

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI AXBOROT
TEXNOLOGIYALARI VA KOMMUNIKATSIYALARINI
RIVOJLANTIRISH VAZIRLIGI**

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

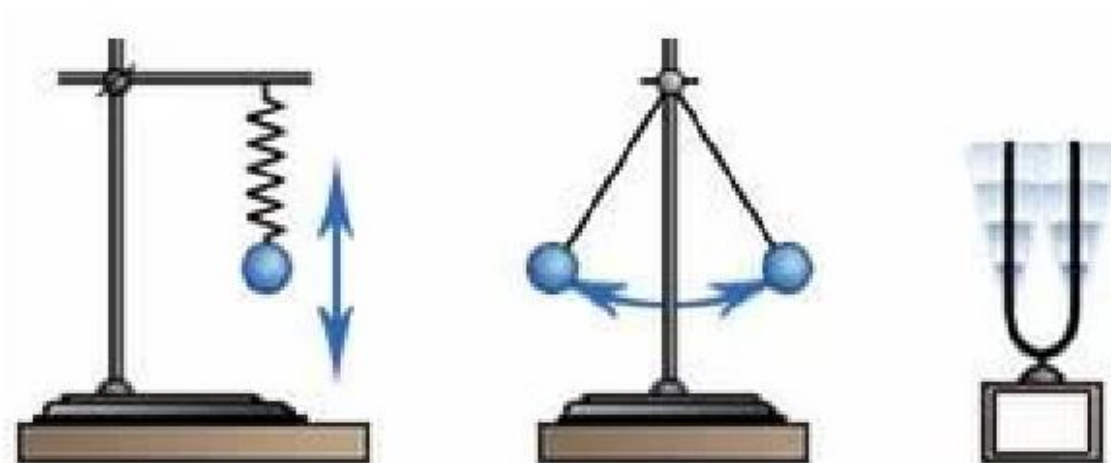
FIZIKA KAFEDRASI

X.M.Xolmedov, O.O.Ochilova, U.X.Tohirov, K.B.Haydarov

**FIZIKA FANIDAN LABORATORIYA ISHLARI BO‘YICHA
USLUBIY QO‘LLANMA**

TEBRANISHLAR VA TO‘LQINLAR.

3 - QISM



Toshkent - 2022

**Mualliflar: X.M.Xolmedov, O.O.Ochilova, U.X.Tohirov,
K.B.Haydarov.**

“Tebranishlar va to‘lqinlar”. 3 - qism. Uslubiy qo‘llanma. – Toshkent: TATU. 2022. – 44 bet.

Ushbu qo‘llanmada fizika fanining “Tebranishlar va to‘lqinlar” bo‘limlari bo‘yicha laboratoriya ishlari va ularni bajarishga oid uslubiy ko‘rsatmalar keltirilgan bo‘lib, Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetining bakalavriatura 1-bosqichida o‘qitiladigan “Fizika II” fanining o‘quv dasturi asosida tuzilgan.

Qo‘llanmada umumiy fizikaning yuqorida ko‘rsatilgan bo‘limlariga oid 5 ta laboratoriya ishlari keltirilgan. Har bir ishda ishning maqsadi, kerakli asbob va uskunalar, qisqacha nazariy ma’lumotlar, qurilmaning tavsifi va o‘lchash usuli, ishni bajarish va hisoblash tartibi, olingan natijalarni kiritish uchun kerakli jadvallar hamda nazorat uchun savollar berilgan.

Uslubiy qo‘llanma Muhammad al-Xorazmiy nimidagi TATU ilmiy-uslubiy kengashining qarori bilan chop etishga tavsiya etildi (2022 yil, 26-aprel, 9(155) - sonli bayonnomasi).

Muhammad al-Xorazmiy nimidagi Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti, 2022

Tebranishlar va to‘lqinlar

3.1- ISH. FIZIK VA MATEMATIK MAYATNIKLARNING TEBRANISHLARINI O‘RGANISH VA ERKIN TUSHISH TEZLANISHINI ANIQLASH

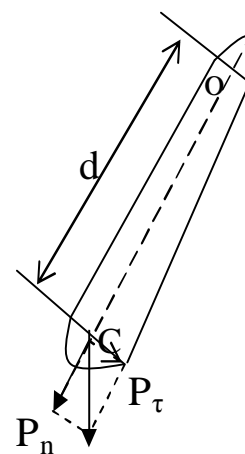
Ishdan maqsad: Talaba laboratoriya ishini bajarishi natijasida quyidagilarni bilishi kerak: tebranma jarayonlarni tavsiflovchi fizik kattaliklarni ma’nosini; garmonik tebranishlar qonunlarini va ularning tenglamalarini; ma’lum bir tebranma tizim uchun garmonik tebranishlar differensial tenglamasini tuza olishi.

Kerakli asboblari va uskunalar: fizik va matematik mayatniklar; mashtabli chizg‘ich; shtangenssirkul; sekundomer.

Asosiy nazariy ma’lumotlar

Og‘irlik markazidan o‘tmagan gorizontal o‘q atrofida erkin tebrana oladigan qattiq jismga *fizik mayatnik* deyiladi.

m massali jism O nuqtaga osib qo‘yilgan bo‘lsin. Jismning og‘irlik markazi C jism osilgan nuqtadan d uzoqlikda joylashgan (3.1- rasm). Og‘irlik kuchi P jismning og‘irlik markaziga qo‘yilgan deb faraz qilaylik. Jismni muvozanat holatidan kichik α burchakka og‘dirib, so‘ng qo‘yib yuboraylik.



3.1- rasm

U holda jism, og‘irlik kuchi P ning tangensial tashkil etuvchisi P_τ ta’sirida muvozanat holat atrofida T ga teng tebranish davri bilan tebranadi.

Jismning harakat tenglamasini yechib, tebranish davrini topish mumkin. Haqiqatan, O o'qiga nisbatan og'irlik kuchining momenti:

$$M = -P_{\tau}d = -Pdsin\alpha \quad (3.1.1)$$

ga teng. Manfiy ishora P kuchining siljishga qarama-qarshi yo'nalganligini ko'rsatadi. Bu moment ta'sirida jism $\beta = \frac{d^2\alpha}{dt^2}$ ga teng burchak tezlanish oladi. Aylanma harakat uchun Nyutonning ikkinchi qonunidan

$$\beta = \frac{M}{I} \quad (3.1.2)$$

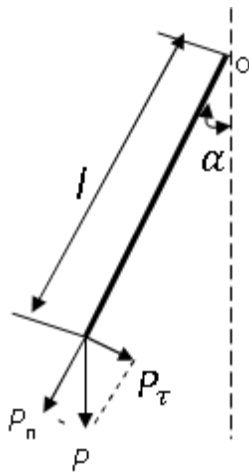
ga teng. Bunda I - jismning aylanish o'qi O ga nisbatan inersiya momenti. M ning qiymatini (3.1.1) formuladan (3.1.2) ga qo'yib va og'ish burchagi kichik bo'lganda $\sin\alpha \approx \alpha$ deb olinsa,

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} = -\frac{mgd}{I}\alpha \quad (3.1.3)$$

tenglama hosil bo'ladi. Bu tenglama og'irlik kuchi ta'sirida hosil bo'lgan garmonik tebranma harakatni differensial tenglamasidir. Bu tenglamadan siklik chastotani hosil qilamiz: $\omega^2 = \frac{mgd}{I}$. Ikkinchidan, $\omega^2 = \frac{2\pi}{T}$ yoki $T^2 = \frac{4\pi^2}{\omega^2}$ ekanligini eslab, fizik mayatnikning tebranish davri ifodasini topamiz:

$$T_{fiz.} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}, \quad (3.1.4)$$

Og'irligi hisobga olinmasa bo'ladigan darajada kichik va cho'zilmaydigan ipga osilgan moddiy nuqtaga **matematik mayatnik** deyiladi (3.2- rasm). Agar shunday mayatnikni muvozanat holatidan kichik burchakka og'dirilsa, u T tebranish davri bilan tebrana boshlaydi va uni osongina topish mumkin.



3.2- rasm

Moddiy nuqtaning O o'qiga nisbatan inersiya moment $I=ml^2$ ga teng. Moddiy nuqtaning og'irlik markazi nuqtaning o'zida bo'lganidan $d=l$ ga teng bo'ladi. Shularni hisobga olib, (3.1.4) - formulani quyidagicha yozamiz:

$$T_{mat.} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3.1.5)$$

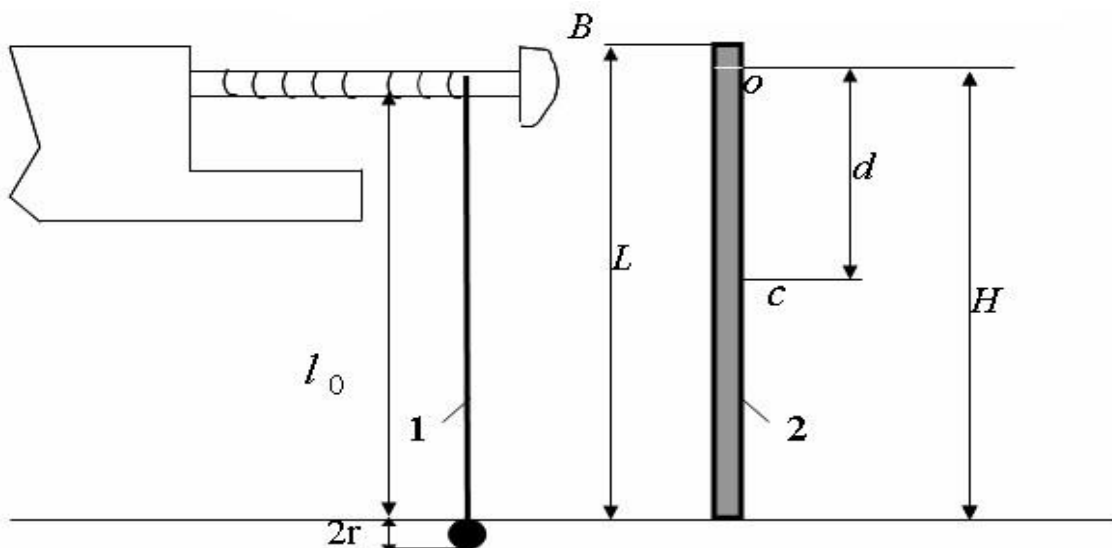
(3.1.4) va (3.1.5) – formulalarni solishtirib, fizik mayatnikda l_k matematik mayatnikning uzunligi kabi rolni o'ynashini ko'ramiz. Shuning uchun $\frac{I}{md}$ ga *fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi* deyiladi. Har qanday fizik mayatnik uchun, shunday uzunlikdagi matematik mayatnik tanlash mumkinki, ularning tebranish davrlari birday bo'lsin, u holda

$$l_k = \frac{I}{md} \quad (3.1.6)$$

bo'ladi. Demak, *fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi* deb, shunday matematik mayatnikning uzunligiga aytiladiki, fizik va matematik mayatniklarni tebranish davrlari bir-biriga teng bo'ladi.

Qurilmaning tavsifi va o'lchash usuli

Bu ishda matematik mayatnik bilan fizik mayatniklarning sinxron, ya'ni bir xil davr bilan tebranishiga erishiladi (3.3- rasm). Shu paytdagi matematik mayatnik uzunligi, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi bo'ladi. Matematik mayatnik sifatida, kronshteyn tirqishidan o'tgan ipga osilgan sharcha olingan. B g'altakni aylantirib, ipni uzaytirish va qisqartirish mumkin.



3.3– rasm (1– matematik, 2– fizik mayatniklar)

Bu ko‘rinishdagi matematik mayatnikning uzunligi $l = l_0 + r$ bo‘ladi, fizik mayatnik sifatida esa L uzunlikdagi bir jinsli silindrik sterjen olingan. Sterjenni og‘irlik markazi C uning o‘rtasida joylashgan deb hisoblaymiz.

Shteyner teoremasiga asosan sterjenning aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti:

$$I = I_0 + md^2 = \frac{1}{12}mL^2 + md^2 \quad (3.1.7)$$

Bu ifodani (3.1.6) ga qo‘yib, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligini hisoblash formulasini hosil qilamiz:

$$l_{kl} = \frac{I}{md} = \frac{\frac{1}{12}mL^2 + md^2}{md} = \frac{L^2}{12d} + d \quad (3.1.8)$$

Bu formuladan ko‘rinadiki, d va L ni o‘lchab, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi osongina topiladi. Lekin fizik mayatnikning keltirilgan uzunligini tajribada matematik mayatnik uzunligini o‘zgartirib ham topish mumkin.

Ishni bajarish tartibi:

1. Matematik va fizik mayatniklar muvozanat holatdan kichik burchakka (8°) ogʻdirib, ularning sinxron tebranishiga erishiladi. Keyin matematik mayatnik uzunligi $l = l_0 + r$ hisoblanadi. Xuddi shu uzunlik tajribada aniqlangan, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi boʻladi. Tajribani 3 marta takrorlab, fizik mayatnik keltirilgan uzunligining oʻrtacha qiymati aniqlanadi.

2. Fizik mayatnik uzunligi L , osilgan nuqtasidan sterjen oxirigacha masofa H oʻlchanib, oʻlchanganlar asosida $d = H - \frac{L}{2}$ topiladi. Topilgan L va d larning qiymatlarini (3.1.8) formulaga qoʻyib, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi nazariy hisoblanadi.

1- jadval

Tajribaning tartib raqami	r , (m)	l_0 , (m)	Tajriba asosida l_k , (m)	L , (m)	H , (m)	d , (m)	Formula boʻyicha hisoblangan l_k , (m)
1.							
2.							
3.							

3. Oʻlchangan va hisoblanganlarni 1- jadvalga yozish tavsiya etiladi. Fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi l_k ning tajribada oʻlchangan qiymati, (3.1.8) formula boʻyicha hisoblangan qiymatiga yaqin boʻlishi kerak.

Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash

1. Matematik mayatnik ipining uzunligi l_0 ni chizg'ich bilan, sharchaning diametridni shtangensirkul bilan o'lchab, mayatnik uzunligi $l=l_0 + r$ hisoblanadi.

2. Mayatnikni kichik burchak (8°) ga og'dirib, so'ng qo'yib yuboriladi va sekundomer ishga tushiriladi. Mayatnik 20-30 marta to'la tebrangach, sekundomer to'xtatiladi va tebranishlar soni va tebranishlar uchun ketgan vaqt yozib olinadi.

3. Tebranishlar uchun ketgan t vaqtni N tebranishlar soniga bo'lib, tebranish davri T aniqlanadi.

4. Mayatnik uzunligini o'zgartira borib, tajriba 5 marta takrorlanadi. Tajribada o'lchangan va hisoblangan kattaliklarning qiymatlari 2-jadvalga yozib boriladi.

5. Erkin tushish tezlanishini $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$ formula bo'yicha aniqlanadi.

6. Erkin tushish tezlanishini aniqlashda yo'l qo'yilgan absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.

2- jadval

Tajriba tartibraqami	$l_0,$ (m)	$r,$ (m)	$l,$ (m)	$t,$ (s)	N	$T=t/N,$ (s)	$g,$ (m/s^2)	$\mathcal{E},(g)$ %
1.								
2.								
3.								
4.								

Nazorat uchun savollar

1. Tebranma harakat siljish tenglamasini yozing.
2. Tebranish amplitudasi, fazasi, chastotasi, davrini tushuntiring.
3. Erkin tebranma harakat differensial tenglamasini yozing..
2. Tebranma harakat kinematikasi: tezlik va tezlanish.
3. Tebranma harakat energiyasi haqida ma'lumot bering.
4. Fizik va matematik mayatniklarni ta'riflang.
5. Fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi deb nimaga aytiladi?

3.2- ISH. SO'NUVCHI TEBRANISHLARNI O'RGANISH VA SO'NISHNING LOGARIFMIK DEKREMENTINI ANIQLASH.

Ishdan maqsad: Talaba laboratoriya ishini bajarishi natijasida quyidagilarni bilishi kerak: so'nuvchi tebranishlarni tavsiflovchi fizik kattaliklar (amplituda, chastota, so'nuvchi tebranishlar davri, so'nish ko'effisienti, so'nish dekrementi, relaksatsiya vaqti, asillik) ni va bu kattaliklar orasidagi o'zaro bog'lanishni; biror mexanik tizim uchun so'nuvchi tebranishlar differensial tenglamasini tuza olishi; yuqorida ko'rsatilgan kattaliklarni aniqlashni va olingan natijalarni tahlil qilishi.

Kerakli asboblari va uskunalari: Tebranuvchi qurilma, sekundomer, mashtabli chizg'ich, qo'shimcha yuklar.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Tebranuvchi, o'zaro bog'langan jismlar to'plami – *tebranuvchi tizim* deyiladi. Agar tebranish uzoq davom etsa, tizimga muhitning ta'siri sezilarli bo'lib, tebranish amplitudasi kichrayib boradi. Bunday

Tebranishlar va to'lqinlar

tebranishlar *so‘nuvchi tebranishlar* deyiladi. Tebranish sekin so‘nsa va tebranish amplitudasi kichik bo‘lganda, so‘nuvchi tebranishlarni davriy, muhit qarshilik kuchini esa tebranuvchi jism tezligiga proporsional deb hisoblash mumkin:

$$R = -r \frac{dx}{dt}; \quad (3.2.1)$$

Bu yerda R – qarshilik kuchi, r – esa qarshilik koeffitsiyenti. Tebranuvchi sistemaga kvazielastik kuch

$$F_{kvz.el} = -kx \quad (3.2.2)$$

ham ta’sir etganida, so‘nuvchi tebranayotgan sistemani harakat tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = r \frac{dx}{dt} - kx \quad (3.2.3)$$

Bu ifodani 0 ga tenglab, m ga bo‘lsak

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{r}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{kx}{m} = 0 \quad (3.2.4)$$

Belgilashlar kiritamiz: $2\beta = \frac{r}{m}$, bundan $\beta = \frac{r}{2m}$. β ga *so‘nish koeffitsiyenti* deyiladi, $\omega^2 = \frac{k}{m}$ - tebranishning *siklik davriy* chastotasi. U holda (3.2.4) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega^2x = 0. \quad (3.2.6)$$

Bu ifoda *so‘nuvchi tebranishning differensial tenglamasi* deyiladi. Differensial tenglamalar nazariyasida bu ko‘rinishdagi tenglamani yechimi

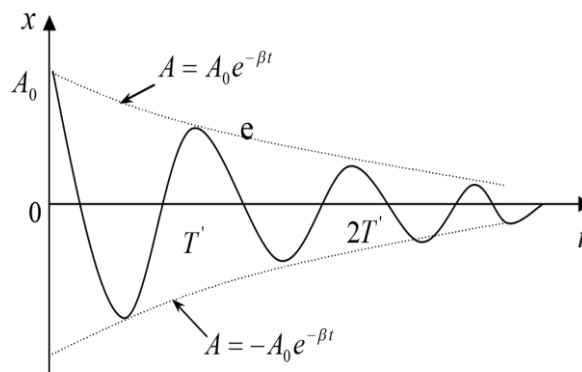
$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi) \quad (3.2.7)$$

ko‘rinishga ega ekanligi isbotlanadi. Bu tenglamadagi ko‘paytma

$$A_t = A_0 e^{-\beta t}, \quad (3.2.8)$$

soʻnunchi tebranishning amplitudasi deb ataladi.

U vaqt oʻtishi bilan eksponensial qonun boʻyicha kamayadi (3.4- rasm). Bunda β -soʻnish koeffitsiyenti boʻlib, soʻnunchi tebranish amplitudasi A_t $e = 2,718$ marta kamayishi uchun kerakli vaqtga teskari kattalik.



3.4- rasm

Soʻnish koeffitsiyentining qiymatini tebranayotgan jism massasini qoʻshimcha yuk yordamida oʻzgartirish mumkin.

Bir-biridan bir marta toʻla tebranish davriga farq qiluvchi amplitudalar nisbatiga *soʻnish dekrementi deyiladi*.

$$D = \frac{A(t)}{A(t+T)} = \frac{A_0 e^{-\beta t}}{A_0 e^{-\beta(t+T)}} = e^{\beta T} \quad (3.2.9)$$

Amplitudalar nisbatidan olingan natural logarifmga – *soʻnishning logarifmik dekrementi* deyiladi:

$$D = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T; \quad (3.2.10)$$

Vaqt boʻyicha bir toʻla tebranish davriga farq qiluvchi amplitudalar bir-biridan oz farq qilganidan, soʻnish koeffitsiyentini kam xato bilan aniqlash uchun, bir-biridan n ta davr uzoqdagi amplitudalar oʻlchanadi.

Haqiqatdan:

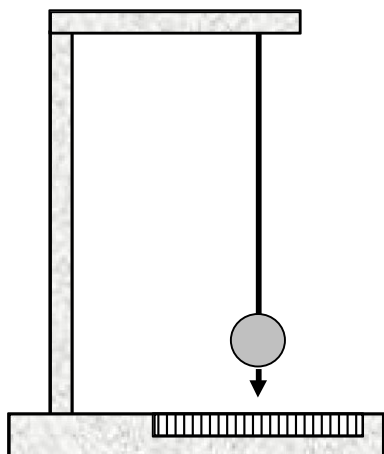
$$\frac{A_0}{A_1} = e^{\beta T}; \quad \frac{A_1}{A_2} = e^{\beta T}; \quad \frac{A_{n-1}}{A_n} = e^{\beta T}.$$

Bu ifodalarni koʻpaytirib, soʻng logarifmlansa,

$$\frac{A_0}{A_1} \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot \frac{A_2}{A_3} \dots \frac{A_{(n-1)}}{A_n} = (e^{\beta T})^n; \quad \ln \frac{A_0}{A_1} = n\beta T. \quad (3.2.11)$$

Demak, n – ko'p bo'lsa, so'nish koeffitsiyentini kichik xato bilan aniqlash mumkin.

Qurilmaning tavsifi va o'lchash usuli



3.5- rasm

Ishni bajarish uchun 3.5- rasmda ko'rsatilgan qurilmadan foydalanish mumkin. Qurilma alyumin trubkaga osib qo'yilgan 12 sm diametrli kovak shardan iborat bo'lib, mayatnik uchiga ko'rsatkich strelka mahkamlangan. Ko'rsatkich strelka masshtabli shkala bo'ylab harakatlanib, tebranish

amplitudasining o'zgarishini kuzatish va o'lchash imkonini beradi.

Ishni bajarish tartibi

1. Tebranuvchi sistemani, qo'shimcha yuksiz, muvozanat holatdan chiqarib, boshlang'ich amplituda A_0 shkala bo'yicha o'lchanadi.
2. Sistema qo'yib yuboriladi va sekundomer ishga tushiriladi. Tebranish amplitudasi 2-3 bo'lakka kamayguncha tajriba davom etadi. Tebranish amplitudasi 2-3 bo'lakka kamaygach, sekundomer to'xtatiladi va tebranishning oxirgi amplitudasi A_1 o'lchanadi.
3. Tajriba kamida ikki boshlang'ich amplituda uchun takrorlanadi.
4. Qo'shimcha yukchalarni tebranuvchi sistemaga mahkamlab, 1, 2, 3 – bandlarda bajarilgan ishlar takrorlanadi.
5. Tajriba natijalarini jadvalga yozib borish tavsiya etiladi.
6. Tajribada o'lchanganlar asosida tebranishning davri, so'nishning logarifmik dekrementi va so'nish koeffitsiyenti aniqlanadi.

7. Soʻnishning logarifmik dekrementini aniqlashda yoʻl qoʻyilgan absolyut va nisbiy xatolik hisoblanadi.

№	Yuksiz							
	$A_0,$ (m)	$A_1,$ (m)	n	t (s)	$T=t/n$ (s)	$D=\frac{1}{n} \ln \frac{A_0}{A_1}$	$\beta=\frac{D}{T}$	$\delta (D)$
1.								
2.								
3.								
№	Yukcha tebranuvchi sistemaga mahkamlangan							
	$A_0,$ (m)	$A_1,$ (m)	n	t (s)	$T=t/n$ (s)	$D=\frac{1}{n} \ln \frac{A_0}{A_1}$	$\beta=\frac{D}{T}$	$\delta (D)$
1.								
2.								
3.								

Nazorat uchun savollar

1. Soʻnuvchi tebranishni taʼriflang, soʻnish sabablarini tushuntiring.

2. Soʻnuvchi tebranishning differensial tenglamasini yozing. Soʻnish koeffitsiyentini taʼriflang.

3. Soʻnuvchi tebranishning amplitudasini vaqt oʻtishi bilan oʻzgarish qonunini ayting va formulasini yozing. Chizmasini chizib koʻrsating.

4. Soʻnishning logarifmik dekrementini taʼriflang va formulasini yozing.

5. Soʻnishning logarifmik dekrementini va soʻnish koeffitsiyentini tajribada aniqlash tartibini bayon eting.

3.3- ISH. TORNING XUSUSIY TEBRANISHINI REZONANS USULI BILAN TEKSHIRISH

Ishdan maqsad: Talaba laboratoriya ishini bajarishi natijasida quyidagilarni bilishi kerak: oʻlchash usullari nazariyasini; torning xususiy tebranishlar xossalarini; oberton va garmonika tushunchalarini; turgʻun toʻlqinlarning hosil boʻlishi va ularning xossalarini; majburiy tebranishlar nazariyasini va rezonans hodisasini; tajribada hosil boʻladigan garmonikalarni ajrata olishni.

Kerakli asboblari va uskunalari: tovush toʻlqinlari generatori, torli qurilma, chizgʻich, mikrometr, yukchalar, tarozi.

Asosiy nazariy maʼlumotlar

Interferensiyaning alohida koʻrinishi – bu turgʻun toʻlqinlardir. Ular ikkita bir-biriga qarama-qarshi yoʻnalishda tarqalayotgan yuguruvchi toʻlqinlarning ustma-ust tushishi natijasida hosil boʻladi.



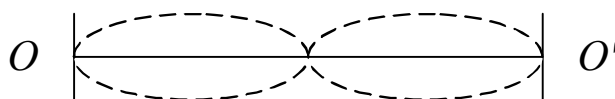
3.6.- rasm

Ikki uchi mahkamlangan l uzunlikdagi torni olaylik (3.6- rasm). Agar shu torning maʼlum bir nuqtasini muvozanat holatdan chiqarib, soʻng oʻz holiga qoʻyib yuborilsa, u nuqta elastiklik kuchi taʼsirida garmonik tebranma harakat qiladi.

Tebranuvchi nuqtaning energiyasi qoʻshni nuqtalarga uzatilib ularni tebranma harakatga keltiradi va kichik vaqt oʻtgandan keyin torning

mahkamlangan nuqtasidan boshqa hamma nuqtalari tebrana boshlaydi. Torning barcha nuqtalari birday fazada tebranadi, ya'ni maksimal siljish nuqtalariga bir vaqtda yetib keladi, muvozanat va ziyatlaridan bir vaqtda o'tadi va hokazo. Tebranishning siljishi tebranuvchi nuqta torning qayerdaligiga bog'liq: biz tekshirayotgan torning o'rtasida joylashgan nuqta eng katta siljishga, chetki nuqtalari esakichik siljishga ega bo'ladi. Tebranish davri esa hamma nuqtalar uchun birday bo'lib, torning tarangligiga va og'irligiga bog'liqdir (3.6- rasm). Jismning ichki elastik kuchlar ta'siridagi tebranishiga shu jismning *xususiy tebranishi* deyiladi.

Agar yuqorida aytilgan torning o'rtasidan ham mahkamlab, so'ng tebranishga majbur etilsa, yana garmonik tebranish hosil bo'ladi, faqat o'rtasidagi nuqta tebranmaydi (3.7- rasm).



3.7- rasm

Bu holda hosil bo'lgan tebranishning davri 3.6- rasmda hosil bo'lgan tebranish davridan ikki marta kichik bo'ladi.

Agar torning chetki nuqtalaridan tashqari yana ikki nuqtasidan mahkamlansa (teng uch bo'lakka bo'linadigan qilib), hosil bo'lgan tebranishning davri 3.6- rasmda hosil bo'lgan tebranish davridan uch marta kichik bo'ladi (3.8- rasm).

Tebranayotgan jismda (torda), ayrim nuqtalarning qo'zg'almasdan qolishi, qolgan nuqtalarning birday fazada tebranishiga *turg'un to'lqin* deyiladi. To'lqinning muhitni qo'zg'almas nuqtalariga to'g'ri kelgan

joylarini *turg'un to'liqinning tugunlari*, eng katta siljishga ega bo'lgan nuqtalariga to'g'ri kelgan joylarini *turg'un to'liqinning do'ngliklari* deyiladi.

Ikki qo'shni tugun yoki do'nglik orasidagi masofaga *turg'un to'liqinning uzunligi* deyiladi.

Yuqorida ko'rilgan misollarimizdan ko'rinadiki, tor uzunligida butun sondagi (1, 2, 3, . . .) to'liqin uzunlikli *turg'un to'liqlar* hosil bo'ladi.



3.8- rasm

Tor uzunligida bitta *turg'un to'liqin* hosil bo'lsa, uni *torning asosiy tebranishi* yoki *asosiy toni* deyiladi.

Tor uzunligida bir nechta *turg'un to'liqin* hosil bo'lsa, ularni *torning obertonlari* yoki *garmonikalari* deb yuritiladi (3.8- rasm).

Agar ixtiyoriy ravishda tebranayotgan torni qisqich yordamida biror nuqtasidan qisilsa, uning hamma garmonikalari qo'shilish natijasida torda murakkab tebranish hosil bo'ladi. Bu holda *torning xususiy tebranish davrini* aniqlash qiyinlashadi.

Lekin amalda murakkab tebranishning ayrim garmonikasini kiritib olib, so'ng uni tebranish davrini o'lchash usullari mavjuddir. Keng tarqalgan usullaridan biri rezonans hodisasidan foydalanishdir.

Agar xususiy tebranayotgan jismga, mos ravishda davriy o'zgaruvchan kuch bilan ta'sir etilsa, tebranishning amplitudasi orta boshlaydi. Agar majburlovchi kuchning tebranish davri, jismning

xususiy tebranish davriga yaqinlashsa, tebranishning amplitudasi eng katta qiymatga intiladi.

Biz ko‘rib o‘tgan xususiy tebranish, tebranma davrlari $T, \frac{T_0}{2}, \frac{T_0}{3}, \dots$, yoki tebranish chastotalari ν_1, ν_2, ν_3 , yoki $\nu_0, 2\nu_0, 3\nu_0, 4\nu_0$, bo‘lgan tebranishlarning qo‘shilishlaridan iborat. Agar shu tebranuvchi torga davriy o‘zgaruvchan kuch bilan ta‘sir etilsa, masalan ν_2 ga teng chastota tanlansa, rezonans hodisasi natijasida unga tebranishning $2\nu_0$ – chastotali garmonikasi “javob” bo‘ladi. Qolgan garmonikalarning amplitudasi juda kichik bo‘lib, ular torning tebranishiga deyarli ta‘sir etmaydi. Shunday qilib, davriy ta‘sir etuvchi kuchning chastotasini o‘zgartirib, torning xususiy tebranish garmonikalarini ajratib olish mumkin. Rezonans hodisasi paytidagi majburlovchi kuchning chastotasi va torda hosil bo‘lgan do‘ngliklar soni garmonikaning tartib nomerini va uning chastotasini beradi.

Garmonikaning tartib nomeri torda hosil bo‘lgan do‘ngliklar soniga teng. Bu laboratoriya ishidan maqsad torning xususiy tebranish chastotasi bilan tarangligi orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi nazariy formulani tekshirishdan iborat.

Nazariyadan ma‘lumki, turg‘un to‘lqinning uzunligi har doim “chopar” to‘lqin uzunligining yarmiga teng.

$$\lambda_t = \lambda/2 \quad (3.3.1)$$

Yuguruvchi to‘lqin uzunligi esa, o‘z navbatida tebranishning chastotasi va tarqalish tezligi “c” bilan quyidagicha bog‘langan:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}; \quad (3.3.2)$$

λ ning qiymatini (3.3.2) formuladan (3.3.1) ga qo'yilsa, torda hosil bo'lgan aniq garmonikali turg'un to'lqinning uzunligini topamiz.

$$\lambda_t = c/(2\nu_n); \quad (3.3.3)$$

Bunda ν_n , n - garmonikaning tebarinsh chastotasi. Yuqorida aytilganga ko'ra torda butun sonda ifodalangan turg'un to'lqin hosil bo'ladi:

$$l = n\lambda_t; \quad (3.3.4)$$

(3.3.3) va (3.3.4) formulalarni birlashtirib n - garmonikaning chastotasini topamiz.

$$\nu_n = \frac{nc}{2l}; \quad (3.3.5)$$

Nazariyadan ma'lumki, torda to'lqinning tarqalish tezligi

$$c = \sqrt{\frac{P}{\rho S}} \quad (3.3.6)$$

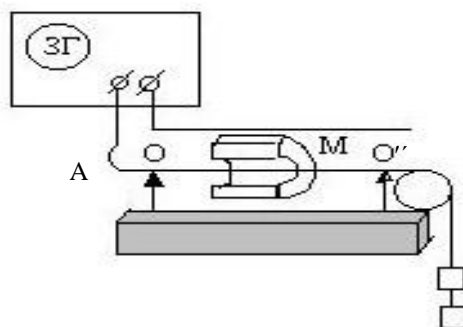
ga teng. Bunda P – torning taranglik kuchi, ρS - esa torning chiziqli zichligi, c ning ifodasini (3.3.6) dan (3.3.5) ga qo'yib, ushbu natijaviy formulani hosil qilamiz.

$$\nu_n = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{P}{\rho S}}; \quad (3.3.7)$$

Laboratoriya ishining maqsadi, shu munosabatni, ya'ni (3.3.7) ni tekshirishdan iborat.

Qurilmaning tavsifi va o'lchash usuli

Laboratoriya ishni qurilmasi 3.9- rasmda keltirilgan. Mis simdan yasalgan torning bir uchi A ga mahkamlangan bo'lib, OO' tayanchga ega. Torning tayanchlari



orasidagi uzunligi l ga teng bo'ladi.

3.9- rasm

Torning ikkinchi uchi blok orqali o'tib, osilgan P yuk yordamida taranglashadi. Torning doimiy magnit maydoniga joylashtirib, so'ng undan chastotasi 20 dan 20000 Gs gacha o'zgaradigan tovush generatori orqali o'zgaruvchan tok o'tkaziladi.

Ma'lumki, magnit maydoniga joylashtirilgan tokli o'tkazgichga Amper kuchi ta'sir etadi. Bu kuch o'tkazgich uzunligiga, o'tkazgichdan o'tayotgan tokka proporsionaldir. Berilgan taranglikdagi tordan o'tayotgan tokning chastotasi sekin orttira borilsa, kichik chastotada tor deyarli qo'zg'almaydi. Tok chastotasini orttirishi davom ettirilsa, torda hosil bo'lgan tebranishning siljishi orta boradi va ma'lum bir chastotada maksimumga erishadi. Shu vaqtda torning o'rtasida do'nglik kuzatiladi. Tok chastotasini yana orttirilsa, torda hosil bo'lgan tebranishning siljishi minimum holatga keladi, chastota $\nu_2=2\nu_1$ bo'lganda tebranishning siljishi yana maksimumga erishadi. Bu holda torning o'rtasida tugun hosil bo'ladi, do'ngliklar soni ikkita bo'ladi (ikkinchi garmonika).

Tok chastotasini yana orttirib, torda 3-chi, 4-chi va hokazo garmonikalarni uyg'otish mumkin.

Ishni bajarish tartibi:

1. Torning mahkamlangan uchiga P yuk osib, tarang tortiladi.
2. Tordan o'tayotgan tokning chastotasini generator yordamida o'zgartirib, birinchi, ikkinchi va hokazo garmonikalar uchun rezonans chastotalar aniqlanadi. Topilgan chastotalarning karrali ekanligiga ishonch hosil qilish zarur.

3. Yukni yana bir marta o'zgartirib, torning tarangligi o'zgartiriladi va tajriba takrorlanadi.

4. Har bir taranglikda torda o'lchangan garmonikalarning rezonans chastotalari bo'yicha birinchi garmonikaning o'rtacha rezonans chastotasi hisoblanadi:

$$v_{o'rt} = \frac{v_1 + \frac{1}{2}v_2 + \frac{1}{3}v_3 + \dots + \frac{1}{n}v_n}{n}$$

1- jadval

<i>l</i> m	<i>d</i> m	ρ kg/m ³	<i>S</i> m ²	Taranglik kuchi P, N	Garmo- nika tartibi	Rezonans chastota <i>v_n</i>	O'rtacha chastota <i>v_{o'rt}</i>	Formula bo'yicha hisoblangan chastota
					1.			
					2.			
					3.			
					1.			
					2.			
					3.			

5. $v_{o'rt}$ (3.3.7) formula bo'yicha $n=1$ deb hisoblangan chastota bilan solishtiriladi. Buning uchun torning uzunligi va diametrini o'lchab, misning zichligi jadvaldan olinadi.

6. Tajriba natijalari jadvalga yoziladi.

Nazorat uchun savollar

1. Turg'un to'lqin tenglamasini yozing va turg'un to'lqin hosil bo'lish mexanizmini bayon eting.
2. Torning asosiy toni va obertoni deb nimaga aytiladi?

3. Torda to‘lqinni tarqalish tezligi formulasini yozing.
4. Torning xususiy tebranishlarini tekshirishda tartib etilgan rezonans usulini tushuntirib bering.
5. Qurilma chizmasini chizing va tushuntirib bering.

3.4- ISH. HAVODA TOVUSHNING TARQALISH TEZLIGINI TURG‘UN TO‘LQINLAR USULI BILAN ANIQLASH

Ishdan maqsad: Talaba laboratoriya ishini bajarishi natijasida quyidagilarni bilishi kerak: to‘lqin jarayonlari nazariyasini va ularning asosiy tavsiflarini; tovush to‘lqini nima ekanligini; to‘lqinlar superpozitsiyasi nazariyasini; turg‘un to‘lqinlar tavsifini; o‘lchash va natijalarni tahlil qilishni.

Kerakli asboblari va uskunalari: tovush to‘lqinlari generatori; tovush to‘lqini tarqaladigan va ichiga qo‘zg‘aluvchi porshen o‘rnatilgan metall trubka; mashtabli chizg‘ich; tovushni eshitish uchun rezina naycha.

Asosiy nazariy ma’lumotlar

Muhitning davriy deformatsiyalanishi natijasida hosil bo‘lgan to‘lqinsimon harakatga *tovush to‘lqinlari* yoki qisqacha *tovush* deyiladi. Tovush to‘lqinlari faqat elastik muhitlarda hosil bo‘ladi va tarqaladi.

Muhit zarrachalarining tebranish chastotalari 1 sekundda taxminan 20 tebranishdan 20000 tebranishgacha bo‘lgan intervaldagilari bizning eshitish a’zoimiz – qulog‘imizga yetgach, maxsus tovush sezgisini hosil qiladi. Bu ishda tovushni havoda tarqalishini ko‘rib chiqamiz.

Nazariyada tovush manbalari va tovush tarqalayotgan elastik muhit zarrachalarining tebranishi garmonik deb hisoblanadi. Shuning uchun tovush manbai tebranishini ushbu tenglama yordamida ifoda etamiz:

$$S = A_0 \sin \omega t, \quad (3.4.1)$$

bunda S – tovush manbaining istalgan nuqtasining muvozanat holatdan siljishi, A_0 – tebranishni boshlang‘ich amplitudasi, ω – tebranishning siklik chastotasi, t – vaqt oralig‘i. (3.4.1) formulada biz boshlang‘ich vaqt oralig‘ida ($t=0$), tebranuvchi nuqta muvozanat holatda deb olsak ($S=0$), bunday tebranishning boshlang‘ich fazasi nolga teng bo‘ladi. Muhitning biror nuqtasidagi tebranishi qo‘shni nuqtaga biroz vaqt o‘tgandan so‘ng yetib keladi. Faraz qilaylik, tovush manбайдan x -oralig‘idagi nuqtaga tovush to‘lqini $\tau = \frac{x}{g}$ vaqt o‘tgandan so‘ng yetib kelsin (bunda g - tovush to‘lqinning tarqalish tezligi). Natijada muhitning nuqtadagi tebranishi τ vaqtga kechikadi, lekin nuqtaning tebranish chastotasi, manbaning chastotasi kabi bo‘ladi. Muhit nuqtasining siljishi esa $S = A_0 \sin \omega t$ ga teng bo‘ladi. Bunda $t'=t-\tau$ ga teng. t' ni va τ ning qiymatlarini hisobga olib muhit nuqtasining siljish formulasini quyidagicha yozamiz:

$$s = A_0 \sin \omega \left(t - \frac{x}{g} \right); \quad (3.4.2)$$

bu tenglama ***monoxromatik chopar to‘lqin tenglamasi*** deyiladi. Mazkur tenglama yordamida, tovush manбайдan istalgan aniq masofadagi muhit zarrachasining muvozanat holatdan siljishini topish mumkin.

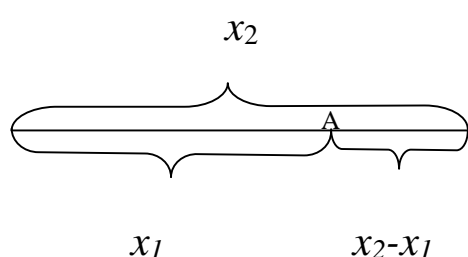
To‘lqin bir vaqtda yetib kelgan nuqtalarning geometrik o‘rni tekislikdan iborat bo‘lsa, ***to‘lqin yassi*** deyiladi. Yassi to‘lqin tarqalishida energiya yo‘qolmasa, muhit zarrachasining tebranishi amplitudasi A ,

manbaning tebranish amplitudasi A_0 ga teng deb olinadi. Doiraviy yoki siklik chastota odatdagi chastota bilan shunday bogʻlangandir:

$$\Omega = 2\pi\nu. \quad (3.4.3)$$

Odatdagi chastota ν , tebranish davri T bilan ham bogʻliq:

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (3.4.4)$$



3.10- rasm

(3.4.2) formuladan koʻrinadiki, tovush manbai 0 dan x_1 va x_2 oraliqda joylashgan va masofalar ayirmasi $x_2 - x_1 = 2k\lambda/2$ ga teng boʻlgan nuqtalar birday fazada tebranadilar (3.10-rasm). Ularning muvozanat holatga nisbatan siljishlari ham birday boʻladi.

Haqiqatan ham A nuqtaning t vaqt oraligʻidagi siljishi

$$S_A = A \sin \omega \left(t - \frac{x_1}{\vartheta} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{\vartheta} x_1 \right),$$

boʻlsa, shu vaqt oraligʻidagi B nuqtaning siljishi

$$S_B = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{\vartheta} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{\vartheta} x_2 \right),$$

lekin

$$x_2 = x_1 + \frac{2\pi\nu}{\omega}$$

boʻlganidan,

$$S_B = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{\vartheta} - \frac{2\pi}{\omega} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{\vartheta} x_1 - 2\pi \right)$$

boʻladi, chunki sinus, davri 2π davriy funksiyadir. Bir xil fazada tebranuvchi ikki nuqta orasidagi eng yaqin masofaga toʻlqin uzunligi deyiladi va λ harfi bilan belgilanadi.

Isbotlanganga asosan $\lambda = \frac{2\pi v}{\omega}$ ga teng. λ ning qiymatini (3.4.3)

formulaga qo'yib:

$$\lambda = \frac{2\pi v}{2\pi\nu} = \frac{v}{\nu} = vT; \quad (3.4.5)$$

ni hosil qilamiz. Demak, to'liqin uzunligi, to'liqinni bir tebranish davri T ga teng vaqt oralig'ida bosib o'tgan masofasiga teng ekan.

Agar muhit zarrachalarining siljishi to'liqinning tarqalish yo'nalishi bo'yicha bo'lsa, **to'liqin bo'ylama** deyiladi. Agar muhit zarrachalarining siljishi to'liqinning tarqalish yo'nalishiga perpendikular bo'lsa, to'liqin **ko'ndalang** deyiladi. Havodagi tovush to'liqlari bo'ylama to'liqlardir.

Tovush to'liqlari biror to'siqqa uchrasa, qisman qaytib, qisman ikkinchi muhitga o'tib, unda tarqalishni davom ettiradi. Natijada muhitning har bir nuqtasi manbadan kelgan va to'siqdan qaytuvchi tebranishlarda ishtirok etadi.

Manbadan ixtiyoriy nuqtaga kelgan to'liqinni hosil qilgan tebranishning siljishi (3.4.2) formulaga asosan

$$S_1 = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{v} x \right),$$

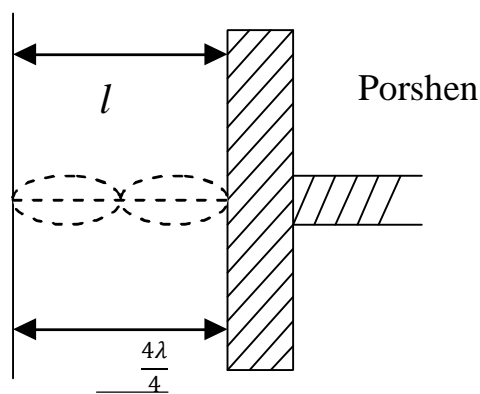
ga teng, to'siqdan qaytgan to'liqinning shu nuqtada hosil qilgan siljishi

$$S_2 = A \sin \omega \left(t - \frac{x+2l}{v} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega(x+2l)}{v} \right); \quad (3.4.6)$$

bo'ladi.

Manbadan tarqalayotgan Eshitish trubasi

chopar to‘lqinga qaraganda qaytgan to‘lqin (teskari to‘lqin) $2l$ masofani ortiq o‘tadi (3.11- rasm) va siljishga ega tebranishlarning qo‘shilishi natijasida ushbu ifoda hosil bo‘ladi:



3.11- rasm

$$S = S_1 + S_2 = 2A \cos \omega \frac{\omega l}{\vartheta} \cdot \sin \omega \left(t - \frac{x+l}{\vartheta} \right); \quad (3.4.7)$$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$, ekanini eslab,

$$S = 2A \cos \omega \frac{2\pi l}{\lambda} \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{\pi} - \frac{x+l}{\vartheta} \right); \quad (3.4.7a)$$

hosil qilamiz.

Bu tenglamadan ko‘rinadiki:

1) Natijaviy tebranish amplitudasi $2A \cos 2\pi l/\lambda$, to‘siqdan to‘g‘ri qaytgan to‘lqinlar ($l=0$) natijaviy tebranish amplitudasi $2A$ ga teng (to‘lqin zichligi muhit zichligidan kichik, to‘siqdan qaytadi deb olinganda)

$$\frac{\lambda}{4}; \frac{3}{4}\lambda; \frac{5}{4}\lambda; \quad \text{yoki} \quad l = (2\kappa + 1) \frac{\lambda}{4};$$

masofalarda natijaviy tebranish amplitudasi nolga teng.

2) Ikki to‘lqin sirtlari orasida joylashgan muhit nuqtalari birday faza bilan tebranadilar, chunki (3.4.7a) formuladagi $x+l$ hamma nuqtalar uchun o‘zgarmasdir.

Faqat kosinusning ishorasi musbatdan 0 manfiyga o‘tganda o‘zgaradi. Bu nuqtalarda

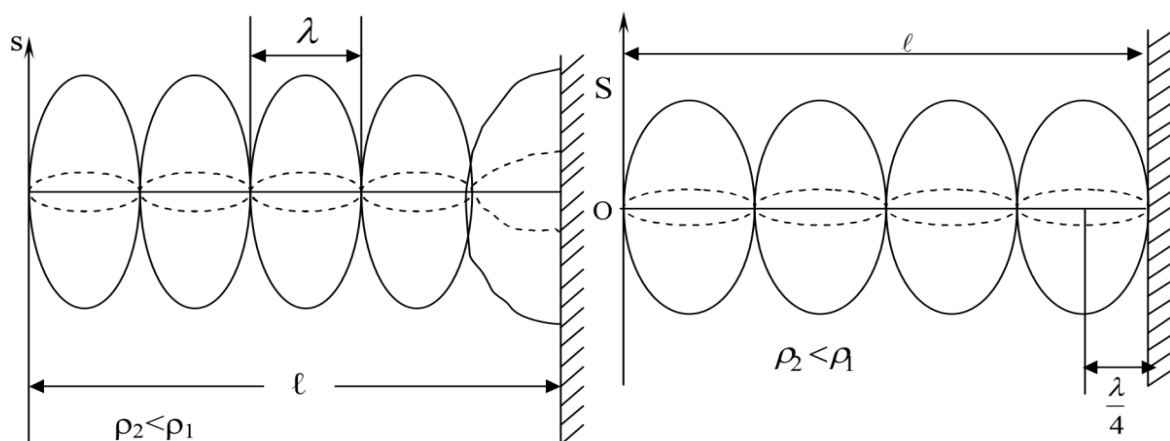


uchrashgan to'g'ri va qaytgan to'lqinlarning qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan to'lqinga **turg'un to'lqin** deyiladi (3.12- rasm).

X C
3.12- rasm

Natijaviy tebranish amplitudasi nolga teng bo'lgan nuqtalarga **turg'un to'lqinning tugunlari** deyiladi. Natijaviy tebranish amplitudasi eng katta qiymatga teng nuqtalarni **turg'un to'lqinning do'ngliklari** deyiladi.

Ikkita tugun yoki do'nglik orasidagi masofaga **turg'un to'lqin uzunligi** deyiladi. U chopar to'lqin uzunligining yarmiga teng. Agar to'lqin zichligi kattaroq muhitdan qaytsa, to'siqda tugun hosil bo'ladi, 1- do'nglik esa undan $\frac{\lambda}{4}$ ga teng masofada hosil bo'ladi (3.13- rasm).



3.13- rasm

Turg'un to'lqinlar hosil qilish usuli bilan tovush to'lqinining uzunligini va muhitda tovushning tarqalish tezligini aniqlash mumkin. (3.4.5)-formuladan ma'lumki

$$\vartheta = \lambda \nu \quad (3.4.8)$$

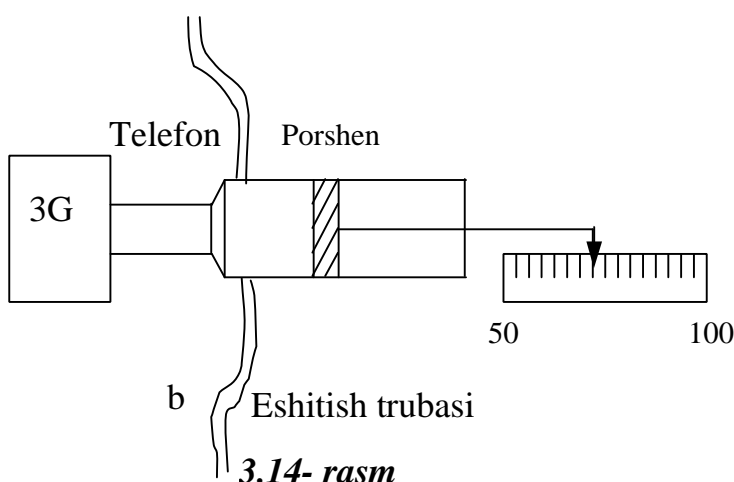
yoki

$$\vartheta = 2\lambda_t \nu ; \quad (3.4.8a)$$

Bu formuladan ko‘rinadiki, tovushning tebranish chastotasi va turg‘un to‘lqinning uzunligi ma’lum bo‘lsa, berilgan muhitda tovushning tarqalish tezligini aniqlash mumkin.

Qurilmaning tavsifi va o‘lchash usuli

Havoda tovushning tezligini aniqlash uchun ishlatiladigan qurilma uzunligi 0,5 metr, diametri 4 sm metall trubadan iborat (3.14- rasm).

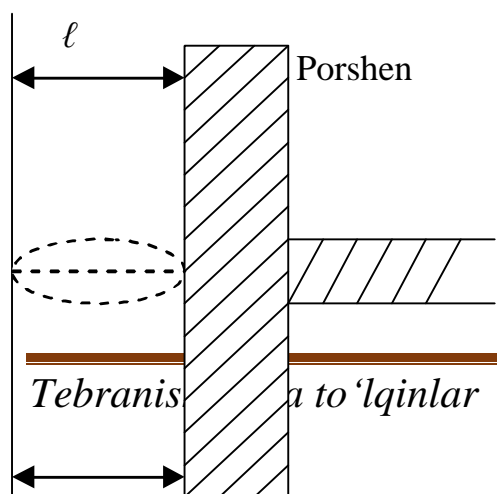


3.14- rasm

Trubani bir uchi qo‘zg‘aluvchi metal porshen bilan berkitilgan bo‘lib, uning qancha masofaga qo‘zg‘atilganligi masshtabli chizg‘ich bilan o‘lchanadi.

Trubaning ikkinchi uchiga tovush manbai sifatida telefon o‘rnatilgan. Telefon tovush generatoriga ulangan. Mikrofonga kelayotgan o‘zgaruvchan tokning chastotasini tovush generator yordamida 20 dan 20000 Gs gacha o‘zgartirish mumkin.

Tovushni generatorda "amplituda" deb yozilgan buragich yordamida o‘rgartirish mumkin. Trubaga telefondan tashqari eshitish trubkasi ham o‘rnatilgandir. Telefon membranasidan tarqalayotgan to‘lqinlar, trubka



3.15- rasm

ichidagi porshendan qaytadi va chopar to‘lqin bilan qaytgan to‘lqin uchrashishi natijasida trubka ichida turg‘un to‘lqinlar hosil bo‘ladi. Turg‘un to‘lqin tugunlari va

doʻngliklarining eshitish trubkasi qayerda hosil boʻlishi porshenning holatiga boqʻliq. Agar eshitish trubkasi bilan porshen orasidagi masofa $\ell = 2k\frac{\lambda}{4}$ ga teng boʻlsa, u nuqtada (3.15- rasmga qarang) turgʻun toʻlqinni tuguni hosil boʻladi va tovush eshitilmaydi. Agar $\ell = 2(k + 1)\frac{\lambda}{4}$ yaʼni toq sondagi chorak toʻlqin uzunligiga teng boʻlsa, u nuqtalarda turgʻun toʻlqinning doʻngliklari hosil boʻladi, eshitish trubkasida kuchli tovush eshitiladi.

Ishni bajarish tartibi:

1. Trubka ichidagi porshenni eshitish trubkasiga yarim holatga keltiriladi.

2. Tovush generatori maʼlum bir chastotaga (masalan 1000 s^{-1}) moslanadi.

3. Eshitish trubkasida maksimal kuchli tovush eshitilguncha porshen siljiriladi va porshenning holati yozib olinadi. Porshenni yana surib, tovush maksimumi eshitilayotgan keyingi nuqta topiladi va porshenning shu holati yana yozib olinadi va hokazo. Keyin porshen orqaga surib avvalgidek nuqtalar yozib olinadi. Porshenning ikki maksimum holati boʻyicha oʻrta holat topiladi.

4. Porshenning qoʻshni maksimum holatlar orasidagi masofalar topiladi.

5. Topilgan ayirmalarning oʻrta qiymati hisoblanadi. Topilgan son oʻlchanayotgan toʻlqin uzunligining yarmiga yoki turgʻun toʻlqin uzunligiga teng boʻladi.

6. Ma'lum tebranish chastotasi ν ni va turg'un to'lqin uzunligini (3.4.8a) formulaga qo'yib, tovushning berilgan muhitda tarqalish tezligi hisoblanadi.

7. Yuqorida aytilganlar turli chastotalarda takrorlanadi.

8. Tovush tezligi o'lchanayotgan paytdagi havo temperaturasini termometrqa qarab yozib qo'yiladi.

9. Tovush tezligini o'lchashda qilingan absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.

10. O'lchangan va hisoblangan kattaliklar jadvalga yoziladi.

ν_i	N_0	ℓ_1^I (m)	ℓ_2^{II} (m)	$\bar{\ell}_i$ (m)	$\lambda_t = \frac{\lambda}{2}$	$g=2\nu\lambda_t$ (m/s)	Xatolikni hisoblash
$\nu_1 =$	1.						
	2.						
	3.						
	4.						
$\nu_2 =$	1.						
	2.						
	3.						
	4.						
$\nu_3 =$	1.						
	2.						
	3.						
	4.						

Nazorat uchun savollar

1. To'lqinning siljishi, amplitudasi, davri, doiraviy, oddiy chastotasi va fazasini ta'riflang.

2. To‘lqin hosil bo‘lish jarayonini tushuntiring. Bo‘ylama va ko‘ndalang to‘lqinlarni ta‘riflang va misollar keltiring. Tovush to‘lqinlari deb qanday to‘lqinlarga aytiladi?

3. To‘lqin uzunligini ta‘riflang. To‘lqin uzunligi, to‘lqinning tarqalish tezligi va chastotasi orasidagi bog‘lanish formulasini yozing.

4. Yassi to‘lqinni ta‘riflang. Yassi to‘lqin tezligini formulasini yozing.

5. To‘lqinlar interferensiyasini tushuntiring.

6. Turg‘un to‘lqin deb qanday to‘lqinlarga aytiladi. Turg‘un to‘lqinning tugunlari va do‘ngliklarining hosil bo‘lishini tushuntiring.

7. Turg‘un to‘lqin usuli bilan tovush tezligini aniqlashni bayonini ayting.

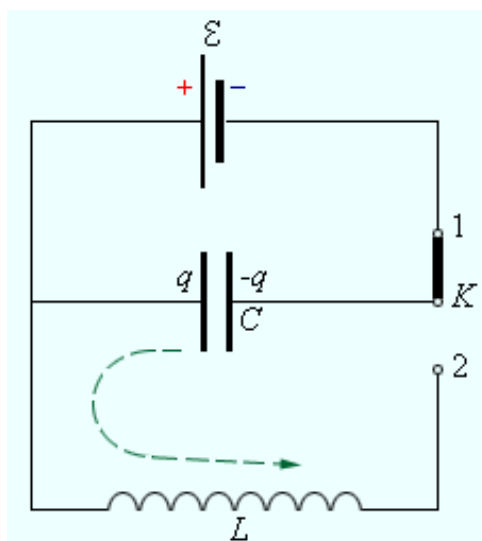
3.5-ISH. O‘ZGARUVCHAN TOK ZANJIRIDA REZONANS HODISASINI O‘RGANISH.

Ishning maqsadi: O‘zgaruvchan tok zanjirida hosil bo‘lgan majburiy tebranishlarni o‘rganish. Rezonans hodisasini tekshirish.

Kerakli qurilma: C kondensator va L induktivlik R qarshilikdan tashkil topgan tebranish konturi.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

C kondensator va L induktivlikdan tashkil topgan yopiq elektr zanjirida yuz beradigan zaryad, kuchlanish va toklarning tebranishlarini kuzatamiz. Eng sodda tebranish konturi 3.16 - rasmda keltirilgan.

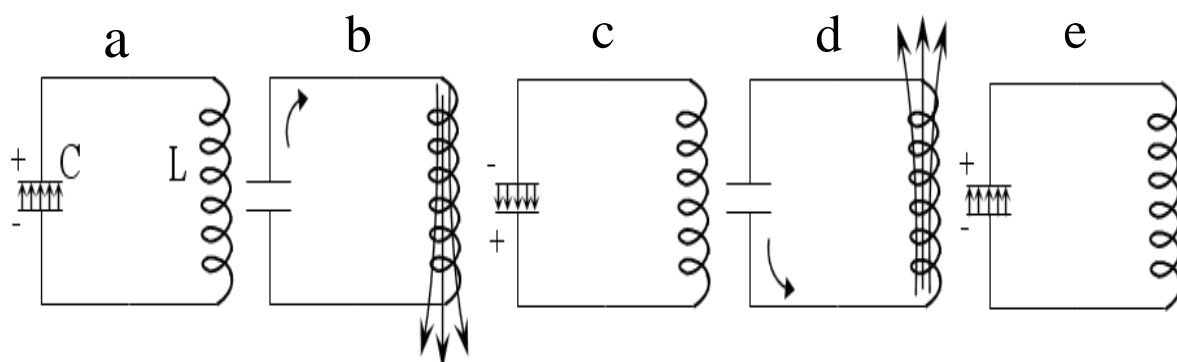


3.16 rasm. Eng sodda yopiq elektr zanjir.

Berk zanjirning qarshiligini hisobga olmaymiz. K kalitni 1- holatga ulab, kondensatorni U_c potensiallar farqigacha zaryadlaymiz. Keyin K kalitni 2- holatga keltirib, yopiq zanjir hosil qilamiz. Boshlanishda energiyaning hammasi

$$W = \frac{CU_c^2}{2}$$

kondensatorning elektr maydonida joylashgan bo‘ladi (3.17a - rasm).



3.17 - rasm. Yopiq elektr zanjirida elektromagnit tebranishlar.

Keyin esa kondensator L induktivlik g‘altagi orqali razryadlana boshlaydi va g‘altak ichida magnit maydoni hosil bo‘ladi. Kondensator to‘la razryadlanganda zanjir orqali o‘tayotgan tok maksimal qiymatga

erishadi va barcha energiya g'altak ichidagi magnit maydoniga joylashgan bo'ladi (3.17b - rasm).

$$W = \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_C^2}{2}$$

L induktivlik g'altak qarshiligi ortishi bilan tokning qiymati kamaya boshlaydi, natijada g'altakda o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchi

$$\varepsilon_{o'iz} = -L \frac{dI}{dt}$$

paydo bo'ladi. Bu EYuK zanjirdan o'tayotgan tokni o'sha yo'nalishda tiklashga intiladi. Natijada C kondensator yana zaryadlanib boshlaydi (3.17c - rasm), ammo kondensator qoplamalarida zaryadlarning ishorasi avvalgi holatiga nisbatan teskari bo'ladi.

Zanjir bo'yicha tok yo'qolganda, C – kondensator to'la zaryadlanib bo'ladi va barcha energiya kondensator qoplamalari orasidagi elektr maydoniga joylashadi. Undan keyin teskari yo'nalishda kondensator razryadlanib boshlaydi va barcha energiya g'altak ichidagi teskari yo'nalishdagi magnit maydoniga o'tadi (3.17d - rasm). Keyingi holatda C kondensator yana zaryadlanib boshlaydi va natijada zanjirdagi elektromagnit tebranish bitta to'la tebranish davridan o'tadi (3.17e - rasm).

Kondensatordagi potentsiallar farqi

$$U_c = \frac{Q}{C}$$

ga tengdir. Kirxgofning 2-qonunidan tebranish konturidagi elektromagnit tebranishning differensial tenglamasini topamiz:

$$-L \frac{dI}{dt} = \frac{Q}{C} \text{ yoki } \frac{dI}{dt} + \frac{1}{LC} Q = 0, \quad (3.5.1)$$

Bu tenglamaning yechimi siljish tenglamasi

$$y = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

ga o'xshashdir. Faqat "u" tebranuvchi kattalikni Q zaryadga, ω burchak tezlikni $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ bilan almashtirsak, quyidagi ifodaga

$$Q = Q_0 \sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t + \varphi\right) \quad (3.5.2)$$

ga ega bo'lamiz. Kondensator qoplamalaridagi potentsiallar farqini quyidagicha ifodalash mumkin.

$$U_c = \frac{Q_0}{C} \sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t + \varphi\right) \quad (3.5.3)$$

(3.5.2) - ifodadan vaqt bo'yicha hosila olsak, tebranish konturidagi tokning vaqt bo'yicha garmonik tebranish ifodasiga ega bo'lamiz:

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{Q_0}{\sqrt{LC}} \cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t + \varphi\right) = \frac{Q_0}{\sqrt{LC}} \sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}} + \varphi + \frac{\pi}{2}\right), \quad (3.5.4)$$

(3.5.2) -, (3.5.3) -, (3.5.4) - ifodalardan kondensator qoplamalaridagi potentsiallar farqi va kontur bo'yicha toklar o'zgarishini garmonik qonunlarga bo'ysunishi, ularning tebranish chastotalari bir xil qiymatga ega bo'lishi, kuchlanish va zaryadning fazalari bir xil ekanligi va tokning fazasidan qiymatga orqada qolishi ko'rinib turibdi.

Agar siklik chastota $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ligini hisobga olsak, ideal konturning tebranish davri quyidagiga teng bo'ladi:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC} \quad (3.5.5)$$

Bu ifoda **Tomson formulasi** deb ataladi.

Kirxgof qonuniga asosan ε ning oniy qiymati kontur elementlaridagi kuchlanish tushishlarining oniy qiymatlari yig'indisiga tengdir:

$$U_L + U_R + U_C = \varepsilon, \quad (3.5.6)$$

bu yerda U_L - induktivlikdagi, U_R - qarshilikdagi va U_C - kondensatordagi kuchlanish tushishlaridir. (3.5.6) - ifodada quyidagi almashtirishlarni amalga oshirsak,

$$U_L = L \frac{d^2 Q}{dt^2}; \quad U_R = R \frac{dQ}{dt}; \quad U_C = \frac{Q}{C}; \quad \varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$$

majburiy elektromagnit tebranishlarning differensial tenglamasiga ega bo‘lamiz.

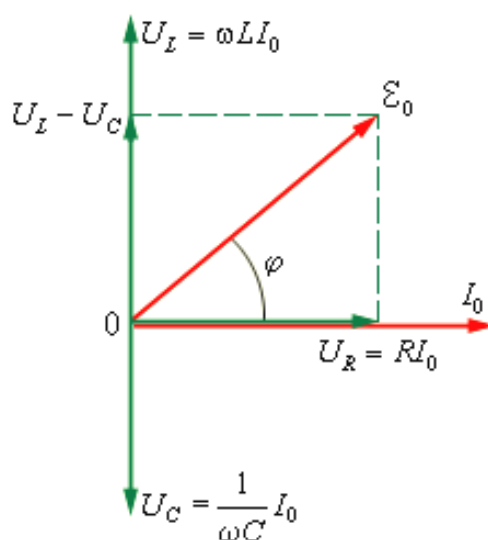
1) $U_L = L\omega I_0 \sin\left(\omega t - \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$; $R_L = \omega L$ konturning induktivlik qarshiligidagi kuchlanishning tebranish qonuni;

2) $U_R = RI_0 \sin(\omega t - \varphi)$ - R aktiv qarshilikdagi kuchlanishning tebranish qonuni va;

3) $U_C = \frac{1}{\omega C} I_0 \sin\left(\omega t - \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$; $R_C = \frac{1}{\omega C}$ sig‘im qarshiligidagi kuchlanishning tebranish qonuni.

Bu yerda $\omega L I_0 = U_{L0}$; $R I_0 = U_{R0}$; $\frac{I_0}{\omega C} = U_{C0}$ - induktivlik, qarshilik va sig‘imdagi kuchlanishlarining amplituda qiymatlaridir.

U_L, U_R va U_C kuchlanishlarni taqqoslasak, U_R ga nisbatan U_L fazasi $+\frac{\pi}{2}$ oldinda, U_C fazasi esa $-\frac{\pi}{2}$ orqada qoladi (3.18 - rasm).



3.18 - rasm. Elektromagnit zanjirning induktivlik qarshiligi va sigʻimidagi kuchlanishlarning amplitudalari

Rasmda yuqoridagi kuchlanishlarning fazaviy holatlari kuchlanishning vektor diagrammasi koʻrinishida keltirilgan. Diagrammadan

$$\varepsilon_0^2 = R^2 I_0^2 = \left(\omega L - \frac{1}{\omega c} \right)^2 I_0^2, \quad (3.5.7)$$

Bu yerdan

$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega c} \right)^2}}, \quad (3.5.8)$$

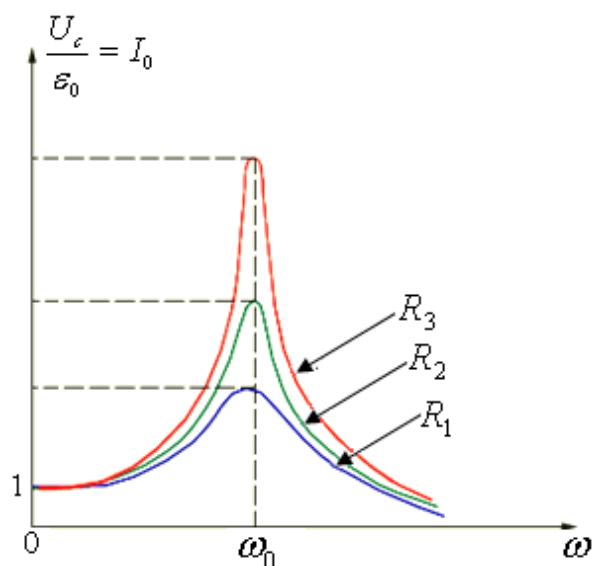
$R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega c} \right)^2$ - tebranish konturining impedansi – yoki toʻla qarshiligi deb ataladi.

Kuchlanishlar diagrammasidan boshlangʻich fazani ham topish mumkin.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega c}}{R}, \quad (3.5.9)$$

Tok kuchining amplitudasi konturning (L, R va C) parametrlaridan tashqari majburlovchi EYuK va uning siklik chastotasiga bogʻliq.

I_0 tok kuchi amplitudasining ω - siklik chastotaga bogʻliqligi 3.19-rasmda keltirilgan.



3.19 - rasm. Tebranish konturi tok kuchi amplitudasining siklik chastotaga bog'liq o'zgarishi $R_1 < R_2 < R_3$

Majbur etuvchi EYuK ning ω chastotasi o'zgarishi bilan $\omega L = \frac{1}{\omega c}$ teng bo'lish holatiga erishish mumkin va konturning reaktiv qarshiligi nolga aylanadi:

$$\left(\omega L - \frac{1}{\omega c}\right) = 0 \quad (3.5.10)$$

Bu shart bajarilganda zanjirdagi tok kuchining amplitudasi maksimal bo'ladi va faqat aktiv qarshilikka bog'liq bo'ladi.

$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{R_{max}} \quad (3.5.11)$$

R, L, C ga majbur etuvchi EYuK ni ketma-ket ulanganda tebranish konturidagi tok kuchi amplitudasining birdan oshish hodisasi kuchlanishning rezonansi deb ataladi. Rezonans sodir bo'ladigan ω_{rez} chastota rezonans chastotasi deb ataladi va (3.5.12) - shart bilan aniqlanadi.

$$\omega_{pez} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0 \quad (3.5.12)$$

bu yerda ω_0 - tebranish konturining xususiy chastotasidir. 3.19 - rasmda keltirilgan egri chiziqlar rezonans egri chiziqlari deb ataladi. Barcha egri chiziqlarning maksimumi, mexanik rezonansdan farqli ravishda, ω_{rez} chastotaga to'g'ri keladi.

Kuchlanishning rezonansida U_L va U_C o'zlarining maksimal qiymatlariga erishadilar:

$$U_{L0} = U_{C0} = \varepsilon_0 \frac{\sqrt{L}}{R}, \quad \frac{U_{C0}}{\varepsilon_0} = \frac{\sqrt{L}}{R} = \eta, \quad (3.5.13)$$

nisbat tebranish konturining aslligi deb ataladi. Bu yerda

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

konturning to'liqin qarshiligidir.

Ishni bajarish tartibi:

1. Dasturni ishga tushirganingizda quyidagi oyna kelib chiqadi:



2. Oynaning yuqori qismida menyular qatori joylashgan:



Bunda chap tomondan:














- Diskdagi fayldan sxemani yuklash;



- Sxemani saqlash;

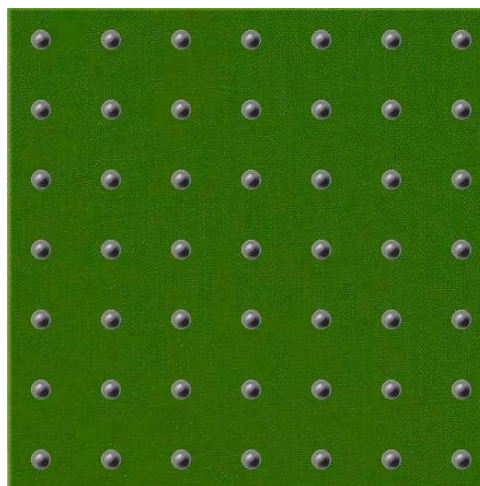
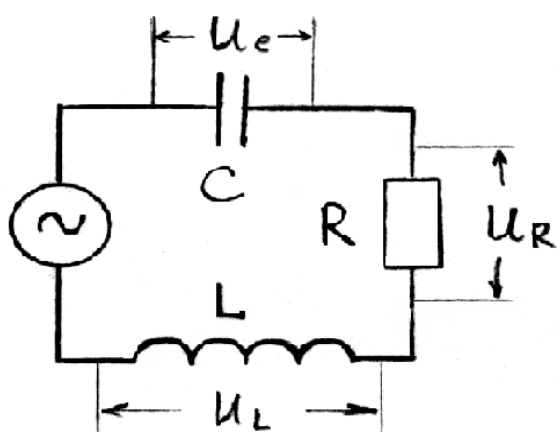


- Bu tugmani bosib, montaj platasini tozalash mumkin;

-  - Multimetr olish;
-  - Ossillografni olish;
-  - “Detall parametrlari” oynasini ko‘rsatish/yashirish”;
-  - “Detall holati” oynasini ko‘rsatish/yashirish”;
-  - Elektr bo‘yicha ma’lumotnoma;
-  - Laboratoriya ishlari;
-  - Dastur bilan qanday ishlash;
-  - ilni tanlash;
-  - Windows kalkulyatorini chiqarish;
-  - Avtorlar haqida;
-  - Chiqish.

Oynaning o‘ng tomonida asboblarning paneli qatori joylashgan.

3. Quyidagi rasmda ko‘rsatilgan sxemani montaj platasida yig‘ing.



4. Montaj platasida asboblarning panelidan generator, resistor, kondensator, g‘altak va ulagich simlarni olib, quyidagicha sxema yig‘ing:



Mana shunday holatda sxemani yig'ib bo'lgandan keyin har bir detalning ustida sichqonchanning chap tugmasini 2 marta ketma-ket bosish orqali detallar parametrlarini kiriting. Bunda elementlar parametrlarini quyidagicha qilib oling:

- Generator: $U_{ef} = 100 \text{ V}$; $\nu = 10 \text{ Hz}$;
- Rezistor: $R = 200 \text{ Ohm}$; $N = 500 \text{ Wt}$
- Kondensator: $C = 10 \text{ mkF}$; $U_{ish} = 400 \text{ V}$;
- G'altak: $L = 1 \text{ G n}$.

5. Generator chastotasini 10 Hz dan 100 Hz gacha 10 Hz dan o'zgartirib borib, voltmeter yordamida g'altakdagi, kondensatordagi, rezistordagi kuchlanishni o'lchang va qiymatlarni jadvalga yozing. Konstruktor to'plamida faqat ikkita multimetr mavjud, shuning uchun generator chastotasini o'zgartirib borib, o'lchashlarni ikki marta takrorlashga to'g'ri keladi, ya'ni dastlab voltmetrni g'altakka

va kondensatorga ulagan holda, ikkinchi marta esa voltmetrni rezistorga ulagan holda.

N_o	ν, Hz	U_C	U_L	U_R
1	10			
2	20			
3	30			
4	40			
5	50			
6	60			
7	70			
8	80			
9	90			
10	100			

6. Rezistor, kondensator va g'altakdagi kuchlanishni generator chastotasiga bog'liqlik grafiklarini chizing.

7. Rezonans chastotasini (3.5.12) formula orqali hisoblang va olingan qiymatlarni tajriba natijalari bilan solishtiring.

8. Elementlar parametrlarini o'zgartirib, o'lchashlar va hisoblashlarni takrorlang.

9. Elementlardagi kuchlanishning zanjirdagi o'zgaruvchan tok chastotasiga bog'lanish grafiklarini tushuntirishga harakat qiling.

Nazorat uchun savol va topshiriqlar

1. Kondensator va induktivlik g'altagidagi reaktiv qarshilik bilan o'zgaruvchan tok chastotasi qanday bog'langan?
2. Nima uchun ketma-ket ulangan kondensator, g'altak va rezistordan iborat zanjirda tok kuchi ma'lum bir chastotada maksimumga erishadi va juda kichik yoki juda katta chastotalarda nolga intiladi?
3. Nima uchun rezonansda rezistordagi kuchlanish o'zgaruvchan tok manbasidagi kuchlanishga teng bo'ladi?
4. Ketma-ket ulangan o'zgaruvchan tok zanjirida rezonans qanday shartlar bajarilganda yuzaga keladi?
5. Maishiy turmushda, texnikada, fanda rezonans hodisasidan qanday foydalaniladi?

Adabiyotlar

1. Q.P. Abduraxmanov, V.S.Xamidov, N.A. Axmedova. “FIZIKA” Darslik. Toshkent. 2018.
2. Қ.П.Абдурахманов, Ў.Эгамов “Физика курси” дарслиги, Тошкент. Алоқачи, 2013.
3. Q.P.Abduraxmanov, O‘.Egamov “ Fizika kursi” darsligi, Toshkent “O‘quv ta’lim metodikasi” 2015.
4. Physics: Principles with Applications 6th Edition by Douglas C.Giancoli, 2014.
5. Serway R.A., Jewett J.W. Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, 8ed. , Brooks Cole, 2010. -1558.
6. И.И.Савельев. Курс общей физики. Том 1,2,3. Москва 2018.
7. Трофимова Т.И. Курс физики. М. Высшая школа 1999. с.543.
8. Ahmadjonov O. Fizika kursi. T.: «O‘qituvchi», 1987. t. 1,2,3-qismlar.
9. М.Исмоилов., М.Г. Халиулин. Элементар физика масалалари. Т.: Ўқитувчи, 1993.
- 10.S. Bozorova., N.Kamolov. Fizika (Optika.Atom va yadro fizikasi). Darslik. T.: Aloqachi, 2007.
- 11.N.A. Sultanov. Fizika kursi. Darslik. T.: Fan va texnologiya. 2007. 305 bet.
- 12.Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: “Высшая школа”, 1989 г.

MUNDARIJA

3.1- laboratoriya ishi. Fizik va matematik mayatniklarning tebranishlarini o‘rganish va erkin tushish tezlanishini aniqlash	3
3.2- laboratoriya ishi. So‘nuvchi tebranishlarni o‘rganish va so‘nishning logarifmik dekrementini aniqlash	10
3.3- laboratoriya ishi. Torning xususiy tebranishini rezonans usuli bilan tekshirish	15
3.4- laboratoriya ishi. Havoda tovushning tarqalish tezligini turg‘un to‘lqinlar usuli bilan aniqlash	22
3.5-laboratoriya ishi. O‘zgaruvchan tok zanjirida rezonans hodisasini o‘rganish	31
Adabiyotlar	42

“Tebranishlar va to‘lqinlar”. 3-qism. Fizika fanidan laboratoriya ishlari bo‘yicha uslubiy qo‘llanma.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetining barcha bakalavriatura ta’lim yo‘nalishlari talabalari uchun.

“Fizika” kafedrasida majlisida ko‘rib chiqildi va nashr etishga ruxsat etildi (2022 yil, 16-mart, 31-sonli bayonnoma)

“Televizion texnologiyalar” fakultetining IUK majlisida ko‘rib chiqildi va nashr etishga ruxsat etildi (2022 yil, 29-mart, 6-sonli bayonnoma)

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU ilmiy-uslubiy Kengashi majlisida ko‘rib chiqildi va nashr etishga ruxsat etildi (2022 yil, 26-aprel, 9 (155) - sonli bayonnomasi)

Mualliflar: X.M.Xolmedov,
O.O.Ochilova,
U.X.Tohirov,
K.B.Haydarov

Taqrizchilar:
prof. E.Z.Imamov
dots. X.I.Isayev

Mas’ul muharrir:
dots. X.M.Xolmedov