.19. 1) $W = 2\pi^2 m_0^2 R^2$; 2) а) $W = 13,8$ Мэв, б) $W = 6,9$ Мэв;

в) $W = 27,6$ Мэв.

23.20. 1) $B = 0,9$ тл; 2) $W = 4,8$ Мэв.

23.21. 1) $B = 1,8$ тл; $W = 9,6$ Мэв; 2) $B = 1,8$ тл, $W = 19,2$ Мэв.

23.22. 1 э радиий 1 сек да $3,7 \cdot 10^{10}$ α -заррача чиқаради. 15 мка лик ток 1 сек даги $4,7 \cdot 10^{18}$ α -заррача оқимига мувофиқ келади. Шундай қилиб, мазкур циклотрон 1 э радийдан минг мартадан зиёд маҳсулдорроқ.

23.23. $U = \frac{R^2 B^2 q}{2m} = 1,2 \cdot 10^7$ в. 23.24. $R = 0,36$ м.

23.25. 1) Дейтонлар ва α -заррачалар учун $B = 1,3$ $\text{эВ}/\text{м}^2$; протонлар учун $B = 0,65$ $\text{эВ}/\text{м}^2$.

2) Дейтонлар, протонлар ва α -заррачалар учун $v = 3,13 \cdot 10^8$ $\text{м}/\text{сек}$. Циклотрондан учиб чиқувчи заррачалар энергияси бу заррачалар учун турлича бўлади. Дейтонлар учун $W = 10,2$ МэВ , протонлар учун $W = 5,1$ МэВ ва α -заррачалар учун $W = 20,4$ МэВ .

3) Ҳар тўла айланишда зарядланган заррача дуантлар ўртасидаги фазони икки марта босиб ўтади, бипобарин, икки марта қўшимча импульс олади. Шунинг учун N айланишда зарядланган заррача тезлаштирувчи потенциал $U' = 2NU$ га эквивалент энергияга эга бўлади, U -бундаги дуантлар ўртасига берилган потенциаллар айирмаси. Бундан

$$N = \frac{U'}{2U}. \text{ Дейтонлар ва } \alpha\text{-заррачалар учун } N = 68 \text{ ва протонлар учун } N = 34.$$

$$23.26. W = 188 \text{ МэВ.}$$

$$23.27. 1) \frac{M}{M_0} = 1,1; 2) \beta = \frac{v}{c} = 0,44 \text{ ва } v = 1,32 \cdot 10^8 \text{ м/сек.}$$

$$23.28. 1) B = \frac{2\pi m_0 v_0}{q} = \frac{2\pi m v}{q} = 1,62 \text{ тл,}$$

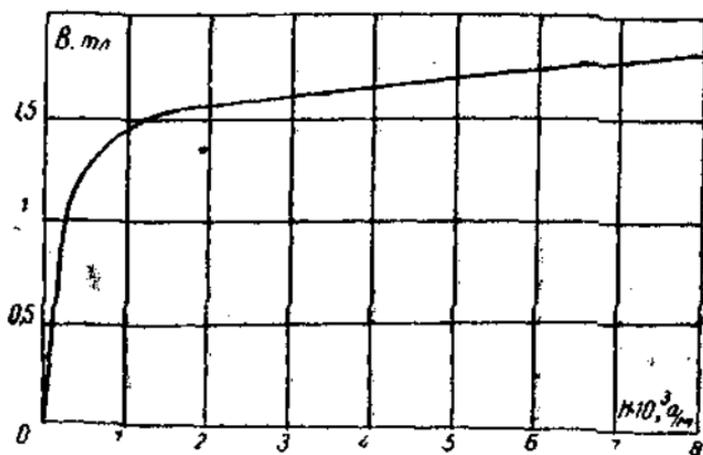
$$2) \frac{v_0}{v} = \frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \text{ бўлганлигидан.}$$

$$W = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right) = \frac{m_0 c^2 (v_0 - v)}{v} = 300 \text{ МэВ.}$$

$$23.29. 1) \frac{T}{T_0} = 1,7; 2) \frac{T}{T_0} = 1,9.$$

ИЛОВАЛАР

Темирнинг баъзи бир сортлари учун B индукциянинг магнит майдони кучланганлиги H га боғланиш графиги



Рационаллаштирилган ва рационаллаштирилмаган шаклдаги электромагнит майдони тенгнамалари ўртасидаги боғланиш.

Қуйидаги ўзгартиришлар воситасида рационаллаштирилмаган шаклдаги тенгнамалардан рационаллаштирилган шаклдаги электромагнит майдони тенгнамаларини чиқариш мумкин.

1. Рационаллаштирилмаган тенгламага кирувчи диэлектрик киритувчанлик ϵ ўрнига $4\pi\epsilon' = 4\pi\epsilon_0\epsilon$ олинади, бунда ϵ_0 — электр доимийси ва ϵ — муҳитнинг бўшлиққа нисбатан диэлектрик киритувчанлиги қиймати, яъни ϵ катталигининг одатдаги жадвал қиймати.

2. Рационаллаштирилмаган тенгламага кирувчи магнит киритувчанлик μ ўрнига

$$\frac{\mu'}{4\pi} = \frac{\mu_0\mu}{4\pi}$$

олинади, бунда μ_0 — магнит доимийси, μ — муҳит магнит киритувчанлигининг бўшлиққа нисбатан қиймати, яъни μ катталигининг одатдаги жадвал қиймати.

3. Рационаллаштирилмаган тенгламага кирувчи электр индукция $D = \epsilon E$ ўрнига

$$4\pi D = 4\pi\epsilon_0\epsilon E$$

қиймати олинади.

4. Рационаллаштирилмаган тенгламаларга кирувчи магнит майдонининг кучланганлиги $H = \frac{B}{\mu}$ ўрнига

$$4\pi H = 4\pi \frac{B}{\mu_0\mu}$$

қиймат олинади.

ϵ , μ , D ва H катталиклари бўлмаган барча тенгламалар рационаллаштирилмаган системаларда ҳам, рационаллаштирилган системаларда ҳам бирдай шаклга эга бўлади.

Юқорида кўрсатилган ўзгартиришлар амалга оширилар экан, III боб, 9 ва 11-§ ларидаги рационаллаштирилмаган ва рационаллаштирилган шаклдаги энг муҳим тенгламалар таққосланган жадвални тузиш қийин эмас.

	Рационаллаштирилмаган шакли (Гаусс системаси)	Рационаллаштирилган шакли (СИ)
Кулон қонуни	$F = \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$	$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}$
Электр майдонининг кучланганлиги	$E = \frac{F}{q}$	$E = \frac{F}{q}$
Нуқтавий заряд майдонининг кучланганлиги	$E = \frac{q}{\epsilon r^2}$	$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}$
Гаусс теоремаси	$N_E = \frac{4\pi \sum q}{\epsilon}$ $N_D = 4\pi \sum q$	$N_E = \frac{\sum q}{\epsilon_0 \epsilon}$ $N_D = \sum q$
Зарядланган ил вужудга келтирган майдон кучланганлиги	$E = \frac{2\tau}{\epsilon r}$	$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 \epsilon r}$
Зарядланган текислик вужудга келтирган майдон кучланганлиги	$E = \frac{2\pi\sigma}{\epsilon}$	$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon}$
Ясси конденсатор майдони	$\epsilon = \frac{4\pi\sigma}{\epsilon}$	$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$
Потенциаллар айирмаси	$U = \frac{A}{q}$	$U = \frac{A}{q}$
Нуқтавий заряд майдонининг потенциали	$U = \frac{q}{\epsilon r}$	$U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r}$
Майдон кучланганлиги билан потенциал ўртасидаги боғланиш	$E = -\frac{dU}{dr}$	$E = -\frac{dU}{dr}$
Шунинг ўзи бир жинсли майдон учун	$E = -\frac{U}{d}$	$E = -\frac{U}{d}$
Ўтказгич сифими, заряди ва потенциали ўртасидаги боғланиш	$q = CU$	$q = CU$
Ясси конденсатор сифими	$C = \frac{\epsilon S}{4\pi d}$	$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$
Сферик конденсатор сифими	$C = \frac{\epsilon r R}{R - r}$	$C = \frac{4\pi\epsilon_0 \epsilon r R}{R - r}$
Шарнинг сифими	$C = \epsilon r$	$C = 4\pi\epsilon_0 \epsilon r$
Зарядланган ўтказгич энергияси	$W = \frac{1}{2} qU = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$	$W = \frac{1}{2} qU = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$

	Рационаллаштирилмаган шакли (Гаусс системаси)	Рационаллаштирилган шакли (СМ)
Ясси конденсатор майдонининг энергияси	$W = \frac{\epsilon SU^2}{8\pi d} = \frac{\epsilon E^2 Sd}{8\pi} = \frac{2\pi\sigma^2}{\epsilon} Sd$	$W = \frac{\epsilon_0 \epsilon SU^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 Sd}{2} = \frac{\sigma^2 Sd}{2\epsilon_0 \epsilon}$
Электр майдони энергиясининг ҳажмий зичлиги	$W_0 = \frac{\epsilon E^2}{8\pi}$	$W_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2}$
Ясси конденсатор пластинкаларининг тортишиш кучи	$F = \frac{\epsilon E^2}{8\pi} S = \frac{\epsilon SU^2}{8\pi d^2} = \frac{2\pi\sigma^2 S}{\epsilon}$	$F = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 S}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon SU^2}{2d^2} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0 \epsilon}$
Бю-Савар-Лаплас қонуни	$dH = \frac{1}{c} \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$	$dH = \frac{Idl \sin \alpha}{4\pi r^2}$
Доғравий ток марказидаги магнит майдонининг кучланганлиги	$H = \frac{1}{c} \frac{2\pi I}{R}$	$H = \frac{I}{2R}$
Тўғри ток майдонининг кучланганлиги	$H = \frac{1}{c} \frac{2I}{a}$	$H = \frac{I}{2\pi a}$
Соленоид ичида магнит майдонининг кучланганлиги	$H = \frac{1}{c} 4\pi In$	$H = In$
Магнит майдони кучланганлиги билан индукция ўртасидаги боғланиш	$B = \mu H$	$B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} 4\pi H = \mu_0 \mu H$
Магнит майдони энергиясининг зичлиги	$W_0 = \frac{HB}{8\pi}$	$W_0 = \frac{HB}{2}$
Ампер кучи	$dF = \frac{1}{c} B I \sin \alpha dl$	$dF = B I \sin \alpha dl$
Лоренц кучи	$F = \frac{1}{c} B qv \sin \alpha$	$F = B qv \sin \alpha$
Параллел тоқларнинг ўзаро таъсир кучи	$F = \frac{1}{c^2} \frac{2\mu I_1 I_2 l}{d}$	$F = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2ad}$
Соленоиднинг индуктивлиги	$L = 4\pi \mu n^2 l S$	$L = \mu_0 \mu n^2 l S$

Ўқувчиларга юқорида кўрсатилган ўзгартиришларни амалга оширишда мазкур жадвални унга кирмаган формулалар билан (III бобнинг 9 ва 11-§ лари) тўлдириш тақлиф қилинади. III бобнинг 10-§ ида келтирилган барча тенгламалар рационаллаштирилган ва рационаллаштирилмаган системаларда бирдай шаклга эга бўлишига ишонил қийин эмас.

I жадвал

Асосий физик катталиқлар

Физик катталиқлар	Сон қиймати
Тортишиш кучи доимийси γ . . .	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{сек}^2$
I кмоль даги молекулалар сони (Авогадро сони) N_0	$6,025 \cdot 10^{23} \text{ кмоль}^{-1}$
Нормал шаронгларда I кмоль идеал газнинг ҳажми V_0	$22,4 \text{ м}^3$
Универсал газ доимийси R	$8,31 \cdot 10^3 \text{ Ж/кмоль} \cdot \text{град}$
Больцман доимийси k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ж/град}$
Фарадей сони F	$9,65 \cdot 10^7 \text{ К/кг} \cdot \text{эв}$
Стефан-Больцман доимийси σ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}^4$
Планк доимийси h	$6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Ж} \cdot \text{сек}$
Электрон заряди e	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ К}$
Электроннинг тинч ҳолатдаги массаси m_e	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ м.а.б.}$ (масса атом бирлиги)
Протоннинг тинч ҳолатдаги мас- саси m_p	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00759 \text{ м.а.б.}$
Нейтроннинг тинч ҳолатдаги массаси m_n	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00899 \text{ м.а.б.}$
Эруғлиқнинг вакуумда тарқалиш тезлиги	$3,00 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$

II жадвал

Баъзи астрономик катталиқлар

Ернинг ўртача радиуси	$6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$
Ернинг ўртача зичлиги	5500 кг/м^3
Ернинг массаси	$5,96 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Кўёшнинг радиуси	$6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$
Кўёшнинг массаси	$1,97 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Ойнинг радиуси	$1,74 \cdot 10^6 \text{ м}$
Ойнинг массаси	$7,3 \cdot 10^{22} \text{ кг}$
Ой ва Ер марказлари орасидаги ўртача ма- софа	$3,84 \cdot 10^8 \text{ м}$
Ер ва Кўёш марказлари орасидаги ўртача масофа	$1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Ойнинг Ер атрофидан айланиш даври	$27 \text{ сутка } 7 \text{ соат } 43 \text{ мин}$
Кўёшнинг ўртача зичлиги	1400 кг/м^3

III жадал

Күёш системасининг планеталари тўғрисидаги баъзи маълумотлар

	Меркурий	Венера	Ер	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
Күёшдан ўртача масофа млн. км	57,9	108,0	149,5	227,8	777,8	1 426,1	2869,1	4 495,6	5 229
Күёш теваригида айланган даври, ер йили	0,24	0,62	1,0	1,88	11,86	29,46	84,02	164,8	249,7
Экваториал диаметр, км	4840	12 400	12742	6780	139 760	115 100	51 000	50 000	—
Ер ҳажмига нисбатан ҳажми	0,055	0,92	1,0	0,150	1 345	767	73,5	59,5	—
Ер массасига нисбатан массаси	0,054	0,81	1,0	0,107	318,4	95,2	14,58	17,26	—
Ер юзидagi тортиш кучи тезланганга нисбатан оғирлик кучи тезлангани ($g = 980,7$ м/сек ²)	0,38	0,85	1,0	0,38	2,64	1,17	0,92	1,14	—

IV жадвал

Атомлар ва молекулаларнинг диаметрлари

Гелий (He)	$2 \cdot 10^{-10}$ м
Водород (H ₂)	$2,3 \cdot 10^{-10}$ м
Кислород (O ₂)	$3 \cdot 10^{-10}$ м
Азот (N ₂)	$3 \cdot 10^{-10}$ м

V жадвал

 T_k ва p_k критик қийматлари

Модда	T_k , °К	p_k , атм	$p_k \cdot 10^{-6}$, н/м ²
Сув буғи	647	217	22,0
Қарбонат ангидрид	304	73	7,4
Кислород	154	50	5,07
Аргон	151	48	4,87
Азот	126	33,6	3,4
Водород	33	12,8	1,3
Гелий	5,2	2,25	0,23

VI жадвал

Турли температураларда фазони тўйинтирувчи сув
буғларининг эластиклиги

t , °С	p_H , мм снмоб устуни	t , °С	p_H , мм снмоб устуни
-5	3,01	16	13,6
0	4,58	18	15,5
1	4,93	20	17,5
2	5,29	25	23,8
3	5,69	30	31,8
4	6,10	40	55,3
5	6,54	50	92,5
6	7,01	60	149
7	7,71	70	234
8	8,05	80	355
9	8,61	90	526
10	9,21	100	760
12	10,5	150	4,8 атм
14	12,0	200	15,3 атм

VII жадвал

Турли температураҳарда сувнинг буғлаиш солиштирма иссиқлиги

$t, ^\circ\text{C}$	0	50	100	200
$r, \text{кал/г}$ $r \cdot 10^{-5}, \text{ж/кг}$	595 24,9	568 23,8	539 22,6	464 19,4

VIII жадвал

Баъзи бир суюқликларнинг хоссалари

Суюқлик	Зичлик, кг/м^3	20 $^\circ\text{C}$ даги солиштирма иссиқлик сийми		20 $^\circ\text{C}$ даги сирт таранглик коэффициенти, н/м
		$\text{ж/кг} \cdot \text{град}$	$\text{кал/г} \cdot \text{град}$	
Бензол . . .	880	1 720	0,41	0,03
Сув	1 000	4 190	1,0	0,073
Глицерин . . .	1 200	2 430	0,58	0,064
Қанақунжут мойи	900	1 800	0,43	0,035
Керосин	800	2 140	0,051	0,03
Симоб	13 600	138	0,033	0,5
Спирт	790	2 510	0,6	0,02

IX жадвал

Баъзи бир қаттиқ jismlарнинг хоссалари

Модда	Зичлик, кг/м^3	Эриш температура, $^\circ\text{C}$	Солиштирма иссиқлик сийми		Эриш солиштирма иссиқлиги, ж/кг	Чизикли иссиқлик кенгайиш коэффициенти, град^{-1}
			$\text{ж/кг} \times \text{град}$	$\text{ккал/кг} \times \text{град}$		
Алюминий . . .	2 600	659	896	0,214	$3,22 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^{-6}$
Темир	7 900	1 530	500	0,119	$2,72 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^{-6}$
Жез	8 400	900	386	0,092	—	$1,9 \cdot 10^{-6}$
Муз	900	0	2 100	0,5	$3,35 \cdot 10^5$	—
Мис	8 600	1 100	395	0,094	$1,76 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^{-6}$
Қалайи	7 200	232	230	0,055	$5,86 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^{-6}$
Платина	21 400	1 770	117	0,028	$1,13 \cdot 10^6$	$0,89 \cdot 10^{-6}$
Пўкак	200	—	2 050	0,49	—	—
Қўрошини . . .	11 300	327	126	0,030	$2,26 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^{-6}$
Кумуш	10 500	960	234	0,056	$8,8 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^{-6}$
Пўлат	7 700	1 300	460	0,11	—	$1,06 \cdot 10^{-5}$
Рух	7 000	420	391	0,093	$1,17 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^{-6}$

X жадвал

Баъзи бир қаттиқ jismlарнинг эластиклик хоссалари

Металл	Мустақкамлик чегараси	Юнг модули
	н/м	н/м ²
Алюминий	$1,1 \cdot 10^9$	$6,9 \cdot 10^{10}$
Темир	$2,94 \cdot 10^9$	$19,6 \cdot 10^{10}$
Мис	$2,45 \cdot 10^9$	$11,8 \cdot 10^{10}$
Қўрғошин	$0,2 \cdot 10^9$	$1,57 \cdot 10^{10}$
Кумуш	$2,9 \cdot 10^9$	$7,4 \cdot 10^{10}$
Пўлат	$7,85 \cdot 10^9$	$21,6 \cdot 10^{10}$

XI жадвал

Баъзи бир қаттиқ jismlарнинг иссиқлик ўтказувчанлиги
(λ вт/м·град)

Алюминий	210
Намат	0,046
Темир	58,7
Эритилган кварц	1,37
Мис	390
Куруқ кум	0,325
Пўкак	0,050
Кумуш	460
Эбонит	0,174

XII жадвал

Диэлектрикларнинг диэлектрик киритувчанлиги

Мўм	7.8
Сув	81
Керосин	2
Мой	5
Парафин	6
Слюда	6
Шиша	6
Чини	6
Эбонит	2.6
Парафинланган қоғоз	2

XIII жадвал

Ўтказгичларнинг солиштирма қаршилиги (0°С да см·м)

Алюминий	$2,53 \cdot 10^{-9}$
Графит	$3,9 \cdot 10^{-7}$
Темир	$8,7 \cdot 10^{-9}$
Мис	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Нихром	$1 \cdot 10^{-8}$
Самоб	$9,4 \cdot 10^{-7}$
Қўрғошин	$2,2 \cdot 10^{-7}$
Пўлат	$1,0 \cdot 10^{-7}$

XIV жадвал

Ионларнинг электролитлардаги
ҳаракатчанлиги
($m^2/v \cdot \text{сек}$)

NO_3^-	$6,4 \cdot 10^{-6}$
H^+	$3,26 \cdot 10^{-7}$
K^+	$6,7 \cdot 10^{-6}$
Cl^-	$6,8 \cdot 10^{-6}$
Ag^+	$5,6 \cdot 10^{-6}$

XV жадвал

Электронларнинг металлдан
чиқишдаги кини
(эВ да)

W	4,5
W + Cs	1,6
W + Th	2,63
Pt + Cs	1,40
Pt	5,3
Ag	4,74
Li	2,4
Na	2,3
K	2,0
Cs	1,9

XVI жадвал

Синдириш кўрсаткичлари

Олмос	2,42	Углерод сульфид	1,63
Сув	1,33	Скилидар	1,48
Муз	1,31	Шиша	1,5—1,9

XVII жадвал

Материаллари турлича антикатод учун рентген нурлари
K-сериясининг чегараси (Å да)

Вольфрам	0,178	Платина	0,158
Олтин	0,153	Кумуш	0,484
Мис	1,38		

XVIII жадвал

Симоб ёйнинг спектрал чизиқлари (Å да)

2537	4047	5461	6128
3650	4358	5770	6908
3655	5235	5791	7082

XIX жадвал

Баъзи изотопларнинг массалари (м. а. б.)

Изотоп	Масса	Изотоп	Масса	Изотоп	Масса
${}^1_1\text{H}^1$	1,00814	${}^9_4\text{Be}^9$	9,01505	${}^{14}_{14}\text{Si}^{30}$	29,98325
${}^2_1\text{H}^2$	2,01474	${}^{10}_5\text{B}^{10}$	10,01612	${}^{40}_{20}\text{Ca}^{40}$	39,97542
${}^3_1\text{H}^3$	3,01700	${}^{12}_6\text{C}^{12}$	12,00380	${}^{56}_{27}\text{Co}^{56}$	55,95769
${}^4_2\text{He}^4$	4,00388	${}^{13}_7\text{N}^{13}$	13,00987	${}^{63}_{29}\text{Cu}^{63}$	62,94962
${}^6_3\text{Li}^6$	6,01703	${}^{14}_7\text{N}^{14}$	14,00752	${}^{113}_{48}\text{Cd}^{113}$	112,94206
${}^7_3\text{Li}^7$	7,01823	${}^{17}_8\text{O}^{17}$	17,00453	${}^{200}_{80}\text{Hg}^{200}$	200,02800
${}^9_4\text{Be}^9$	9,01157	${}^{23}_{12}\text{Mg}^{23}$	23,00145	${}^{235}_{92}\text{U}^{235}$	235,11750
${}^{10}_4\text{Be}^{10}$	10,01353	${}^{24}_{12}\text{Mg}^{24}$	23,99267	${}^{238}_{92}\text{U}^{238}$	238,12376
${}^{11}_4\text{Be}^{11}$	11,01148	${}^{27}_{13}\text{Al}^{27}$	26,99010	—	—

XX жадвал

Баъзи бир радиоактив элементларнинг ярим парчаланиш давлари

${}^{45}_{20}\text{Ca}^{45}$	164 сутка
${}^{90}_{38}\text{Sr}^{90}$	28 йил
${}^{210}_{84}\text{Po}^{210}$	138 сутка
${}^{223}_{86}\text{Rn}^{223}$	3,82 сутка
${}^{226}_{88}\text{Ra}^{226}$	1590 йил
${}^{235}_{92}\text{U}^{235}$	$7,1 \cdot 10^8$ йил
${}^{238}_{92}\text{U}^{238}$	$4,5 \cdot 10^9$ йил

УНЛИ ЛОГАРИФЛАР

XXI жадал

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	9	13	17	22	26	30	35	39
											4	9	13	17	21	25	30	34	38
											4	8	12	16	21	25	29	33	37
											4	8	12	16	20	24	28	32	36
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	12	16	20	24	27	31	35
											4	8	11	15	19	23	27	30	34
											4	7	11	15	18	22	26	29	33
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	11	14	18	21	25	28	32
											4	7	11	14	17	21	24	28	31
											3	7	10	14	17	20	24	27	30
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	7	10	13	17	20	23	27	30
											3	6	10	13	16	19	23	26	29
											3	6	9	13	16	19	22	25	28
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	13	16	19	22	25	28
											3	6	9	12	15	18	21	24	27
											3	6	9	11	14	17	20	23	26
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	9	11	14	17	20	23	26
											3	5	8	11	14	16	19	22	25

90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4

СИНУСЛАР

XXII ЖАДВАЛ

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	1'	2'	3'
0°	0,0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157	0,0000	90°	3	9
1°	0,0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332	0,0175	89°	3	9
2°	0,0349	0366	0384	0401	0419	0436	0454	0471	0488	0506	0,0349	88°	3	9
3°	0,0523	0541	0558	0576	0593	0610	0628	0645	0663	0680	0,0523	87°	3	9
4°	0,0698	0715	0732	0750	0767	0785	0802	0819	0837	0854	0,0698	86°	3	9
5°	0,0872	0889	0906	0924	0941	0958	0976	0993	1011	1028	0,0872	85°	3	9
6°	0,1045	1063	1080	1097	1115	1132	1149	1167	1184	1201	0,1045	84°	3	9
7°	0,1219	1236	1253	1271	1288	1305	1323	1340	1357	1374	0,1219	83°	3	9
8°	0,1392	1409	1426	1444	1461	1478	1495	1513	1530	1547	0,1392	82°	3	9
9°	0,1564	1582	1599	1616	1633	1650	1668	1685	1702	1719	0,1564	81°	3	9
10°	0,1736	1754	1771	1788	1805	1822	1840	1857	1874	1891	0,1736	80°	3	9
11°	0,1908	1925	1942	1959	1977	1994	2011	2028	2045	2062	0,1908	79°	3	9
12°	0,2079	2096	2113	2130	2147	2164	2181	2198	2215	2233	0,2079	78°	3	9
13°	0,2250	2267	2284	2300	2317	2334	2351	2368	2385	2402	0,2250	77°	3	9
14°	0,2419	2436	2453	2470	2487	2504	2521	2538	2554	2571	0,2419	76°	3	8
15°	0,2588	2605	2622	2639	2656	2672	2689	2706	2723	2740	0,2588	75°	3	8
16°	0,2756	2773	2790	2807	2823	2840	2857	2874	2890	2907	0,2756	74°	3	8
17°	0,2924	2940	2957	2974	2990	3007	3024	3040	3057	3074	0,2924	73°	3	8
18°	0,3090	3107	3123	3140	3156	3173	3190	3206	3223	3239	0,3090	72°	3	8
19°	0,3256	3272	3289	3305	3322	3338	3355	3371	3387	3404	0,3256	71°	3	8
	0,3420										0,3420	70°	3	8
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	A	1'	3'

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48°	54'	60'	1'	2'	3'
20°	0,3420	3437	3453	3469	3486	3502	3518	3535	3551	3567	3584	3	5	8
21°	3584	3600	3616	3633	3649	3665	3681	3697	3714	3730	3746	3	5	8
22°	3746	3762	3778	3795	3811	3827	3843	3859	3875	3891	3907	3	5	8
23°	3907	3923	3939	3955	3971	3987	4003	4019	4035	4051	4067	3	5	8
24°	4067	4083	4099	4115	4131	4147	4163	4179	4195	4210	0,4226	3	5	8
25°	0,4226	4242	4258	4274	4289	4305	4321	4337	4352	4368	4384	3	5	8
26°	4384	4399	4415	4431	4446	4462	4478	4493	4509	4524	4540	3	5	8
27°	4540	4555	4571	4586	4602	4617	4633	4648	4664	4679	4695	3	5	8
28°	4695	4710	4726	4741	4756	4772	4787	4802	4818	4833	4848	3	5	8
29°	4848	4863	4879	4894	4909	4924	4939	4955	4970	4985	0,5000	3	5	8
30°	0,5000	5015	5030	5045	5060	5075	5090	5105	5120	5135	5150	3	5	8
31°	5150	5165	5180	5195	5210	5225	5240	5255	5270	5284	5299	2	5	7
32°	5299	5314	5329	5344	5358	5373	5388	5402	5417	5432	5446	2	5	7
33°	5446	5461	5476	5490	5505	5519	5534	5548	5563	5577	5592	2	5	7
34°	5592	5606	5621	5635	5650	5664	5678	5693	5707	5721	0,5736	2	5	7
35°	0,5736	5750	5764	5779	5793	5807	5821	5835	5850	5864	0,5878	2	5	7
36°	5878	5892	5906	5920	5934	5948	5962	5976	5990	6004	6018	2	5	7
37°	6018	6032	6046	6060	6074	6088	6101	6115	6129	6143	6157	2	5	7
38°	6157	6170	6184	6198	6211	6225	6239	6252	6266	6280	6293	2	5	7
39°	6293	6307	6320	6334	6347	6361	6374	6388	6401	6414	0,6428	2	5	7
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	1'	2'	3'

XXII жадвал двомн

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	1'	2'	3'
40°	0, 6428	6441	6455	6468	6481	6494	6508	6521	6534	6547	6561	49°	2	7
41°	6561	6574	6587	6600	6613	6626	6639	6652	6665	6678	6691	48°	2	7
42°	6691	6704	6717	6730	6743	6756	6769	6782	6794	6807	6820	47°	2	6
43°	6820	6833	6845	6858	6871	6884	6896	6909	6921	6934	6947	46°	2	6
44°	6947	6959	6972	6984	6997	7009	7022	7034	7046	7059	0, 7071	45°	2	6
45°	0, 7071	7083	7096	7108	7120	7133	7145	7157	7169	7181	7193	44°	2	6
46°	7193	7206	7218	7230	7242	7254	7266	7278	7290	7302	7314	43°	2	6
47°	7314	7325	7337	7349	7361	7373	7385	7396	7408	7420	7431	42°	2	6
48°	7431	7443	7455	7466	7478	7490	7501	7513	7524	7536	7547	41°	2	6
49°	7547	7559	7570	7581	7593	7604	7615	7627	7638	7649	0, 7660	40°	2	6
50°	0, 7660	7672	7683	7694	7705	7716	7727	7738	7749	7760	7771	39°	2	6
51°	7771	7782	7793	7804	7815	7826	7837	7848	7859	7869	7880	38°	2	5
52°	7880	7891	7902	7912	7923	7934	7944	7955	7965	7976	7986	37°	2	5
53°	7986	7997	8007	8018	8028	8039	8049	8059	8070	8080	8090	36°	2	5
54°	8090	8100	8111	8121	8131	8141	8151	8161	8171	8181	0, 8192	35°	2	5
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	A	1'	3'

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	1'	2'	3'
55°	0, 8192	8202	8211	8221	8231	8241	8251	8261	8271	8281	8290	34°	2	5
56°	8290	8300	8310	8320	8329	8339	8348	8358	8368	8377	8387	33°	2	5
57°	8387	8396	8406	8415	8425	8434	8444	8453	8462	8471	8480	32°	2	5
58°	8480	8490	8499	8508	8517	8526	8536	8545	8554	8563	8572	31°	2	5
59°	8572	8581	8590	8599	8607	8616	8625	8634	8643	8652	0, 8660	30°	1	4
60°	0, 8660	8669	8678	8686	8695	8704	8712	8721	8729	8738	8746	29°	1	4
61°	8746	8755	8763	8771	8780	8788	8796	8805	8813	8821	8829	28°	1	4
62°	8829	8838	8846	8854	8862	8870	8878	8886	8894	8902	8910	27°	1	4
63°	8910	8918	8926	8934	8942	8949	8957	8965	8973	8980	8988	26°	1	4
64°	8988	8996	9003	9011	9018	9026	9033	9041	9048	9056	0, 9063	25°	1	4
65°	0, 9063	9070	9078	9085	9092	9100	9107	9114	9121	9128	9135	24°	1	4
66°	9135	9143	9150	9157	9164	9171	9178	9184	9191	9198	9205	23°	1	3
67°	9205	9212	9219	9225	9232	9239	9245	9252	9259	9265	9272	22°	1	3
68°	9272	9278	9285	9291	9298	9304	9311	9317	9323	9330	9336	21°	1	3
69°	9336	9342	9348	9354	9361	9367	9373	9379	9385	9391	0, 9397	20°	1	3
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	A	1'	3'

КОСИНУСЛАР

XXII жаавад давоми

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	1'	2'	3'
70°	0,9397	9403	9409	9415	9421	9426	9432	9438	9444	9449	0,9465	19°	1	3
71°	9455	9461	9466	9472	9478	9483	9489	9494	9500	9505	9511	18°	1	3
72°	9511	9516	9521	9527	9532	9537	9542	9548	9553	9558	9563	17°	1	3
73°	9563	9568	9573	9578	9583	9588	9593	9598	9603	9608	9613	16°	1	2
74°	9613	9617	9622	9627	9632	9636	9641	9646	9650	9655	0,9659	15°	1	2
75°	0,9659	9664	9668	9673	9677	9681	9686	9690	9694	9699	9703	14°	1	2
76°	9703	9707	9711	9715	9720	9724	9728	9732	9736	9740	9744	13°	1	2
77°	9744	9748	9751	9755	9759	9763	9767	9770	9774	9778	9781	12°	1	2
78°	9781	9785	9789	9792	9796	9799	9803	9806	9810	9813	9816	11°	1	2
79°	9816	9820	9823	9826	9829	9833	9836	9839	9842	9845	0,9848	10°	1	2
80°	0,9848	9851	9854	9857	9860	9863	9866	9869	9871	9874	9877	9°	0	1
81°	9877	9880	9882	9885	9888	9890	9893	9895	9898	9900	9903	8°	0	1
82°	9903	9905	9907	9910	9912	9914	9917	9919	9921	9923	9925	7°	0	1
83°	9925	9928	9930	9932	9934	9936	9938	9940	9942	9943	9945	6°	0	1
84°	9945	9947	9949	9951	9952	9954	9956	9957	9959	9960	0,9962	5°	0	1
85°	0,9962	9963	9965	9966	9968	9969	9971	9972	9973	9974	9976	4°	0	1
86°	9976	9977	9978	9979	9980	9981	9982	9983	9984	9985	9986	3°	0	0
87°	9986	9987	9988	9989	9990	9990	9991	9992	9993	9993	9994	2°	0	0
88°	9994	9995	9995	9996	9996	9997	9997	9997	9998	9998	0,9998	1°	0	0
89°	9998	9999	9999	9999	9999	0000	0000	0000	0000	0000	1,0000	0°	0	0
90°	1,0000													
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	A	1'	2' 3'

КОСИНУСЛАР.

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	1'	2'	3'	
0°	0,0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157	0,0000	90°	3	9	
1°	0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332	0,0175	89°	3	9	
2°	0349	0367	0384	0402	0419	0437	0454	0472	0489	0507	0,0349	88°	3	9	
3°	0524	0542	0559	0577	0594	0612	0629	0647	0664	0682	0,0524	87°	3	9	
4°	0699	0717	0734	0752	0769	0787	0805	0822	0840	0857	0,0699	86°	3	9	
5°	0,0875	0892	0910	0928	0945	0963	0981	0998	1016	1033	0,0875	85°	3	9	
6°	1051	1069	1086	1104	1122	1139	1157	1175	1192	1210	1051	84°	3	9	
7°	1228	1246	1263	1281	1299	1317	1334	1352	1370	1388	1228	83°	3	9	
8°	1405	1423	1441	1459	1477	1495	1512	1530	1548	1566	1405	82°	3	9	
9°	1584	1602	1620	1638	1655	1673	1691	1709	1727	1745	1584	81°	3	9	
10°	0,1763	1781	1799	1817	1835	1853	1871	1890	1908	1926	0,1763	80°	3	9	
11°	1944	1962	1980	1998	2016	2035	2053	2071	2089	2107	1944	79°	3	9	
12°	2126	2144	2162	2180	2199	2217	2235	2254	2272	2290	2126	78°	3	9	
13°	2309	2327	2345	2364	2382	2401	2419	2438	2456	2475	2309	77°	3	9	
14°	2493	2512	2530	2549	2568	2586	2605	2623	2642	2661	2493	76°	3	9	
15°	0,2679	2698	2717	2736	2754	2773	2792	2811	2830	2849	0,2679	75°	3	9	
16°	2867	2886	2905	2924	2943	2962	2981	3000	3019	3038	2867	74°	3	9	
17°	3057	3076	3096	3115	3134	3153	3172	3191	3211	3230	3057	73°	3	9	
18°	3249	3269	3288	3307	3327	3346	3365	3385	3404	3424	3249	72°	3	10	
19°	3443	3463	3482	3502	3522	3541	3561	3581	3600	3620	3443	71°	3	10	
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	A	1'	2'	3'

XXIII Жадвалдары

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60°	1'	2'	3'	
20°	0,3640	3659	3679	3699	3719	3739	3759	3779	3799	3819	3839	69°	3	7	10
21°	3839	3859	3879	3899	3919	3939	3959	3979	4000	4020	4040	68°	3	7	10
22°	4040	4061	4081	4101	4122	4142	4163	4183	4204	4224	4245	67°	3	7	10
23°	4245	4265	4286	4307	4327	4348	4369	4390	4411	4431	4452	66°	3	7	10
24°	4452	4473	4494	4515	4536	4557	4578	4599	4621	4642	0,4663	65°	4	7	11
25°	0,4663	4684	4706	4727	4748	4770	4791	4813	4834	4856	4877	64°	4	7	11
26°	4877	4899	4921	4942	4964	4986	5008	5029	5051	5073	5095	63°	4	7	11
27°	5095	5117	5139	5161	5184	5206	5228	5250	5272	5295	5317	62°	4	7	11
28°	5317	5340	5362	5384	5407	5430	5452	5475	5498	5520	5543	61°	4	8	11
29°	5543	5566	5589	5612	5635	5658	5681	5704	5727	5750	0,5774	60°	4	8	12
30°	0,5774	5797	5820	5844	5867	5890	5914	5938	5961	5985	6009	59°	4	8	12
31°	6009	6032	6056	6080	6104	6128	6152	6176	6200	6224	6249	58°	4	8	12
32°	6249	6273	6297	6322	6346	6371	6395	6420	6445	6469	6494	57°	4	8	12
33°	6494	6519	6544	6569	6594	6619	6644	6669	6694	6720	6745	56°	4	8	13
34°	6745	6771	6796	6822	6847	6873	6899	6924	6950	6976	0,7002	55°	4	9	13
35°	0,7002	7028	7054	7080	7107	7133	7159	7186	7212	7239	7265	54°	4	9	13
36°	7265	7292	7319	7346	7373	7400	7427	7454	7481	7508	7536	53°	5	9	14
37°	7536	7563	7590	7618	7646	7673	7701	7729	7757	7785	7813	52°	5	9	14
38°	7813	7841	7869	7898	7926	7954	7983	8012	8040	8069	8098	51°	5	9	14
39°	8098	8127	8156	8185	8214	8243	8273	8302	8332	8361	0,8391	50°	5	10	15
	60°	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	A	1'	2'	3'

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'		1'	2'	3'
40°	0,8391	8421	8451	8481	8511	8541	8571	8601	8632	8662	0,8693	49°	6	10	15
41°	8693	8724	8754	8785	8816	8847	8878	8910	8941	8972	9004	48°	5	10	16
42°	9004	9036	9067	9099	9131	9163	9195	9228	9260	9293	9325	47°	6	11	16
43°	9325	9358	9391	9424	9457	9490	9523	9556	9590	9623	0,9657	46°	6	11	17
44°	9657	9691	9725	9759	9793	9827	9861	9896	9930	9965	1,0000	45°	6	11	17
45°	1,0000	0035	0070	0105	0141	0176	0212	0247	0283	0319	0355	44°	6	12	18
46°	0355	0392	0428	0464	0501	0538	0575	0612	0649	0686	0724	43°	6	12	18
47°	0724	0761	0798	0837	0875	0913	0951	0990	1028	1067	1106	42°	6	13	19
48°	1106	1145	1184	1224	1263	1303	1343	1383	1423	1463	1504	41°	7	13	20
49°	1504	1544	1585	1626	1667	1708	1750	1792	1833	1875	1,1918	40°	7	14	21
50°	1,1918	1960	2002	2045	2088	2131	2174	2218	2261	2305	2349	39°	7	14	22
51°	2349	2393	2437	2482	2527	2572	2617	2662	2708	2753	2799	38°	8	15	23
52°	2799	2846	2892	2938	2985	3032	3079	3127	3175	3222	3270	37°	8	16	24
53°	3270	3319	3367	3416	3465	3514	3564	3613	3663	3713	3764	36°	8	16	25
54°	3764	3814	3865	3916	3968	4019	4071	4124	4176	4229	1,4281	35°	9	17	26
55°	1,4281	4335	4388	4442	4496	4550	4605	4659	4715	4770	4826	34°	9	18	27
56°	4826	4882	4938	4994	5051	5108	5166	5224	5282	5340	5399	33°	10	19	29
57°	5399	5458	5517	5577	5637	5697	5757	5818	5880	5941	6003	32°	10	20	30
58°	6003	6066	6128	6191	6255	6319	6383	6447	6512	6577	6643	31°	11	21	32
59°	6643	6709	6775	6842	6909	6977	7045	7113	7182	7251	1,7321	30°	11	23	34
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	A	1'	2'	3'

КОТАНГЕНСЛАР

A	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	
76°00'	4,011	4,016	4,021	4,026	4,031	4,036	4,041	4,046	4,051	4,056	4,061	50'
10'	4,061	4,066	4,071	4,076	4,082	4,087	4,092	4,097	4,102	4,107	4,113	40'
20'	4,113	4,118	4,123	4,128	4,134	4,139	4,144	4,149	4,155	4,160	4,165	30'
30'	4,165	4,171	4,176	4,181	4,187	4,192	4,198	4,203	4,208	4,214	4,219	20'
40'	4,219	4,225	4,230	4,236	4,241	4,247	4,252	4,258	4,264	4,269	4,275	10'
50'	4,275	4,280	4,286	4,292	4,297	4,303	4,309	4,314	4,320	4,326	4,331	13°00'
77°00'	4,331	4,337	4,343	4,349	4,355	4,360	4,366	4,372	4,378	4,384	4,390	50'
10'	4,390	4,396	4,402	4,407	4,413	4,419	4,425	4,431	4,437	4,443	4,449	40'
20'	4,449	4,455	4,462	4,468	4,474	4,480	4,486	4,492	4,498	4,505	4,511	30°
30'	4,511	4,517	4,523	4,529	4,536	4,542	4,548	4,555	4,561	4,567	4,574	20'
40'	4,574	4,580	4,586	4,593	4,599	4,606	4,612	4,619	4,625	4,632	4,638	10'
50'	4,638	4,645	4,651	4,658	4,665	4,671	4,678	4,685	4,691	4,698	4,705	12°00'
78°00'	4,705	4,711	4,718	4,725	4,732	4,739	4,745	4,752	4,759	4,766	4,773	50'
10'	4,773	4,780	4,787	4,794	4,801	4,808	4,815	4,822	4,829	4,836	4,843	40'
20'	4,843	4,850	4,857	4,864	4,872	4,879	4,886	4,893	4,901	4,908	4,915	30°
30'	4,915	4,922	4,930	4,937	4,945	4,952	4,959	4,967	4,974	4,982	4,989	20'
40'	4,989	4,997	5,005	5,012	5,020	5,027	5,035	5,043	5,050	5,058	5,066	10'
50'	5,066	5,074	5,081	5,089	5,097	5,105	5,113	5,121	5,129	5,137	5,145	11°00'
79°00'	5,145	5,153	5,161	5,169	5,177	5,185	5,193	5,201	5,209	5,217	5,226	60'
10'	5,226	5,234	5,242	5,250	5,259	5,267	5,276	5,284	5,292	5,301	5,309	40'
20'	5,309	5,318	5,326	5,335	5,343	5,352	5,361	5,369	5,378	5,387	5,396	30°
30'	5,396	5,404	5,413	5,422	5,431	5,440	5,449	5,458	5,466	5,475	5,485	20'
40'	5,485	5,494	5,503	5,512	5,521	5,530	5,539	5,549	5,558	5,567	5,576	10'
50'	5,576	5,586	5,595	5,605	5,614	5,623	5,633	5,642	5,652	5,662	5,671	10°00'
A	10'	9'	8'	7'	6'	5'	4'	3'	2'	1'	0'	A

КОТАНГЕНСЛАР

XXIII ЖАДЫЯ ДРВОМН

A	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	
80°00'	5, 671	5, 681	5, 691	5, 700	5, 710	5, 720	5, 730	5, 740	5, 749	5, 759	5, 769	50'
10'	5, 769	5, 779	5, 789	5, 799	5, 810	5, 820	5, 830	5, 840	5, 850	5, 861	5, 871	40'
20'	5, 871	5, 881	5, 892	5, 902	5, 912	5, 923	5, 933	5, 944	5, 954	5, 965	5, 976	30'
30'	5, 976	5, 986	5, 997	6, 008	6, 019	6, 030	6, 041	6, 051	6, 062	6, 073	6, 084	20'
40'	6, 084	6, 096	6, 107	6, 118	6, 129	6, 140	6, 152	6, 163	6, 174	6, 186	6, 197	10'
50'	6, 197	6, 209	6, 220	6, 232	6, 243	6, 255	6, 267	6, 278	6, 290	6, 302	6, 314	9°00'
81°00'	6, 314	6, 326	6, 338	6, 350	6, 362	6, 374	6, 386	6, 398	6, 410	6, 423	6, 435	50'
10'	6, 435	6, 447	6, 460	6, 472	6, 485	6, 497	6, 510	6, 522	6, 535	6, 548	6, 561	40'
20'	6, 561	6, 573	6, 586	6, 599	6, 612	6, 625	6, 638	6, 651	6, 665	6, 678	6, 691	30'
30'	6, 691	6, 704	6, 718	6, 731	6, 745	6, 758	6, 772	6, 786	6, 799	6, 813	6, 827	20'
40'	6, 827	6, 841	6, 855	6, 869	6, 883	6, 897	6, 911	6, 925	6, 940	6, 954	6, 968	10'
50'	6, 968	6, 983	6, 997	7, 012	7, 026	7, 041	7, 056	7, 071	7, 085	7, 100	7, 115	8°00'
82°00'	7, 115	7, 130	7, 146	7, 161	7, 176	7, 191	7, 207	7, 222	7, 238	7, 253	7, 269	50'
10'	7, 269	7, 284	7, 300	7, 316	7, 332	7, 348	7, 364	7, 380	7, 396	7, 412	7, 429	40'
20'	7, 429	7, 445	7, 462	7, 478	7, 495	7, 511	7, 528	7, 545	7, 562	7, 579	7, 596	30'
30'	7, 596	7, 613	7, 630	7, 647	7, 665	7, 682	7, 700	7, 717	7, 735	7, 753	7, 770	20'
40'	7, 770	7, 788	7, 806	7, 824	7, 842	7, 861	7, 879	7, 897	7, 916	7, 934	7, 953	10'
50'	7, 953	7, 972	7, 991	8, 009	8, 028	8, 048	8, 067	8, 086	8, 105	8, 125	8, 144	7°00'
	10'	9'	8'	7'	6'	5'	4'	3'	2'	1'	0'	A

XXI KARABAL AAROMH

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	4	4	5	5
76	8828	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	4	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	4	4	5	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	4	4	5	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	4	4	5	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	4	4	5	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	4	4	5	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	4	4	5	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	4	4	5	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	4	4	5	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	4	4	5	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	4	4	5	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	1	1	2	2	3	4	4	5	5
88	9450	9455	9460	9465	9470	9475	9480	9485	9490	9495	1	1	2	2	3	4	4	5	5
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	4	4	5

50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	6	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	6	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	6	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6

XII ЖАРААТ РАБОМ

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	8	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	9	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	10	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12	
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11	
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11	
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11	
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10	
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10	
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10	
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6099	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10	
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	7	8	9		
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	19	21	24
17	2301	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	18	20	23
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	11	13	16	18	20
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	6	8	11	13	15	17	19
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	10	12	14	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	4	5	7	9	11	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	9	11	13	14
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	12	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	1	3	4	6	7	9	10	12	13
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	3	4	6	7	9	10	13

83°00'	8,144	8,164	8,184	8,204	8,223	8,243	8,2	9,186	9,205	9,230	9,255	50'
10'	8,345	8,366	8,386	8,407	8,428	8,449	8,47	9,435	9,461	9,488	9,514	40'
20'	8,556	8,577	8,599	8,621	8,643	8,665	8,68					30'
30'	8,777	8,800	8,823	8,846	8,869	8,892	8,91					20'
40'	9,010	9,034	9,058	9,082	9,106	9,131	9,156	9,186	9,205	9,230	9,255	10'
50'	9,255	9,281	9,306	9,332	9,357	9,383	9,409	9,435	9,461	9,488	9,514	6°00'
84°00'	9,514	9,541	9,568	9,595	9,622	9,649	9,677	9,704	9,732	9,760	9,788	50'
10'	9,788	9,816	9,845	9,873	9,902	9,931	9,960	9,989	10,02	10,05	10,08	40'
20'	10,08	10,11	10,14	10,17	10,20	10,23	10,26	10,29	10,32	10,35	10,39	30'
30'	10,39	10,42	10,45	10,48	10,51	10,55	10,58	10,61	10,64	10,68	10,71	20'
40'	10,71	10,75	10,78	10,81	10,85	10,88	10,92	10,95	10,99	11,02	11,06	10'
50'	11,06	11,10	11,13	11,17	11,20	11,24	11,28	11,32	11,35	11,39	11,43	5°00'
85°00'	11,43	11,47	11,51	11,55	11,59	11,62	11,66	11,70	11,74	11,79	11,83	50'
10'	11,83	11,87	11,91	11,95	11,99	12,03	12,08	12,12	12,16	12,21	12,25	40'
20'	12,25	12,29	12,34	12,38	12,43	12,47	12,52	12,57	12,61	12,66	12,71	30'
30'	12,71	12,75	12,80	12,85	12,90	12,95	13,00	13,05	13,10	13,15	13,20	20'
40'	13,20	13,25	13,30	13,35	13,40	13,46	13,51	13,56	13,62	13,67	13,73	10'
50'	13,73	13,78	13,84	13,89	13,95	14,01	14,07	14,12	14,18	14,24	14,30	4°00'
86°00'	14,30	14,36	14,42	14,48	14,54	14,61	14,67	14,73	14,80	14,86	14,92	50'
10'	14,92	14,99	15,06	15,12	15,19	15,26	15,33	15,39	15,46	15,53	15,60	40'
20'	15,60	15,68	15,75	15,82	15,89	15,97	16,04	16,12	16,20	16,27	16,35	30'
30'	16,35	16,43	16,51	16,59	16,67	16,75	16,83	16,92	17,00	17,08	17,17	20'
40'	17,17	17,26	17,34	17,43	17,52	17,61	17,70	17,79	17,89	17,98	18,07	10'
50'	18,07	18,17	18,27	18,37	18,46	18,56	18,67	18,77	18,87	18,98	19,08	3°00'
	10'	9'	8'	7'	6'	5'	4'	3'	2'	1'	0'	A

КОТАНГЕНСЛАР

A	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	A
87°00'	19,08	19,19	19,30	19,41	19,52	19,63	19,74	19,85	19,97	20,09	20,21	50'
10'	20,21	20,33	20,45	20,57	20,69	20,82	20,95	21,07	21,20	21,34	21,47	40'
20'	21,47	21,61	21,74	21,88	22,02	22,16	22,31	22,45	22,60	22,75	22,90	30'
30'	22,90	23,06	23,21	23,37	23,53	23,69	23,86	24,03	24,20	24,37	24,54	20'
40'	24,54	24,72	24,90	25,08	25,26	25,45	25,64	25,83	26,03	26,23	26,43	10'
50'	26,43	26,64	26,84	27,06	27,27	27,49	27,71	27,94	28,17	28,40	28,64	0°00'
88°00'	28,64	28,88	29,12	29,37	29,62	29,88	30,14	30,41	30,68	30,96	31,24	50'
10'	31,24	31,53	31,82	32,12	32,42	32,73	33,05	33,37	33,69	34,03	34,37	40'
20'	34,37	34,72	35,07	35,43	35,80	36,18	36,56	36,96	37,36	37,77	38,19	30'
30'	38,19	38,62	39,06	39,51	39,97	40,44	40,92	41,41	41,92	42,43	42,96	20'
40'	42,96	43,51	44,07	44,64	45,23	45,83	46,45	47,09	47,74	48,41	49,10	10'
50'	49,10	49,82	50,55	51,30	52,08	52,88	53,71	54,56	55,44	56,35	57,29	1°00'
89°00'	57,29	58,26	59,27	60,31	61,38	62,50	63,66	64,86	66,11	67,40	68,75	50'
10'	63,75	70,15	71,62	73,14	74,73	76,39	78,13	79,94	81,85	83,84	85,94	40'
20'	85,94	88,14	90,46	92,91	95,49	98,22	101,1	104,2	107,4	110,9	114,6	30'
30'	114,6	118,5	122,8	127,3	132,2	137,5	143,2	149,5	156,3	163,7	171,9	20'
40'	171,9	180,9	191,0	202,2	214,9	229,2	245,6	264,4	286,5	312,5	343,8	10'
50'	343,8	382,0	429,7	491,1	573,0	687,5	859,4	1146	1719	3438		0°00'
A	10'	9'	8'	7'	6'	5'	4'	3'	2'	1'	0'	A

Д. И. МЕНДЕЛЕЕВНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАР ДАВРИЙ СИСТЕМАСИ

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			0
1	1 H 1,00797										2 He 4,0026
2	3 Li 6,939	4 Be 9,0122	5 B 10,811	6 C 12,01115	7 N 14,0067	8 O 15,9994	9 F 18,9984				10 Ne 20,183
3	11 Na 22,9898	12 Mg 24,312	13 Al 26,9815	14 Si 28,086	15 P 30,9738	16 S 32,064	17 Cl 35,453				18 Ar 39,948
4	19 K 39,102	20 Ca 40,08	21 Sc 44,956	22 Ti 40,90	23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,9381	26 Fe 55,847	27 Co 58,9332	28 Ni 58,71	
	29 Cu 63,54	30 Zn 65,37	31 Ga 69,72	32 Ge 72,59	33 As 74,9216	34 Se 78,96	35 Br 79,909				36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,905	40 Zr 91,22	41 Nb 92,906	42 Mo 95,94	43 Tc (97)	44 Ru 101,07	45 Rh 102,905	46 Pd 106,4	
	47 Ag 107,870	48 Cd 112,40	49 In 114,82	50 Sn 118,69	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 J 126,9044				54 Xe 131,30
6	55 Cs 132,905	56 Ba 137,34	57 La* 138,91	72 Hf 178,49	73 Ta 180,948	74 W 183,85	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,09	
	79 Au 196,967	80 Hg 200,59	81 Tl 204,37	82 Pb 207,19	83 Bi 208,980	84 Po (208,982)	85 At (209,987)				86 Rn (222,017)
7	87 Fr (223,020)	88 Ra (226,025)	89 Ac (227,028)	**							

* ЛАНТАНИДЛАР КАТОРИ	58 Ce 140,12	59 Pr 140,907	60 Nd 144,24	61 Pm (145)	62 Sm 150,35	63 Eu 151,96	64 Gd 157,25	65 Tb 158,924	66 Dy 162,50	67 Ho 164,930	68 Er 167,26	69 Tm 168,934	70 Yb 173,04	71 Lu 174,97
-------------------------	------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------------------	------------------------	-------------------------	------------------------	-------------------------	------------------------	------------------------

** АКТИНИДЛАР КАТОРИ	90 Th 232,038	91 Pa (231,036)	92 U 238,03	93 Np (237,048)	94 Pu (244)	95 Am (243,061)	96 Cm (247)	97 Bk (247,07)	98 Cf (251)	99 Es (254,088)	100 Fm	101 Md	102	103 Lw
-------------------------	-------------------------	---------------------------	-----------------------	---------------------------	-----------------------	---------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------	---------------------------	---------------	---------------	-----	---------------