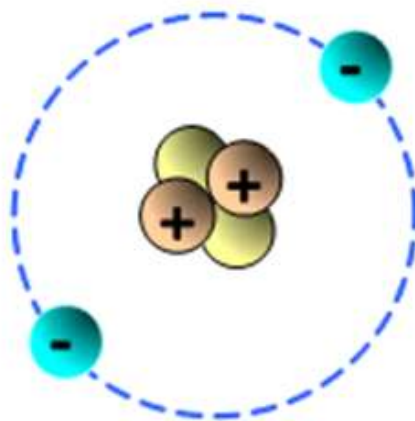


A. NORTOJIYEV SH. NAZAROV



FIZIKA LABORATORIYA

(MEXANIKA, MOLEKULAR FIZIKA VA ELEKTR)

TOSHKENT-2015

1 – LABORATORIYA ISHI

OBERBEK MAYATNIGI YORDAMIDA QATTIQ JISMNING INERTSIYA MOMENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: ma'lum geometrik shaklga ega bo'lgan qattiq jismning inertsia momentini Oberbek taklif etgan usul bilan aniqlashdan iborat.

Kerakli asbob va buyumlar: Oberbek mayatnigi, massasi 100 gr dan bo'lgan to'rtta tosh, sekundomer, shtangentsirkul.

Nazariy qism

Trayektoriyasi aylanadan iborat bo'lgan harakatga aylanma harakat deyiladi.

Moddiy nuqtaning aylanma harakatini chiziqli tezlik va chiziqli tezlanishdan tashqari, burchak tezlik va burchak tezlanish bilan xarakterlash mumkin.

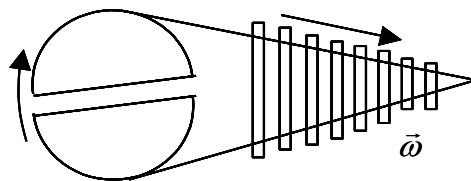
Vaqt birligi davomidagi burilish burchagiga teng bo'lgan kattalikka burchak tezlik deyiladi.

Agar qattiq jism Δt vaqt ichida $\Delta\varphi$ burchakka burilsa, u holda burchak tezlik quyidagi formuladan aniqlanadi:

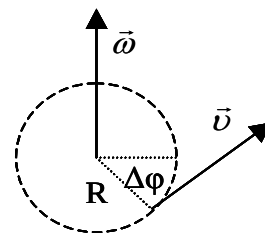
$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt} \quad (1)$$

Demak, burchak tezlik burilish burchagidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng ekan.

Burchak tezlik vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishini "o'ng vint" qoidasi bo'yicha aniqlash mumkin (1-rasm).



1- Rasm.



2- Rasm.

Vintning aylanish yo'nalishi moddiy nuqta aylanma harakatining yo'nalishini ifodalasa, o'qning ilgariylanma harakati burchak tezlik yo'nalishini ko'rsatadi. Aylana yoy uzunligi bilan markaziy burchak va aylana radiusi orasidagi bog'lanish $\Delta S = R\Delta\varphi$ ekanini hisobga olsak, chiziqli tezlik bilan burchak tezlik orasidagi bog'lanish kelib chiqadi:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta S}{\Delta t} \right) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{R\Delta\varphi}{\Delta t} \right) = R \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \right) = R\omega \quad (2)$$

Tezlik vektor kattalik bo'lgani uchun (2) ifoda vektor shaklida quyidagicha yoziladi:

$$\vec{v} = [\vec{\omega} \cdot \vec{R}] \quad (3)$$

Demak, chiziqli tezlik vektori burchak tezlik vektori bilan radius vektorining vektor ko'paytmasiga teng ekan.

O'ng vint qoidasiga ko'ra, bu uch vektor 2-rasmda ko'rsatilgan yo'nalishlarga ega. Agar $\omega = \text{const}$ bo'lsa, aylanma harakat tekis bo'ladi. U holda burchak tezlikni aylanish davri va chastotasi bilan ifodalash mumkin.

To'liq bir marta aylanish uchun ketgan vaqtga aylanish davri (T), birlik vaqt oraligidagi aylanishlar soniga aylanish chastotasi (ν) deyiladi. Ular orasidagi bog'lanish $T = \frac{1}{\nu}$ ga teng. Agar $\omega \neq \text{const}$ bo'lsa, harakat notekis bo'ladi.

Notekis aylanma harakat burchak tezlanish deb ataladigan kattalik bilan xarakterlanadi. Burchakli tezlikning vaqt birligi oralig'idagi o'zgarishiga burchak tezlanish deyiladi.

Agar Δt vaqt oralig'ida moddiy nuqtaning burchak tezligi $\Delta\omega$ qadar o'zgarsa, uning burchak tezlanishi quyidagicha bo'ladi:

$$\vec{\varepsilon} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta\omega}{\Delta t} \right) = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \quad (4)$$

Burchak tezlanish burchak tezlikdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng.

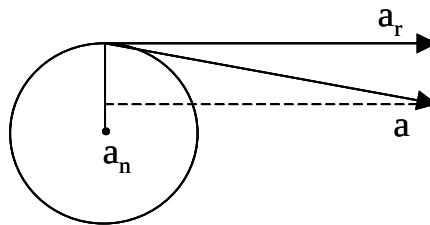
Notekis harakatda tezlik vektori miqdori va yo'nalishi bo'yicha o'zgaradi. Shuning uchun bu harakatda ishtirok etayotgan moddiy nuqtaning chiziqli tezlanishini ikki tashkil etuvchiga ajratiladi. (3-rasm) a_r -tezlanishning tangentsial tashkil etuvchisi bo'lib vaqt birligi oralig'ida chiziqli tezlikning miqdoriy

o'zgarishini quyidagicha xarakterlaydi: $a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\omega R)}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\varepsilon$

$$a_t = \varepsilon \cdot R \quad (5)$$

Demak, tangentsial tezlanish burchak tezlanishning aylana radiusiga bo'lgan ko'paytmasiga teng ekan.

Tezlanishning normal tashkil etuvchisi esa, tezlikning yo'nalishi bo'yicha o'zgarishini ko'rsatadi va quyidagicha aniqlanadi:



3-Rasm.

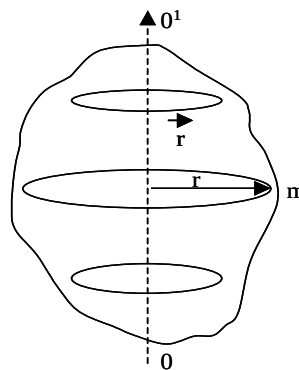
$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R \quad a_n = \omega^2 R \quad (6)$$

Keltirilgan ifodalarni qattiq jism uchun umumlashtirishda, uni fikran shunday mayda bo'lakchalarga bo'lamizki, ularning har birini moddiy nuqta deb hisoblash mumkin bo'lsin.

Tashqi kuch ta'sirida qattiq jismni tashkil etuvchi elementar bo'lakchalarning bir-birlariga nisbatan vaziyatlari o'zgarmasa, ya'ni deformatsiyalanmasa bunday jism absolyut qattiq jism deyiladi.

Qattiq jism aylanma harakatda ishtirok etganida uni tashkil qiluvchi elementar bo'lakchalarning harakat trayektoriyalari aylanalardan iborat bo'ladi. Bu aylanalarning markazlari bir to'g'ri chiziqda yotadi va odatda, bu chiziq aylanish o'qi deyiladi (4-rasm).

Jismni aylanma harakatga keltiruvchi kuchning ta'siri uning qo'yilish nuqtasiga va kuch



4-Rasm.

yo'nalishiga bog'liq. Aylanish o'qidan turli masofalarga qo'yilgan aynan bir kuch jismga turli burchak tezlanish beradi. Shu sababli qattiq jism aylanma harakat dinamikasining tenglamasini

keltirib chiqarish uchun kuch va massa tushunchalaridan tashqari, kuch momenti hamda inertsia momenti degan kattaliklar kiritiladi.

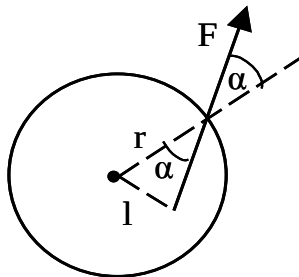
Elementar bo'lakchalarga qo'yilgan kuchning aylanish markazidan kuch qo'yilgan nuqtaga o'tkazilgan radius vektor ko'paytmasi kuch momenti deb ataladi. Kuch momentining vektori quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\vec{M} = [\vec{r} \cdot \vec{F}]$$

Kuch momentining moduli

$$M = Fr \sin \alpha = F\ell \quad (7)$$

bunda $\ell = r \sin \alpha$ bo'lib, kuch yo'nalishiga aylanish markazidan tushirilgan perpendikulyar uzunligini ifodalaydi va kuch elkasi deb yuritiladi. Demak, kuch momenti qiymat jihatidan kuchning elkaga bo'lgan ko'paytmasiga teng ekan. 5-rasmda moddiy nuqta deb qarash mumkin bo'lgan bitta elementar bo'lakchani aylana bo'ylab harakati tasvirlangan. Kuch momentining SI sistemasidagi birligi $n \cdot m$ bo'ladi.



5-Rasm.

Elementar bo'lakcha massasi (m) bilan bu bo'lakchadan aylanish markazigacha bo'lgan masofa kvadrati (r^2) ko'paytmasiga teng bo'lgan kattalik elementar bo'lakchani (moddiy nuqtaning) aylanish markaziga nisbatan inertsia momenti deyiladi va quyidagiga teng bo'ladi.

$$I = mr^2 \quad (8)$$

Qattiq jismni tashkil etuvchi elementar bo'lakchalar aylanish o'qidan turli masofalarda joylashgan (r -turlicha). Binobarin, (8) formulaga asosan elementar bo'lakchalarning inertsia momentlari turlicha bo'ladi. Inertsia momenti skalyar kattalik bo'lgani uchun biror qo'zg'almas o'qqa nisbatan jismning inertsia momenti, uni tashkil etuvchi elementar bo'lakchalarning shu o'qqa nisbatan inertsia momentlarining yig'indisiga teng bo'ladi.

Agar elementar bo'lakchalar massalarini $m_1, m_2, m_3, \dots, m_i$ ularning qo'zg'almas o'qqa nisbatan aylanish radiuslarini $r_1, r_2, \dots, r_i$ desak, u holda jismning shu o'qqa nisbatan inertsia momenti quyidagi formuladan topiladi:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2 \quad (9)$$

Aylanma harakat qonunlarida ilgari ilganma harakatdagi kuch o'rniga kuch momenti, massa o'rniga inertsia momenti qo'llanilgani uchun ilgari ilganma harakatdagi impuls (P) o'rniga impuls momenti (L) kattalik kiritiladi. U holda ilgari ilganma harakat uchun o'rinli bo'lgan $\vec{P} = m\vec{v}$ ko'rinishdagi impuls o'rniga aylanma harakatda $\vec{L} = I\vec{\omega}$ ko'rinishdagi impuls momenti qo'llaniladi.

$$\vec{L} = I\vec{\omega} \quad (10)$$

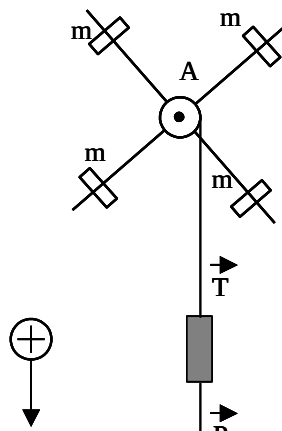
Nyutonning $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$ shaklidagi qonunini aylanma harakatga tadbiq etib, aylanma harakatning asosiy tenglamasini keltirib chiqaramiz. Bunda tenglamadagi $\vec{P}$ vektorni $\vec{L}$ bilan, $\vec{F}$ ni kuch momenti $\vec{M}$ bilan almashtirsak, aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni quyidagicha yoziladi:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(I\vec{\omega})}{dt} = \frac{Id\vec{\omega}}{dt} = I\vec{\varepsilon} \quad (11)$$

Demak, kuch momenti qiymat jihatidan inertsiya momenti bilan burchak tezlanish ko'paytmasiga teng. (11) formulaga qattiq jism aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi deyiladi. Qattiq jismning shakli murakkab ko'rinishga ega bo'lgan hollarda uning biror o'qqa nisbatan inertsiya momentini (8) formula yoki undan kelib chiquvchi boshqa formulalar asosida aniqlash mushkul ishdir. Shuning uchun bunday holarda ularning inertsiya momentlarini turli usullar bilan tajribada topiladi. Ana shu usullardan birini quyidagi ishda ko'rib o'tamiz.

Oberbek mayatnigi bir xil massali (m) toshlar o'rnatilgan krestovinadan iborat (6-rasm). Toshlarni aylanish o'qiga nisbatan turli masofada o'rnatish mumkin. Agar bu yuklar aylanish o'qidan bir xil masofada tursa, aylanish o'qi krestovinaning massalar markazidan o'tadi. Natijada krestovinaga tashqi kuch ta'sir etmaguncha, u farqsiz muvozanatli holatini saqlaydi. Shkiv A ga o'ralgan ipga P yukni osib, butun sistemani harakatga keltirish mumkin. Yukning og'irlik kuchi ta'sirida ip taranglashadi. Og'irlik kuchi $\vec{P}$ pastga, taranglik $\vec{T}$ kuchi yuqoriga tomon yo'nalgan. Bu kuch kuchlarning teng ta'sir etuvchisi $\vec{a}$ tezlanish beradi. Nyutonning II qonuniga ko'ra, ushbu sistema uchun quyidagi vektor tenglik o'rinni:

$$m\vec{a} = \vec{P} + \vec{T} \quad (12)$$



6-Rasm.

Bu tenglikning modulini yozishda shartli ravishda harakatning musbat yo'nalishini belgilab olamiz. 6-rasmda ko'rsatilgan yo'nalishdagi kuchlarni musbat desak, teskari yo'nalishdagi kuchlar manfiy bo'ladi. U holda

$$ma = P - T = mg - T \quad (13).$$

Bundan taranglik kuchi quyidagiga teng bo'ladi:

$$T = mg - ma = m(g - a) \quad (14)$$

Taranglik kuchining aks ta'sir etuvchisi shkivga qo'yilgan bo'lib, bu kuchning aylantiruvchi momenti quyidagiga teng:

$$M = T \cdot r = m(g - a) \cdot r \quad (15)$$

bunda a-osilgan yukning olgan tezlanishi, r - shkiv radiusi, m - osilgan yuk massasi.

Yukning boshlang'ich tezligi nolga teng. Binobarin, yukning harakati boshlang'ich tezliksiz tekis tezlanuvchan harakatdan iborat bo'lgani uchun yo'l formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$h = \frac{at^2}{2} \quad (16)$$

Bundan yukning olgan tezlanishini topamiz.

$$a = \frac{2h}{t^2} \quad (17)$$

Ifoda (17) ni (15) ga qo'ysak, krestovinaning aylantiruvchi momenti uchun quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$M = m(g - a)r = m\left(g - \frac{2h}{t^2}\right) \quad (18)$$

(17) ifodaga asosan aylanma harakat dinamik tenglamasini quyidagicha o'zgartirib yozish mumkin:

$$M = I\varepsilon = I \frac{a}{r} = I \frac{2h}{rt^2} \quad (19)$$

(16) va (19) ifodalarni tenglab, I ga nisbatan yechsak, krestovinaning inertsia momenti uchun quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$I = mr^2 \left(\frac{gt^2}{2h} - 1 \right) \quad (20)$$

Ishni bajarish tartibi

1. Krestovinaning sterjenidan yukchalar chiqarib olinadi. Shtangentsirkul yordamida shkiy diametrini o'lchab, uning radiusi (r) aniqlanadi.

2. Krestovinani aylantirib, yuk qo'yiladigan maydoncha yuqoriga ko'tariladi va poldan ko'tarilish balandligi (h) o'lchanadi.

3. Maydonchaga 100 g massali yuk qo'yiladi (maydoncha massasi ham hisobga olinadi). Maydonchani qo'yib yuborib, sekondomer harakatga keltiriladi va taglikka urilish bilan to'xtatilib, yukning harakatlanish vaqti aniqlanadi.

4. Yuqoridagi tajriba 200 g, 300 g, va 400 g massali yuklar uchun taqrorlanadi va har gal yukning tushish vaqti aniqlanadi.

5. Barcha hollar uchun (20) formuladan aylanuvchi sistemaning inertsia momenti aniqlanib, so'ng ularning o'rtacha qiymati hisoblanadi. O'lchash va hisoblash natijalari 1-jadvalga yoziladi

1-jadval

№	h (m)	t (s)	m (kg)	r (m)	I_0 (kg·m ²)	$\langle I_0 \rangle$	ΔI_0	$\langle \Delta I_0 \rangle$	$\frac{\langle \Delta I_0 \rangle}{\langle I_0 \rangle} \cdot 100\%$
1									
2									
3									
4									

6. Krestovina sterjenidagi yuklarni uning uchiga o'rnatib, farqsiz muvozanat hosil qilinadi. So'ng 100 g, 200 g, 300 g, va 400 g massali yuklar uchun yuqoridagi tajriba takrorlanadi. (20) formuladan yukli krestovinaning inertsia momentini hisoblab, ularning o'rtacha qiymati $\langle I \rangle$ aniqlanadi. O'lchash va hisoblash natijalari 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

№	h (m)	t (s)	m (kg)	r (m)	I (kg·m ²)	$\langle I \rangle$	ΔI	$\langle \Delta I \rangle$	$\frac{\langle \Delta I \rangle}{\langle I \rangle} \cdot 100\%$
1									
2									
3									
4									

7. Hisoblash natijalaridan absolyut va nisbiy xatoliklar aniqlanadi. Krestovina sterjeniga o'rnatilgan har bir yukning inertsia momenti quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$I = \frac{1}{4} (\langle I \rangle - \langle I_0 \rangle) \quad (21)$$

Sinov savollari

1. Absolyut qattiq jism deb qanday jismga aytiladi?
2. Aylanma harakat deb qanday harakatga aytiladi?
3. Burchak tezlik va burchak tezlanishni tushuntiring.
4. Chiziqli tezlik deb nimaga aytiladi?
5. Egri chiziqli harakatda tangentsial va normal tezlanishlar nimani ifodalaydi?
6. Inertsia momenti deb nimaga aytiladi?
7. Kuch momentini tushuntiring.
8. Nyutonning II qonunini ilgarilanma va aylanma harakat uchun yozib, ta'riflab bering.
9. Ishchi formulani keltirib chiqaring.

2 – LABORATORIYA ISHI EGILISH USULI ORQALI YUNG MODULINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: sterjen o'rtasiga kuch ta'sir qilish yo'li bilan yog'ochning Yung modulini aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: metall prizmati ustunlar, egilish kattaligini aniqlash uchun indikator, tekshiriladigan to'g'ri burchakli sterjenlar, 0,5 kg li toshlar, shtangentsirkul, masshtabli chizg'ich.

Nazariy qism

Tashqi kuch ta'sirida jism zarrachalari orasidagi masofa o'zgarmasa, bunday jismga absolyut qattiq jism deyiladi. Lekin tabiatda absolyut qattiq jism yo'q. Kuch ta'sirida har qanday jism ozmi-ko'pmi o'z shaklini o'zgartiradi, ya'ni deformatsiyalanadi. Jismlar deformatsiyalanganda ikki chegaraviy holni kuzatish mumkin: elastik deformatsiya, yoki plastik deformatsiya.

Qo'yilgan kuchlarning ta'siri to'xtatilgandan so'ng jism o'zining avvalgi shakli va o'lchamiga to'la ravishda qaytsa, bunday deformatsiya elastik deformatsiya deyiladi.

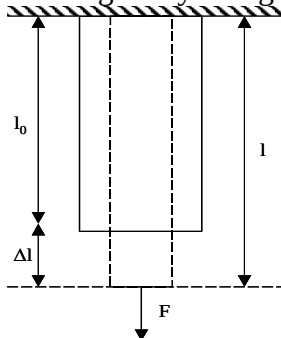
Aksincha, tashqi ta'sir to'xtatilgandan so'ng jismda qoldiq deformatsiya saqlanib qolsa, ya'ni jism o'zining ilgarigi shakliga qaytmasa, unga qoldikli yoki plastik deformatsiya deyiladi.

Jism elastik deformatsiyalangan bo'lsa, deformatsiyaning barcha turlarida (cho'zilish, egilish, buralish va hokazo), jismda deformatsiya yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan kuch yuzaga keladi. Bunday kuch elastik kuch deyiladi. Tashqi ta'sir olinsa bu kuch jismni o'z holatiga qaytaradi.

Guk elastik deformatsiyalangan jismning deformatsiya kattaligi tashqi ta'sirga proportsional ekanini aniqlagan, ya'ni,

$$F = -kx$$

Bunda k - berilgan jismning elastiklik xossasini xarakterlovchi koeffitsiyent bo'lib, u bikrlilik koeffitsiyenti deyiladi. Bikrlilik koeffitsiyenti jism tabiatiga bog'liq bo'lib, deformatsiya turiga bog'liq emas. Shuning uchun deformatsiya doimiysini istalgan deformatsiya (cho'zilish, egilish) dan aniqlash mumkin. Guk qonunini cho'zilish deformatsiyasi uchun tatbiq etaylik. Uzunligi ℓ_0 va ko'ndalang kesim yuzi S bo'lgan sterjen asosiga tik yo'nalgan F kuch



7-Rasm.

ta'sir etishdan sterjen $\Delta \ell$ qadar cho'zilsin (7-rasm). Sterjenning keyingi holati ℓ , bunda $\Delta \ell$ - sterjenning ikki holat uzunliklar ayirmasi ($\ell - \ell_0$) bo'lib, absolyut uzayish deyiladi.

Deformatsiyani xarakterlash uchun absolyut uzayishdan tashqari nisbiy uzayish tushunchasi ham kiritiladi. Deformatsiyani baholashda sterjenning uzunligi ℓ_0 qanchaga teng ekanligi yoki sterjenning absolyut uzayish qiymati muhim bo'lmay, balki uning nisbiy uzayishi katta ahamiyatga egadir. Absolyut uzayish $\Delta \ell$ ning sterjen avvalgi uzunligi ℓ_0 ga nisbati sterjenning nisbiy uzayishini beradi.

Bir birlik kesim yuziga normal tarzda ta'sir etuvchi kuch kuchlanganlik deyiladi.

$$P_n = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Nisbiy uzayish kattaligi sterjen ko'ndalang kesim yuziga ta'sir etayotgan kuchlanganlikka to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$\frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \alpha \cdot P_n \quad (2)$$

bu yerda α - elastiklik koeffitsiyenti.

Berilgan material xususiyatini belgilash uchun α dan tashqari unga teskari bo'lgan

$$E = \frac{1}{\alpha} \quad (3)$$

kattalik xam kiritiladi va bu kattalikni Yung moduli deb ataladi.(3)

formuladan α ning qiymatini (2) ifodaga qo'yilsa quyidagi formula hosil bo'ladi:

$$P_n = E \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \quad (4)$$

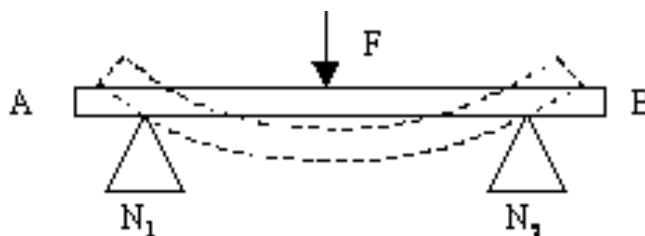
Bu tenglik cho'zilishdagi deformatsiya uchun Guk qonuni deyiladi. Elastik deformatsiya yuz berishi uchun kuchning qiymati elastiklik chegarasi doirasida bo'lishi kerak. (4)-formuladan Yung modulini aniqlaymiz:

$$E = \frac{P_n}{\frac{\Delta \ell}{\ell_0}} \quad (5)$$

Agar $\Delta \ell = \ell_0$ desak, $E = P_n$ bo'ladi. Bundan Yung moduliga quyidagicha ta'rif berish mumkin. Yung moduli Guk qonuni bajariladigan chegarada sterjen uzunligini ikki marta oshirish uchun lozim bo'lgan kuchlanishga teng. Yung modulining SI sistemasidagi birligi n/m^2 , amalda esa ko'prok kG/mm^2 qo'llaniladi.

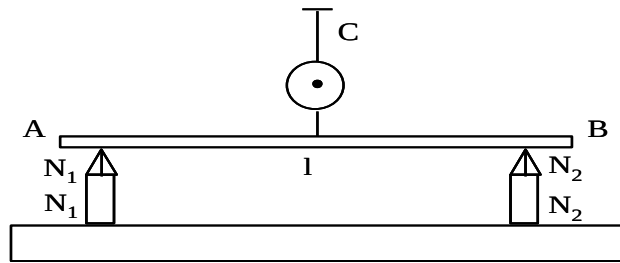
Asbobning tuzilishi va ish uslubi

Yung modulini egilishdagi deformatsiya bo'yicha, quyidagicha aniqlash mumkin (8-rasm). Agar N_1 va N_2 tayanchlarga o'rnatilgan AB sterjenning o'rtasida F kuch bilan ta'sir etsak, sterjen egiladi. Kuch qancha katta bo'lsa



8-Rasm.

egilish xam bu kuchga mos ravishda oshadi. Sterjen o'rta qismiga kuch qo'yilmagan va kuch qo'yilgan holatlar orasidagi farq λ - egilish kattaligi deyiladi.



9 – Rasm.

Deformatsiya darajasi egilish kattaligi bilan aniqlanadi. Elastik deformatsiyada egilish kattaligi

biz o'rganayotgan holda quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi.

$$\lambda = \frac{F\ell^3}{4ab^3E}$$

(6)

Bundan Yung modulini aniqlaymiz:

$$E = \frac{F\ell^3}{4ab^3\lambda} \quad (7)$$

(7) ifodadagi F - sterjenning o'rtasiga qo'yilgan kuch qiymati, ℓ - sterjen uzunligi, a - sterjen eni, b - sterjen balandligi (qalinligi).

Bu ishda qo'llaniladigan asbob ikkita ustuni bo'lgan taglikdan iborat bo'lib, bu ustunlar ustiga qirralari bir-biriga parallel bo'lgan prizmalar mahkamlangan (9-rasm). Bu prizmalarga tekshiriladigan sterjen AB qo'yiladi. Egilish kattaligi (λ) indikator yordamida aniqlanadi. Toshlar indikator ustidagi C yuzaga qo'yiladi.

Ishni bajarish tartibi

1. Shtangentsirkul yordamida sterjen eni (a), qalinligi (b) uch joyidan o'lchanib, ularning o'rtacha qiymati olinadi.

2. Chizg'ich yordamida N_1 , N_2 prizmalar orasidagi masofa ℓ ni o'lchab, uning ham o'rtacha qiymati olinadi.

3. Sterjenni prizmalarga simmetrik ravishda qo'yib, uning ustiga indikator o'rnatiladi. Indikatoridan sterjenning dastlabki vaziyatini xarakterlovchi n_0 - holat aniqlanadi.

4. Indikator tekisligiga massalari 0,5; 1; 1,5; va 2 kg bo'lgan toshlarni ketma-ket qo'yib, indikatoridan ularning har biriga mos kelgan sterjen holatini xarakterlovchi n'_1, n'_2, n'_3, n'_4 , lar yozib olinadi. Yukni 0,5 kg dan kamaytirib, tajriba teskari yo'nalishda takrorlanadi va $n''_1, n''_2, n''_3, n''_4$, larning qiymati aniqlanadi. So'ng har bir yuk (0,5; 1; 1,5; 2 kg) uchun ularning o'rtacha qiymatlari topiladi.

$$n_1 = \frac{n'_1 + n''_1}{2}, \quad n_2 = \frac{n'_2 + n''_2}{2}, \quad n_3 = \frac{n'_3 + n''_3}{2}, \quad n_4 = \frac{n'_4 + n''_4}{2}$$

5. Shkalaning ikki xil holati bo'yicha har bir og'irlik kuchi uchun egilish kattaliklari aniqlanadi:

$$\lambda_1 = n_0 - n_1, \quad \lambda_2 = n_0 - n_2, \quad \lambda_3 = n_0 - n_3, \quad \lambda_4 = n_0 - n_4$$

6. Har bir qo'yilgan yuk uchun Yung moduli quyidagi ifoda orqali hisoblanadi:

$$E = \frac{F\ell^3}{4ab^3\lambda} = C \frac{F}{\lambda}. \quad \text{Bunda } C = \frac{\ell^3}{4ab^3} \text{ - kattalik olingan sterjen uchun o'zgarmasdir. U}$$

sterjenning geometrik o'lchamlariga asosan hisoblab topiladi.

O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi:

№	a (m)	b (m)	ℓ (m)	F (N)	n_1 (m)	n_2 (m)	n (m)	λ (m)	E N/m ²	< E >	ΔE	< ΔE >	$\frac{< \Delta E >}{< E >} \cdot 100\%$
1													
2													
3													
4													

Sinov savollari

1. Absolyut qattiq jism deb qanday jismga aytiladi.
2. Deformatsiya qanday fizik hodisa.
3. Guk qonunini ta'riflang.
4. Ishning bajarilish tartibini ayting.

3- LABORATORIYA ISHI

TOVUSHNING HAVODA TARQALISH TEZLIGINI REZONANS USULI BILAN ANIQLASH

Ishning maqsadi: turg'un to'liqlarning to'liq uzunligini tajribada o'lchash bilan tovushning havoda tarqalish tezligini aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: qo'zg'aluvchi porshenli shisha nay, telefonli tovush generatori.

Nazariy qism.

Tebranma harakatning biror elastik muhitda (havoda, temirda, bo'shliqda va hokozo) tarqalish hodisasiga to'liq deb ataladi. Mexanik to'liqlar faqat elastik muhitlarda vujudga kelish mumkin.

To'liqlar ikki xil bo'ladi: bo'ylama to'liqlar va ko'ndalang to'liqlar. Biz o'rganayotgan laboratoriya ishida faqat mexanik to'liqlar haqida so'z yuritamiz.

Elastik muhitni tashkil qiluvchi zarralarning tebranish yo'nalishi to'liq tarqalish yo'nalishi bilan mos kelsa, bunday to'liqlarga bo'ylama to'liq deyiladi.

Agar elastik muhit zarralarining tebranish yo'nalishi to'liq tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lsa, bunday to'liqlar ko'ndalang to'liq deb ataladi.

Bir xil fazada tebranayotgan nuqtalarning geometrik o'rniga to'liq fronti deyiladi. To'liq fronti turli xil shakllarga ega bo'lishi mumkin.

To'liq frontining ko'rinishi tekislikdan iborat bo'lgan to'liq yassi to'liq deb ataladi.

To'liqlarni matematik formulalar orqali ifodalash mumkin. Buning uchun avval to'liq tenglamasi bilan tanishib chiqaylik. To'liq tenglamasi deganda to'liq tarqalish yo'nalishidagi tebranishda ishtirok etayotgan zarraning istagan vaqtda o'zining muvozanat vaziyatidan tebranish yo'nalishi bo'ylab qancha masofaga siljiganligini ko'rsatuvchi matematik formulani tushunamiz. Misol uchun x o'qining musbat yo'nalishi bo'yicha tarqalayotgan yassi to'liq tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$y = A \cdot \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \quad (1)$$

Bunda y - koordinatasi x ga teng bo'lgan nuqtadagi zarrachaning muvozanat vaziyatdan istagan t vaqtdagi siljish kattaligini ifodalaydi, A - tebranish amplitudasi, v - to'liqning berilgan muhitdagi tarqalish tezligi. To'liqning bir tebranish davri T oralig'ida tarqalgan masofa (λ) to'liq uzunligi deyiladi. Ular orasidagi bog'lanish quyidagi formuladan topiladi:

$$\lambda = v \cdot T \quad (2)$$

T ni $\frac{1}{\nu}$ (ν -chastota) bilan almashtirib (2) tenglikni quyidagicha yozish mumkin:

$$\nu = \lambda \cdot \nu \quad (3)$$

Ifoda (1) da $\omega = \frac{2\pi}{T}$ va $\lambda = \nu \cdot T$ ekanini hisobga olsak, to'liq tenglamasi

$$y = A \cdot \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \quad (4)$$

ko'rinishga keladi.

Bu ifodadagi kosinusning argumenti $2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ koordinatasi X bo'lgan nuqtadagi tebranishda ishtirok etayotgan zarraning t vaqtda erishgan tebranish fazasini ifodalaydi.

Agar berilgan muhitda bir vaqtning o'zida bir necha to'liqlar tarqalayotgan bo'lsa, elastik muhitni tashkil qiluvchi istalgan zarraning harakati to'liqlarni hosil qilayotgan hamma tebranma harakatlarning geometrik yig'indisidan iborat bo'ladi.

Agar tarqalayotgan to'liqlarning muhitda hosil qilayotgan tebranishlari bir xil yo'nalishga ega bo'lib, ular bir xil fazali bo'lsa yoki vaqt o'tishi bilan fazalarning farqi o'zgarishsiz qolsa, bunday to'liqlar kogerent to'liqlar deyiladi.

Chastotalari bir xil bo'lgan to'liqlarning o'zaro qo'shilishi natijasida muhitning ba'zi nuqtalarida tebranishlar bir-birini susaytiradi yoki kuchaetiradi. Bu hodisaga interferentsiya hodisasi deyiladi, interferentsiya hodisasini turg'un to'liq misolida yaqqol ko'rish mumkin.

Amplitudalari va chastotalari bir xil bo'lgan ikki yassi to'liq bir-biriga qarab harakatlanganda, ularning qo'shilishidan turg'unlar va do'ngliklardan iborat natijaviy tebranma harakat hosil bo'ladi va unga turg'un to'liq deyiladi.

Faraz qilaylik, o'qining musbat yo'nalishi bo'yicha yassi to'liq tarqalayotgan bo'lsa, u o'z yo'nalishida perpendikulyar tarzida joylashgan to'siqqa duch kelsa, undan orqasiga o'qining manfiy yo'nalishi bo'yicha qaytadi.

x-o'qi bo'yicha oldinga boruvchi va orqaga qaytuvchi to'liqlarning tenglamalarini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$y_1 = A \cdot \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right), \quad y_2 = A \cdot \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \quad (5)$$

(5) formuladan ko'rinib turibdiki, bu to'liqlarning o'qining istalgan nuqtasida vujudga kelayotgan tebranish fazalarining ayirmasi vaqtga bog'liq emas. Demak, to'liqlar kogerentdir. Ular o'zaro qo'shilib turg'un to'liqni hosil qiladi.

Turg'un to'liq tenglamasini topish uchun (5) sistemadagi ifodalarni o'zaro qo'shamiz:

$$y = y_1 + y_2 = A \cdot \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + A \cdot \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) = 2A \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \cos \omega \cdot t$$

Tenglamalardan turg'un to'liq chastotasi tarqalayotgan to'liq chastotasi bilan bir xil bo'lishini ko'ramiz.

Amplituda $2A \cdot \cos 2\pi \frac{x}{\lambda}$ esa vaqtga bog'liq bo'lmaydi, siljish x ga bog'liq ekan, $\left| \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \right| = 1$ shartni qanoatlantirgan nuqtalarda tebranish amplitudasi 2A ga teng bo'ladi. Bu nuqtalar turg'un to'liqning do'ngliklari deb ataladi.

Yuqoridagi shart bajarilishi uchun $2\pi \frac{x}{\lambda} = \pm n\pi$ bo'lishi kerak $n = 0, 1, 2, 3, \dots$. Bunday do'ngliklarning koordinatalari uchun

$$x = \pm n \frac{\lambda}{2} \quad (7)$$

($n = 0, 1, 2, 3, \dots$) ifodani hosil qilamiz. (7) ifodaga asosan ikki qo'shni do'nglik orasidagi masofani quyidagicha aniqlaymiz:

$$\ell = x_{n+1} - x_n = (n+1)\frac{\lambda}{2} - n\frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2} \quad (8)$$

(6) ifodada $\cos 2\pi \frac{x}{\lambda} = 0$ bo'lsa, turg'un to'lqin amplitudasi nolga teng bo'ladi. Bu

nuqtalarga tugunlar deyiladi. Buning uchun esa $2\pi \frac{x}{\lambda} = \pm(2n+1)\frac{\lambda}{2}$, ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$) shart bajarilishi kerak, bundan tugunlarning koordinatalari uchun quyidagi ifodani aniqlaymiz:

$$x = \pm(2n+1)\frac{\lambda}{4} \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots) \quad (9)$$

(9) ifodaga asosan ikki qo'shni tugunlar orasidagi masofa quyidagiga teng:

$$\ell = x_{n+1} - x_n = [2(n+1)+1]\frac{\lambda}{4} - (2n+1)\frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2} \quad (10)$$

Demak, istalgan ikki qo'shni tugunlar orasidagi masofa ikki qo'shni do'ngliklar orasidagi masofaga teng ekan.

Turg'un to'lqin hosil bo'lish grafik usulida quyidagicha tasvirlash mumkin.

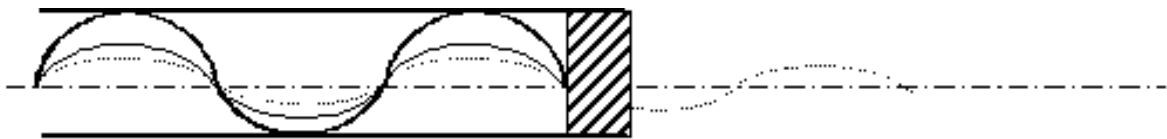
x-o'qining musbat yo'nalish bo'yicha havoda tarqalayotgan to'lqin, nisbatan zichligi katta bo'lgan to'siqdan qaytganda o'z fazasini 180° ga o'zgartiradi. Bu esa yarim to'lqin uzunligi chegarasida yuz beradi. Shuning uchun ham qaytishda yarim to'lqin uzunligi yo'qoladi.

Grafik tarzida qaytgan to'lqinni chizish uchun x o'qining musbat yo'nalishi bo'yicha tarqalayotgan (15-rasmda ingichka chiziq) to'lqinni hayolan to'siq davomida yana masofaga $\frac{\lambda}{2}$ davom ettirib (BC oraliq), shu uzunlikni mutlaqo yo'q deb hisoblab, (C va B nuqtalar ustiga tushadi deb qarab) qolgan qismini (C nuqtadan davomini) 180° ga burish kerak. (10a-rasm punktir chiziq).

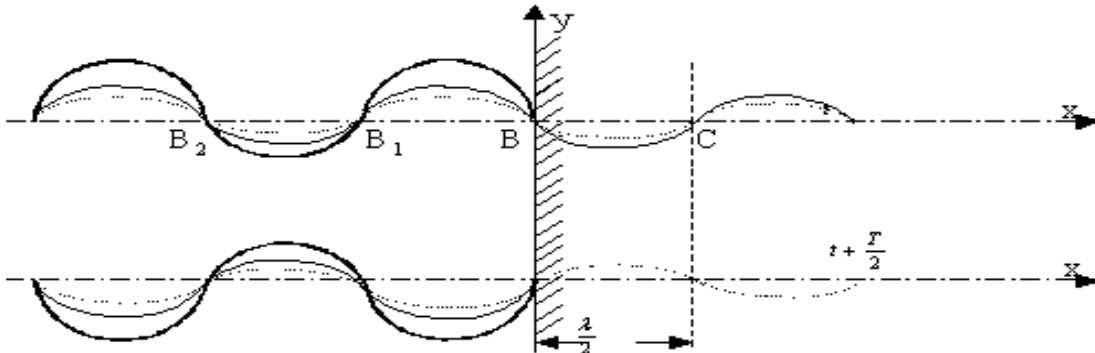
10a-rasmda bir-biridan yarim davirga ($\frac{T}{2}$) farq qiluvchi to'lqinlarning to'siqqa uchrab qaytishidan turg'un to'lqin hosil qilish manzarasi tasvirlangan.

Rasmda ingichka chiziq bilan to'siqqa tushuvchi, punktir bilan undan qaytuvchi, qalin chiziq bilan esa turg'un to'lqin tasvirlangan. Shuningdek,

10b-rasmda B, B₁, B₂ nuqtalar turg'un to'lqinning tugunlari bo'lib, amplitudaning maksimal qiymatiga to'g'ri kelgan nuqtalar esa do'nglikni xarakterlaydi.



10a-rasm



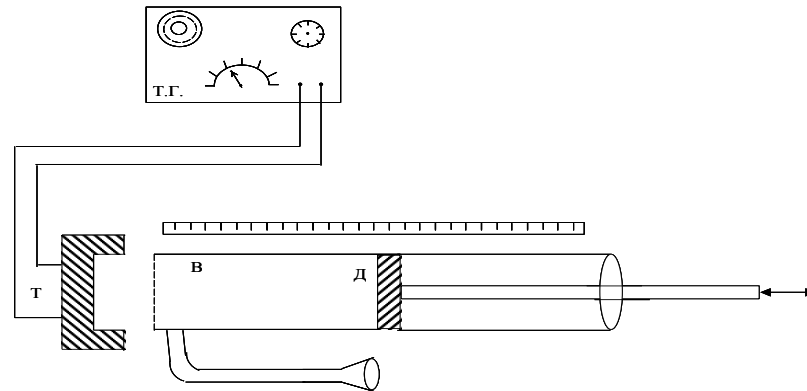
10b-Rasm.

Asbobning tuzilishi va ish usuli.

Davriy ravishda o'zgaruvchi tashqi kuch ta'sirida sistemaning oladigan tebranishiga majburiy tebranish deyiladi.

Tashqi kuchning o'zgarish chastotasi sistemaning xususiy tebranish chastotasiga yaqin bo'lganda tebranish amplitudasi keskin ortadi. Bu hodisa mexanik rezonans deyiladi.

Tovush to'lqinlarida yuz beradigan rezonansga akustik rezonans deyiladi.



11-Rasm.

Akustik rezonans hosil qilish uchun bir tomoni ochiq ikkinchi tomoni elastik porshen bilan berkitilgan shisha nayga generatorda hosil qilingan tovush to'lqinlari uzluksiz ravishda yo'naltirib turiladi. Bu to'lqin porshendan bir necha marta qaytish natijasida turg'un to'lqin hosil bo'ladi. Bu vaqtda naydagi havo ustuni ham turg'un to'lqin chastotasiga mos ravishda tebrana boshlaganda akustik rezonans yuz beradi: ya'ni turg'un to'lqin do'ngliklariga to'g'ri kelgan yerda tovushning kuchayishini, tugunlarida esa tovushning pasayishini eshitamiz.

Agar porshenli shisha nayning ochiq uchidan o'ngga surib borsak, tovushning har galgi kuchayishini havo ustuni uzunligining $L = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$) teng bo'lgan qiymatlarida yuz berishini payqaymiz. Bu shart bajarilmagan hollarda do'ngliklardagi amplituda A dan kichik bo'lib, tovush kuchsiz eshitiladi.

Bu ishning qurilmasi qo'zg'aluvchi Д porshenli B shisha naydan, tovush generatori-TГ, telefon-T dan iborat (11-rasm).

Ishni bajarish uchun generatorda aniq chastotali tovush to'lqini tanlab olinadi. Shu tovush uchun ikkita ketma-ket tovushning baland chiqqan holatlari orasidagi masofa o'lchanadi. Bu masofa $\frac{\lambda}{2}$ ga teng. Shunga asosan to'lqin uzunlik aniqlanib, so'ng(3) formuladan tovushning havodagi tarqalish tezligi hisoblanadi.

Ish bajarish tartibi.

1. Tovush generatorini zanjirga ulab, kerak bo'lgan chastota tanlab olinadi masalan, 2000 Hz Buning uchun generator shkalasining ko'rsatkich chizig'i 2000 Hz ga diapazon pereklyuchatel esa 0-5kHz o'rnatilishi kerak.

2. Harakatlanuvchi porshenni bir tomonga surish bilan tovush maksimaleshtilgan sterjenning vaziyati aniqlanadi. Bu vaziyat rezonans sodir bo'lgan maksimumning o'rnini belgilaydi. Chizg'ichda ko'rsatilgan shkala yordami bilan birinchi maksimum uchun havo ustunining uzunligi L_1 , ya'ni shisha naying ochiq uchidan porshengacha bo'lgan masofa yozib olinadi.

3. Shu tariqa ikkinchi, uchinchi va undan keyingi maksimumlar uchun tegishli havo ustuning uzunligi L_1, L_2, L_n lar aniqlanadi.

4. Ikki qo'shni maksimumlar orasidagi masofa $L_2 - L_1$ yoki $L_3 - L_2$ va hokozo, yarim to'lqin uzunligiga teng, ya'ni $L_n - L_{n-1} = \frac{\lambda}{2}$. Bunda λ ni hisoblab, berilgan chastota uchun uning o'rtacha qiymati topiladi.

5. Yuqoridagi tajriba 2500 Hz va 3000 Hz chastotalar uchun ham takrorlanib, to'lqin uzunligi aniqlanadi.

6. Tovush tezligini uy haroratidagi qiymati ν har chastota uchun $\nu = \lambda \cdot \nu$ formuladan hisoblanib, ulardan o'rtacha qiymat quyidagicha aniqlanadi:

$$\langle \nu \rangle = \frac{\nu_1 + \nu_2 + \nu_3}{3}$$

7. So'ngi tovushning 0°C dagi tezligi $\nu_0 = \frac{\nu}{\sqrt{1 + 0,004t}}$ formuladan hisoblanadi.

Bunda t -honaning harorati.

O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

ν Gts	N	L (m)	λ (m)	$\langle \lambda \rangle$ (m)	ν (m/c)	$\langle \nu \rangle$ (m/c)	$\Delta \nu$ (m/c)	$\langle \Delta \nu \rangle$ (m/c)	$\frac{\langle \Delta \nu \rangle}{\langle \nu \rangle} \cdot 100\%$
2000									
2500									
3000									

Sinov savollari.

1. To'lqin deb nimaga aytiladi.
2. Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlarni tushuntiring.
3. To'lqin tenglamasini yozing.
4. To'lqinning tarqalish tezligi to'lqin uzunligiga qanday bog'langan.
5. To'lqin interfrentsiyasi deb nimaga aytiladi va bu hodisa qanday to'lqinlarda yuz beradi.
6. Turg'un to'lqin deb nimaga aytiladi. Turg'un to'lqin hosil bo'lish jarayonini tushuntiring.
7. Mexanik rezonans hodisasini tushuntiring. Rezonans hodisasini bu ishga dahildorligini izohlang.
8. Akustik rezonans yordamida to'lqin uzunligini aniqlash usulini

4 - LABORATORIYA ISHI

MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA JISMNING ERKIN TUSHISH TEZLANISHINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: matematik mayatnik yordamida jismlarning erkin tushish tezlanishini aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: sekundomer, chizg'ich, shtangentsirkul.

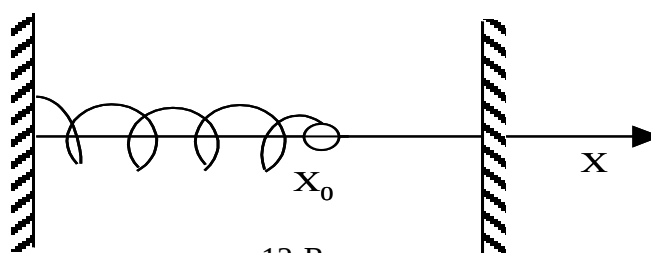
Nazariy qism

O'zining ma'lum darajada takrorlanuvchanligi bilan farq qiluvchi harakatlarga tebranma harakatlar deyiladi.

Tebranma harakatlarga misol qilib, soat mayatnigining harakati, cholg'u asbobidagi torning tebranishi, tebranish konturidagi tok kuchining vaqt o'tib borishi bilan o'zgarishi va boshqalarni keltirish mumkin.

Ushbu laboratoriya ishida faqat mexanik tebranma harakatlar hakida so'z yuritiladi. Faraz qilaylik, 12-rasmda ko'rsatilganidek ikki devor orasidagi sterjenga sharcha o'rnatilgan bo'lib, sharcha o'z navbatida prujina orqali devorga bog'langan bo'lsin.

Sharchaning muvozanat vaziyatini X o'qining X_0 nuqtasida deb olaylik. Agar sharchani muvozanat vaziyatidan biror masofaga siljitib, so'ngra qo'yib yuborsak, sharcha o'zining muvozanat vaziyatiga nisbatan goh bir tomonga, goh ikkinchi tomonga siljib tebranma harakatda ishtirok eta boshlaydi. Bu harakatni formula tarzida ham ifodalash mumkin. Umuman, mexanik tebranma harakat formulasi deganda tebranma harakatda ishtirok etayotgan jismning istalgan vaqtda o'zining muvozanat vaziyatidan qaysi tomonga va qancha masofaga siljiganligini ifodalovchi matematik tenglamani tushunamiz. Biz kuzatayotgan harakatda sharcha bilan sterjen orasida va sharcha bilan havo orasida qarshilik kuchlari mutlaqo yo'q deb faraz qilsak, sodir bo'lgan tebranma harakat formulasini quyidagicha yozish mumkin:



12-Rasm.

$$x = A \cdot \cos(\omega t + \alpha) \quad (1)$$

Bunda -sharchaning istalgan vaqtdagi siljish masofasi, A -siljish masofasining eng katta qiymati-tebranish amplitudasi, ω - tebranishning doiraviy chastotasi, t -vaqt va α -tebranishning boshlang'ich fazasi.

Kuzatilayotgan fizik kattalikning qiymati (misol uchun sharchaning muvozanat vaziyatidan siljish masofasi, mayatnikning og'ish burchagi va hokazo) vaqt o'tishi bilan sinusoida yoki kosinusoida qonuni asosida o'zgarib tursa, bunday harakatga garmonik tebranma harakat deb ataladi.

Tebranma harakatni xarakterlash uchun yana quyidagi fizik kattaliklardan foydalaniladi. T -tebranish davri, bu kattalik tebranma harakatda ishtirok etayotgan jismning bir marta to'la tebranishi uchun ketgan vaqtni ifodalaydi, ν -tebranish chastotasi bo'lib, bir sekund vaqt oraligida to'la tebranishlar sonini ko'rsatadi.

Cho'zilmaydigan, vaznsiz ip va unga osilgan sharsimon jismdan iborat sistemaga matematik mayatnik deyiladi. Keltirilgan ta'rif ideallashtirilgan ta'rifdir. Chunki tabiatda vaznga ega bo'lmagan va kuch ta'sirida cho'zilmaydigan ipni topish mumkin emas. Shuningdek, har qanday jism massasi chekli hajmda ma'lum qonuniyat asosida taqsimlanadi. Lekin, amalda, uzun ingichka ipga osilgan kichik hajmdagi og'irroq sharchadan iborat sistemani matematik mayatnik deb olish mumkin. Agar matematik mayatnikni 13-rasm muvozanat vaziyatidan

chiqarilsa, u og'irlik kuchining P_t tashkil etuvchisi ta'sirida o'zining muvozanat vaziyatiga intiladi.



13-Rasm.

Yuqoridagi fizik mayatnikka tatbiq etilgan amallarni matematik mayatnikka qo'llasak, og'ish burchagi kichik bo'lganda matematik mayatnik harakati ham garmonik tebranishdan iborat ekanini aniqlaymiz, ya'ni:

$$\varphi = \varphi_0 \cos(\omega t + \alpha) \quad (2)$$

Matematik mayatnikning aylanish markaziga nisbatan inertsia momenti $I = m\ell^2$ ekanini e'tiborga olsak, (9) ifodadan foydalanib, matematik mayatnikning to'la tebranish davri uchun quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (3)$$

Demak, matematik mayatnik fizik mayatnikning xususiy holi ekan. Yuqoridagi (3) ifodadan matematik mayatnikning tebranish davri mayatnik uzunligi va erkin tushish tezlanishiga bog'liq bo'lib, tebranish amplitudasi hamda sharcha massasiga bog'liq emasligini ko'ramiz. (3) ifodadan erkin tushish tezlanish uchun quyidagi formulani keltirib chiqaramiz:

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} \quad (4)$$

Bunda $\ell = \ell_0 + \frac{d}{2}$ bo'lib, ℓ_0 -ipning uzunligi, d- sharchaning diametri.

Ish bajarish tartibi.

1. Barabanni aylantirib, sharchani $\ell_0 = 70$ sm ga tushiramiz (ℓ_0 -uzunlik osilish nuqtasidan sharcha sirtigacha olinadi).
2. Shtangentsirkul yordamida sharcha diametrini o'lchab, $\ell = \ell_0 + \frac{d}{2}$ dan mayatnik uzunligi aniqlanadi.
3. Sekundomer yordamida matematik mayatnikning olingan uzunlik uchun 20 ta to'la tebranish vaqti aniqlanib, tebranish davri hisoblanadi.
4. Uzunliklarning 80 sm, 100 sm qiymatlari uchun tajriba aynan takrorlanadi va bu uzunliklarga mos bo'lgan davrlar hisoblanadi.
5. (4) formuladan og'irlik kuchining tezlanishi hisoblanadi.

O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

N ^o	ℓ (m)	n	t (s)	T (s)	g (m/s ²)	$\langle g \rangle$ (m/s ²)	Δg (m/s ²)	$\langle \Delta g \rangle$ (m/s ²)	$\frac{\langle \Delta g \rangle}{\langle g \rangle} \cdot 100\%$
1									
2									
3									
4									

Sinov savollari

1. Tebranma harakat deb qanday harakatga aytiladi.
2. Garmonik tebranma harakat deb qanday tebranishga aytiladi.
3. Garmonik tebranma harakat tenglamasini yozing.
4. Fizik mayatnik deb nimaga aytiladi.
5. Matematik mayatnik deb nimaga aytiladi.
6. Fizik va matematik mayatniklarinng tebranish davrining formulalarini keltirib chiqaring.
7. Fizik mayatnik inertsia momentini aniqlash formulasini yozib tushuntiring.
8. Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash formulasini keltirib chiqaring.
tushuntiring.

5- LABORATORIYA ISHI

SUYUQLIKLARNING ICHKI ISHQALANISH KOEFFITSIYENTINI STOKS USULI BILAN ANIQLASH

Ishning maqsadi: Stoks usuli-suyuqlik ichida tik yo'nalishda harakatlanuvchi sharchaga ta'sir etuvchi kuchlarning muvozanat sharti asosida suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: uzunligi 100-150 sm va diametri 5-10 sm bo'lgan silindirik shisha idish: tekshiriladigan suyuqlik, kichik qo'rg'oshin va metall sharchalar,sekundomer, chizig'ich.

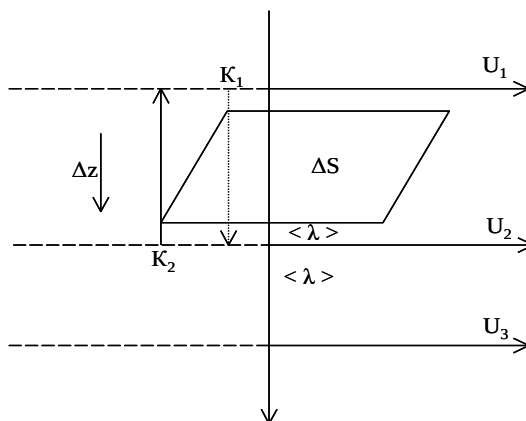
Nazariy qism

Har qanday suyuqliklarning bir qatlami ikkinchi qatlamiga nisbatan harakatlanganda ular orasida ishqalanish kuchlari hosil bo'ladi. Tezroq harakat qilayotgan qatlamga tezlashtiruvchi kuch ta'sir etsa, aksincha sekinroq harakat qilayotgan qatlam tomonidan tezroq harakat qilayotgan qatlamga sekinlantiruvchi kuch ta'sir etadi.

Bu kuch o'zaro harakatlanuvchi suyuqlik qatlamlarining sirtiga urinma ravishda yo'nalgan bo'ladi.

Tajribalar ishqalanish kuchi tekshirilayotgan qatlamlar yuzasiga va qatlamlar orasida tezlikning qanchalik tez o'zgarishiga bog'lik ekanini ko'rsatadi.

Bir-biridan ΔZ masofada bo'lgan ikki qatlam mos ravishda U_1 va U_2 tezliklar bilan oqayotgan bo'lsa, (14-rasm) tezliklar farqi $\Delta U = U_1 - U_2$ bo'ladi. Qatlamlar orasidagi masofa oqish tezligiga tik yo'nalishda olinadi. Bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o'tganda tezlikning qanchalik tez o'zgarishini ko'rsatuvchi kattalikga $N_u = \Delta U / \Delta Z$ tezlik gradienti deyiladi. Demak tezlik gradienti oqish tezligiga tik yo'nalishda birlik qatlamda tezlikning o'zgarishiga teng ekan. Gradient tezlikning ortish yo'nalishida olinadi.



14-Rasm.

Nyuton ichki ishqalanish kuchi F , tezlik gradienti N_u va ishqalanuvchi qatlamlar yuzasi ΔS ga proporsional bo'lishini ko'rsatdi, ya'ni:

$$F = \eta \left| \frac{\Delta U}{\Delta Z} \right| \cdot \Delta S \quad (1)$$

Suyuqlikning xususiyatiga bog'liq bo'lgan kattalik η suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsienti yoki yopishqoqlik koeffitsienti deyiladi.

Formula (1) dan

$$\eta = \frac{F}{\frac{\Delta U}{\Delta Z} \Delta S} \quad (2)$$

Bunda $\Delta S = 1$ va $N_u = 1$ desak $\eta = F$ bo'ladi.

Demak ichki ishqalanish koeffitsienti qiymat jihatidan tezlik gradienti bir birlikka teng bo'lganda birlik yuzada hosil bo'lgan ichki ishqalanish kuchiga teng bo'lar ekan. Ichki

ishqalanish ko'effitsiyentining birligi qilib SGS sistemada Puaz qabul qilingan. 1 Puaz = 1gr/syk sm.

SI sistemasida ichki ishqalanish ko'effitsiyentining birligi

Suyuqliklarning ichki ishqalanish ko'effitsenti suyuqlik tabiatiga bog'liq bo'lib, haroratning ortishi bilan kamayadi.

$$\frac{n \cdot s}{m^2} = \frac{\kappa g}{m \cdot s}$$

Asbobning tuzilishi va ish uslubi

Agar jism r-radiusli sharcha ko'rinishda bo'lib, suyuqlik ichida o'z ketida hech qanday uyurmalar hosil qilmay tushsa (sharchaning o'lchami va tezligi kichik), Stoks qonuniga ko'ra, unga ishqalanish tufayli quyidagi kuch tasir etadi:

$$F = 6\pi\eta\nu r \quad (1)$$

Bunda r -sharchaning radiusi, ν -sharchaning barqarorlashgan harakat tezligi, η - muhitning ichki ishqalanish ko'effitsenti yoki qovushoqlik ko'effitsenti.

Suyuqlik ichida tushayotgan sharchaga vertikal bo'ylab uchta kuch ta'sir qiladi:

1. Pastga yo'nalgan og'irlik kuchi:

$$P = mg = \rho Vg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g \quad (2)$$

bunda r-sharchaning radiusi: ρ -sharchaning zichligi: g-erkin tushish tezlanishi.

2. Yuqoriga yo'nalgan ko'tarish kuchi: Arximed qonuniga asosan sharcha siqib chiqargan suyuqlikning og'irlik kuchiga teng.

$$F_A = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_0 g \quad (3)$$

bunda ρ_0 -suyuqlikning zichligi.

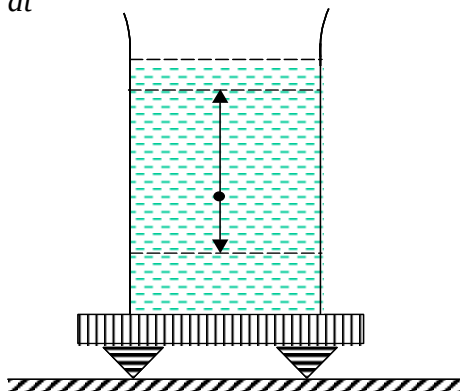
3. Sharchaning harakatiga teskari ya'ni yuqoriga yo'nalgan qarshilik kuchi - Stoks kuchi ta'sir qiladi. $F = 6\pi\eta\nu r$. Demak sharchaga ta'sir qiluvchi kuchlar bir to'g'ri chiziq bo'ylab, ya'ni og'irlik kuchi pastga suyuqlikning ko'tarish kuchi va qarshilik kuchlari yuqoriga yo'naladi (15-rasm). Bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$R = P - (F + F_A) \quad (4)$$

Sharchaning suyuqlik ichidagi harakatini ikki bosqichga ajratish mumkin. Birinchi bosqichda sharcha tezlanuvchan harakat qilib, bu harakat davomida sharchaga ta'sir qiluvchi kuchlarning teng (4-formulaga qarang) ta'sir etuvchisi R kamaya boradi. Chunki sharchaning harakat tezligi ortishi bilan uning harakatiga qarama-qarshi yo'nalgan F qarshilik (Stoks) kuchi ham ortib boradi. Birinchi bosqichda sharchaning harakat tenglamasini Nyutonning 2 qonuniga asosan quyidagicha yoziladi.

$$m \frac{dv}{dt} = P - F_A - F \quad (5)$$

bunda m-sharchaning massasi, $\frac{dv}{dt}$ sharchaning tezlanishi.



15-Rasm.

Ikkinchi bosqichda: vaqtning biror paytidan boshlab kuchlarning teng ta'sir etuvchisi $R=0$ bo'ladi. Ya'ni, ko'taruvchi kuch bilan qarshilik kuchi qo'shilib og'irlik kuchini muvozanatlaydi. Natijada sharcha tezlanishsiz tekis harakat qiladi. U holda (5) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{F} = 0 \quad (6)$$

(6) dagi P -og'irlik, F_A -Arximed va F - Stoks kuch vektorlari bir to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalganligi uchun ularning skalyar ko'rinishdagi ifodasi ham shunday bo'ladi:

$$P - F_A - F = 0 \quad (7)$$

(1), (2) va (3) lardan P, F_A va F kuchlarning ifodalarini (7) ga qo'ysak, quyidagi:

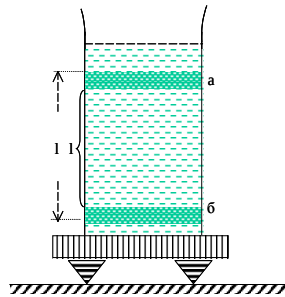
$$\frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho - \rho_0) - 6\pi\eta v r = 0$$

tenglamani olamiz va bundan η - ichki ishqalanish koeffitsiyentini aniqlaymiz

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{(\rho - \rho_0)}{v} g r^2 \quad (8)$$

Sharcha diametri $d=2r$ va $v = \frac{\ell}{t}$ bo'lgani uchun:

$$\eta = \frac{1}{18} (\rho - \rho_0) \frac{d^2 t}{\ell} g \quad (9)$$



16-Rasm.

bo'ladi. (9) formuladagi ρ, ρ_0, g va ℓ lar o'zgarmas kattaliklar bo'lgani uchun

$$C = \frac{1}{18} (\rho - \rho_0) \frac{g}{\ell} \quad (9a)$$

deb belgilaymiz. Natijaviy formulamiz quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\eta = C d^2 t \quad (10)$$

Ichki ishqalanish koeffitsiyentini Stoks usulida aniqlashda ishlatiladigan qurilma (16-rasm) diametri 5-10 sm, uzunligi 60-80 sm bo'lgan shisha idishdan iborat, unga tekshiriladigan suyuqlik: kastor moyi gilitserin quyiladi va vertikal o'rnatiladi. Silindr devorida "a" va "b" belgilar qo'yilgan bo'lib, ular orasidagi masofa ℓ ga teng. Bu oraliqda kuchlar muvozanatda bo'lib, sharcha tekis harakat qiladi. Sharcha silindrning vertikal o'qi bo'ylab harakatlanishi uchun idish og'ziga voronka qo'yiladi.

Ishni bajarish tartibi

1. Mikrometr yoki shtangentsirkul yordamida sharchaning diametri 0,01mm aniqlik bilan o'lchanadi.
2. Uni silindr ichiga tushirib "a" va "b" belgilar orasidagi masofadan o'tish vaqti t o'lchab olinadi.
3. "a" va "b" belgilar orasidagi masofa 1 mm aniqlik bilan o'lchanadi.
4. Shunday usul bilan tajriba kamida 5-10 ta sharcha bilan takrorlanadi.
5. Tajriba natijalarini (10) formulaga qo'yib, ichki ishqalanish koeffitsenti η aniqlanadi. Topilgan natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

№	ρ kg/m ³	ρ_0 kg/m ³	ℓ m	d m	d^2 m ²	t s	η kg/m·s	$\langle \eta \rangle$	$\Delta \eta$	$\langle \Delta \eta \rangle$	$\frac{\langle \Delta \eta \rangle}{\langle \eta \rangle} \cdot 100\%$
1											
2											
3											

Sinov savollari

1. Qovushoqlik yoki ichki ishqalanish qanday yuzaga keladi.
2. Tezlik gradientiga ta'rif bering.
3. Ichki ishqalanish koeffitsiyentini qanday ifoda bilan aniqlanadi.
4. Sharcha suyuqlikda harakatlanganda unga qanday kuchlar ta'sir qiladi.
5. Qanday shart bajarilganda sharcha to'g'ri chiziqli tekis harakat qiladi.

6- LABORATORIYA ISHI

ELEKTROSTATIK MAYDONNI TAJRIBADA O'RGANISH

Ishdan maqsad: Ma'lum shakldagi elektrod o'tkazgich atrofida hosil bo'ladigan elektr maydon tabiatini o'rganish.

Kerakli asbob va buyumlar: Suv solingan vanna, turli shakldagi elektrodlar, potentsiometr, o'zgarmas tok manbai, voltmeter, galvanometr.

NAZARIY QISM

Har qanday elektr zaryad o'z atrofida elektr maydoni hosil qiladi. Agar zaryad tinch holatda bo'lsa uning hosil qilgan maydoni elektrostatik maydon deyiladi. Bu maydon vositasida zaryadlar o'zaro ta'sirlashadi. Zaryadlarning o'zaro ta'sirlashish kuchini Kulon qonuni asosida aniqlash mumkin. Kulon qonuni quyidagicha ta'riflanadi: "Vakuumda joylashgan ikkita nuqtaviy q_0 va q zaryadning o'zaro ta'sir kuchi har bir zaryad kattaligiga to'g'ri mutanosib, ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari mutanosib bo'lib, uning yo'nalishi zaryadlarni birlashtiruvchi to'g'ri chiziq bilan ustma-ust tushadi".

Halqaro birliklar sistemasi (SI) da Kulon qonuni quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0 q}{r^2} \quad (1)$$

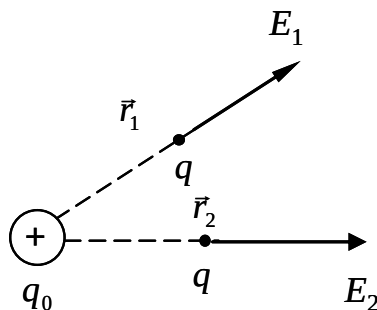
bu yerda r - zaryadlar orasidagi masofa, q_0 va q -mos ravishda birinchi va ikkinchi nuqtaviy zaryadlarning miqdorlari, ϵ_0 elektr doimiysi bo'lib, uning qiymati $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ ga teng. (1) ning vektor ko'rinishdagi ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0 q}{r^2} \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|} \quad (1')$$

Elektrostatik maydonning ta'sir darajasini xarakterlash uchun maydon kuchlanganligi va maydon potentsiali deb nomlangan fizik kattaliklardan foydalaniladi. Jumladan, elektrostatik maydon kuchlanganligi shu maydonning biror nuqtasiga kiritilgan birlik musbat zaryadga ta'sir qiluvchi kuch miqdori bilan o'lchanuvchi kattalikdir, ya'ni

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (2)$$

Kuchlanganlik vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi maydonning har bir nuqtasida shu nuqtaga joylashtirilgan musbat sinov zaryadi q ga ta'sir qilayotgan kuch yo'nalishiga mos keladi (17-rasm). (1) formuladan kuch qiymatini (2) ifodaga qo'yib, nuqtaviy q_0 zaryad maydonining shu zaryaddan r_1 va r_2 uzoqlikdagi nuqtalarda hosil qilgan maydon kuchlanganligini aniqlaymiz (17-rasm). Har bir nuqta uchun maydon kuchlanganligi mos ravishda



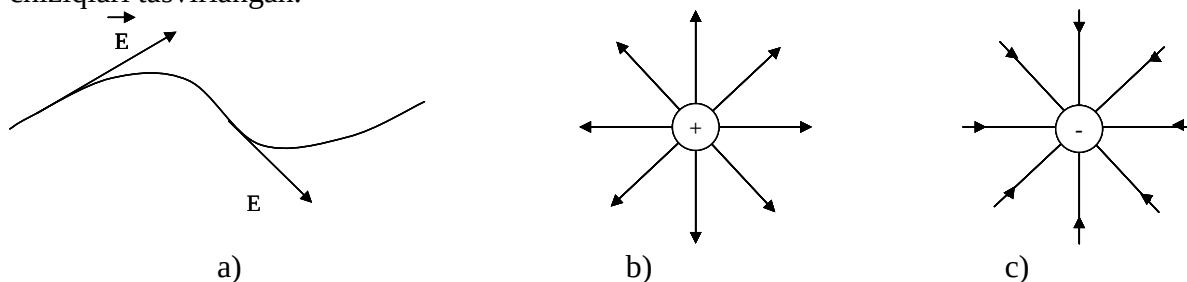
17-Rasm.

$$\vec{E}_1 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_1^2} \frac{\vec{r}_1}{|\vec{r}_1|}; \quad \vec{E}_2 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_2^2} \frac{\vec{r}_2}{|\vec{r}_2|}; \quad (3)$$

bo'ladi. Shunday qilib, nuqtaviy q_0 zaryad hosil qilgan elektrostatik maydonning muayyan nuqtadagi kuchlanganligi shu zaryad miqdoriga to'g'ri proporsional, bu nuqta bilan zaryadorasidagi masofa r ning kvadratiga teskari proporsional bo'lar ekan.

Elektrostatik maydonni har bir nuqta uchun vektorning kattaligi va yo'nalishini ko'rsatish bilan belgilash mumkin.

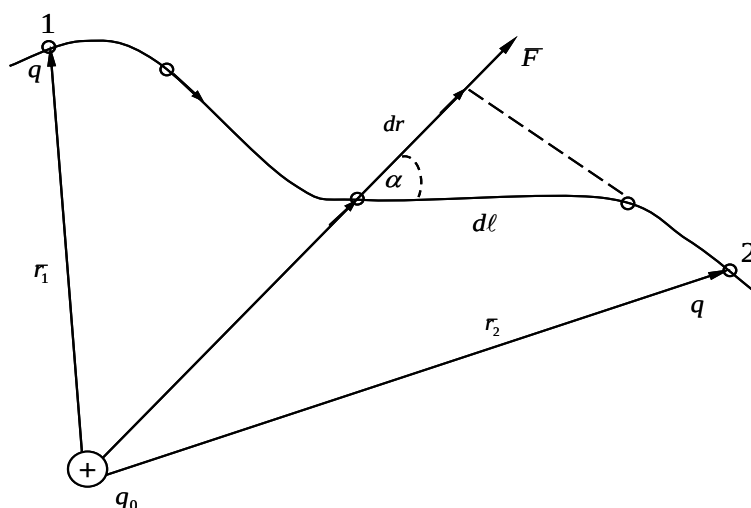
Elektrostatik maydonni grafik usul bilan kuchlanganlik chiziqlari yordamida tasvirlash alohida o'rin tutadi. Elektrostatik maydonning kuchlanganlik chiziqlari shunday tanlanadiki, ularning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma maydonning shu nuqtadagi kuchlanganlik vektori bilan ustma-ust tushadigan chiziqlar turkumiga mos kelsin (18a-rasm). Kuchlanganlik vektori yo'nalishi musbat zaryaddan chiqadi, manfiy zaryadga tushadi, deb qabul qilingan. Misol tariqasida (18b-rasm) musbat ishorali, (18c-rasm) manfiy ishorali nuqtaviy kuchlanganlik chiziqlari tasvirlangan.



18-Rasm.

Elektrostatik maydonning ikkinchi asosiy xarakteristikasi maydon potentsialidir. Biror nuqtaviy q_0 zaryad hosil qilgan maydonning ixtiyoriy nuqtasiga ikkinchi q zaryad kiritilgan bo'lsin. Tabiiyki, bu zaryadga asosiy q_0 zaryadning maydoni vositasida biror $\vec{F}$ kuch ta'sir qiladi. Shu kuch ta'sirida q zaryad maydonning dastlabki bir nuqtasidan biror traektoriya bo'ylab ikkinchi nuqtasiga ko'chishi mumkin. Bunda ma'lum miqdorda A ish bajariladi. Bu ishning kattaligini aniqlash maqsadida q zaryadning ko'chish traektoriyasini bo'lakchalarga bo'lamiz. Uzunligi $d\ell$ ga teng bo'lgan har bir elementar yo'lda bajarilgan ishni quyidagicha aniqlaymiz (27-rasm).

$$dA = Fd\ell \cos \alpha = Fdr \quad (4)$$



19-Rasm.

Ko'chuvchi zaryadning dastlabki 1-holatini r_1 -radius vektor bilan, so'ngi 2-holatini r_2 -radius vektor bilan belgilab, q zaryadning 1-holatdan 2-holatga o'tishidagi umumiy bajarilgan ish miqdorini aniqlaymiz. Buning uchun Kulon qonuni formulasidan foydalanib (4) ifodani r_1 va r_2 interval oralig'ida integrallaymiz:

$$A_{12} = \int_1^2 dA = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r_1} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r_2} \quad (5)$$

Bu ifodani olishda q_0 zaryadni qo'zg'almas deb hisoblanadi. (5) ifodadan ko'rinadiki, bajarilgan ish q zaryadning maydonda bosib o'tgan yo'lga bog'liq bo'lmay, faqat uning boshlang'ich va oxirgi holatlari (r_1 va r_2) ga bog'liq ekan.

Agar bajarilgan ish o'tilgan yo'l shakliga emas, balki bu zaryadning boshlang'ich va oxirgi vaziyatiga bog'liq bo'lsa, bunday maydon potentsial maydon deyiladi. Demak qo'zg'almas q_0 zaryad hosil qilgan elektrostatik maydon potentsial maydon ekan. Bu maydonda q zaryadga ta'sir qiluvchi kuchlar potentsial kuchlar deyiladi.

Potentsial maydonda joylashgan q zaryad turli 1 va 2 nuqtalarda W_1 va W_2 potentsial energiyaga ega bo'ladi. Demak, maydon kuchlari q zaryadning boshlang'ich 1 va oxirgi 2 vaziyatidagi potentsial energiya miqdorining kamayishi hisobiga ish bajaradi:

$$A_{12} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r_1} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r_2} = W_1 - W_2 \quad (6)$$

Bu yerda W_1 va W_2 mos ravishda q zaryadning maydonning 1-va 2-nuqtalaridagi potentsial energiyasidir:

$$W_1 = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r_1}, \quad W_2 = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r_2} \quad (7)$$

q zaryad potentsial energiyasining shu q zaryad miqdoriga nisbati asosiy zaryad maydonning muayyan nuqtasi uchun o'zgarmas kattalik bo'lib, maydonning shu nuqtasining potentsiali deb ataladi (bu kattalik ϕ harfi bilan belgilanadi), ya'ni:

$$\phi = \frac{W}{q} \quad (8)$$

Bu formuladan potentsial son jihatdan birlik musbat zaryadning maydondagi muayyan nuqtada potentsial energiyasiga teng ekanligi ko'rinadi. Demak maydonning 1 va 2 nuqtalarining potentsiali mos ravishda

$$\phi_1 = \frac{W_1}{q} \quad \text{yoki} \quad \phi_1 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_1}, \quad \text{va} \quad \phi_2 = \frac{W_2}{q} \quad \text{yoki} \quad \phi_2 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_2} \quad (9)$$

ko'rinishga ega bo'ladi. (9) ifoda asosida q zaryadni maydonning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko'chirishda bajariladigan ish

$$A_{1,2} = q(\phi_1 - \phi_2) \quad (10)$$

formula bilan aniqlanadi. Xuddi shu zaryadni maydonning biror nuqtasidan cheksizlikka ko'chirishda bajariladigan ish esa

$$A_{1,\infty} = q \phi_1 \quad (11)$$

bo'ladi, chunki (9) ifodaga ko'ra $r_2 \rightarrow \infty$ da $\phi_2 = 0$ (11) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

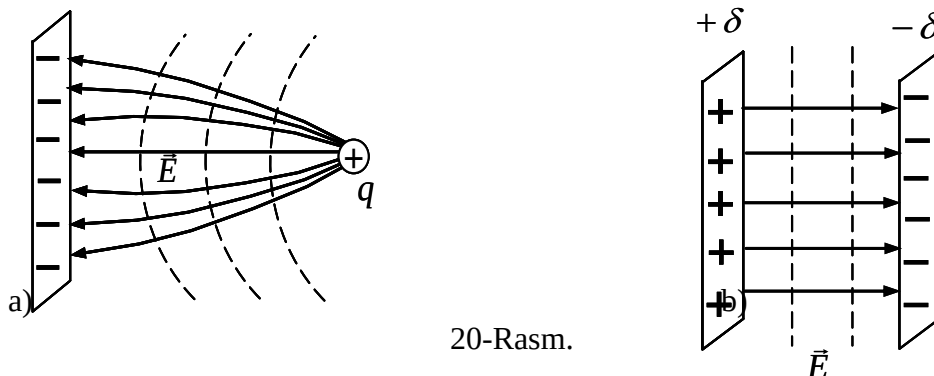
$$\phi_1 = A_{\infty} / q \quad (12)$$

Bundan potentsial son jihatdan maydon kuchlarining birlik musbat zaryadni muayyan nuqtadan cheksizlikka ko'chirishda bajargan ishiga teng, degan xulosa kelib chiqadi. SI sistemasida potentsial va potentsiallar ayirmasi birligi sifatida Volt qabul qilingan. Qiymati bo'yicha 1 Volt shunday nuqtaning potentsialiga tengki, 1 Kulon zaryadni cheksizlikdan shu nuqtaga ko'chirish uchun 1 Joul ish bajarish kerak: $1\text{J} = 1\text{Kl} \cdot 1\text{V}$ bundan $1\text{V} = 1\text{J} / 1\text{Kl}$

Potentsiallari teng bo'lgan nuqtalarning ham maydonning xususiyatini o'rganishdagi ahamiyati kattadir. Bunday nuqtalarning majmuasi ekvipotentsial sirtni tashkil qiladi. Ekvipotentsial sirt bo'ylab q zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish (10) ifodaga asosan nolga tengdir, chunki $\phi_1 - \phi_2 = 0$. U xolda (4) formulaga asosan trayektorianing dl qismida bajarilgan ish $F dl \cos\alpha$ ham nolga teng bo'ladi. Ammo $F \neq 0$ va $dl \neq 0$ bo'lganligi sababli, faqat $\cos\alpha = 0$ bo'lgandagina bu shart bajariladi. Demak, $\alpha = 90^\circ$ ga teng bo'lishi kerak ekan. Bu

kuchlanganlik chiziqlari ekvipotentsial sirtga hamma vaqt perpendikulyar yo'nalgan ekanligini bildiradi.

28a-rasmda manfiy zaryadlangan R tekislik va musbat zaryadlangan q nuqtaviy zaryad orasida vujudga kelgan elektr maydon, 28b-rasmda esa qarama-qarshi ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan, teng yuzali va o'zaro parallel ikkita yassi plastinka orasida vujudga kelgan elektrostatik maydon kuch chiziqlari tasvirlangan. Bu rasmlarda punktir chiziqlar orqali ekvipotentsial sirtlarning tasviri ham berilgan.



20-Rasm.

Shunday qilib, elektrostatik maydonning har bir nuqtasini maydon kuchlanganligi hamda maydon potentsiali orqali ifodalash mumkin ekan. Endi bu kattaliklar orasidagi o'zaro bog'lanishni ko'raylik. Buning uchun maydonning kuch chizig'i yo'nalishida q zaryadni bir ekvipotentsial sirtidan ikkinchi ekvipotentsial sirtga ko'chiramiz. Ekvipotentsial sirtlar orasidagi potentsiallar farqi $\Delta\varphi$ ga, ular orasidagi eng qisqa masofa esa Δx ga teng bo'lsin. U holda maydon kuchlanganligi E ni Δx masofada o'zgarmas deb hisoblab, q zaryadning shu masofaga ko'chishida bajarilgan ishni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\Delta A = qE\Delta x = \Delta W \quad (13)$$

Ikkinchi tomondan, ishni zaryadning potentsial energiyasi kamayishi orqali ham ifodalash mumkin:

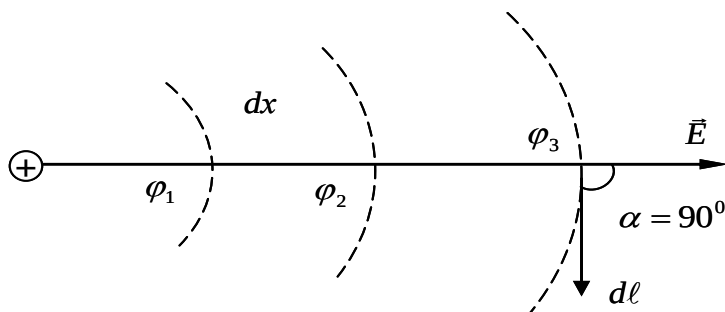
$$\Delta A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = q\Delta\varphi \quad (13')$$

Bu ifodalarni o'zaro tenglashtirib quyidagi tenglikka ega bo'lamiz;

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta x} \quad (14)$$

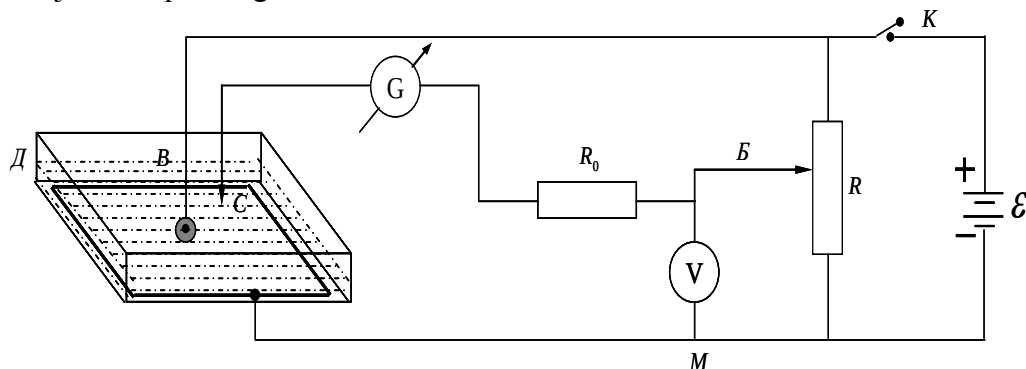
Demak, elektr maydon kuchlanganligi miqdoriy jihatdan maydon kuch chizig'i yo'nalishida olingan uzunlik birligiga to'g'ri keladigan potentsiallar ayirmasiga teng ekan (21-rasm). Manfiy ishora elektr maydon kuchlanganligi vektori E potentsialning kamayishi tomoniga yo'nalganligini bildiradi. (14) formulaga asosan maydon kuchlanganligining birligi V/m bo'ladi.

Ushbu laboratoriya ishini bajarishdan maqsad turli shakldagi zaryadlangan metall jismlar-elektrodlar hosil qilgan elektrostatik maydonning potentsiallari $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots$ ga teng bo'lgan ekvipotentsial sirtlarni (21-rasm) aniqlash, shuningdek ekvipotentsial sirtlarga tik yo'nalgan maydon kuchlanganligi E ni ham miqdoriy jihatdan ham yo'nalishi bo'yicha tekshirishdan iboratdir.



21-Rasm.

Bu ishni bajarish uchun 22-rasmda ko'rsatilgan elektr sxema yig'iladi. Bu yerda suv solingan vanna, B va D-elektrodlar, C-zond, G-galvanometr, R-potentsiometr, B-voltmetr, R_1 -qo'shimcha qarshilik, $\mathcal{E}$ -o'zgarmas tok manbai. K-kalit ulanganda B va D elektrodlar orasida elektr maydon hosil bo'ladi. B elektrodga yaqin nuqtalarda kuchlanganlik chiziqlari zichligi katta, maydon potentsiali ham katta qiymatga ega bo'lib, D elektrodga yaqinlashgan sari u kamayib boradi. C zond potentsiometrning B qo'zg'aluvchan kontaktiga ulangan. Bu potentsiometrning BM qismidagi kuchlanish voltmeter yordamida o'lchanadi. Uning qiymatini B kontakti siljitish orqali o'zgartirish mumkin.



22-Rasm.

Ishni bajarish tartibi

1. Vannaga B va D elektrodslarni o'rnatib 0,2÷0,5 sm qalinlikda suv quyiladi.
2. Qo'zg'aluvchan kontakt B ni siljitib voltmetrda 5 V li kuchlanish hosil qilinadi.
3. Zond yordamida B elektrod atrofida potentsiali 5 V ga teng bo'lgan nuqtalar qidiriladi. (Topilgan nuqtalar orasidagi masofa 1 sm dan ortmasligi kerak). Kontakt egallagan B nuqta bilan C zond ko'rsatgan nuqtalarning potentsiallari teng bo'lganligi sababli shu nuqtalarda galvanometrning ko'rsatishi nolga mos keladi, yani galvanometrdan o'tayotgan tok nolga teng bo'ladi ($I_G = 0$). Qayd qilingan nuqtalarning X, Y o'qlariga nisbatan koordinata qiymatlari yozib olinadi. Bu nuqtalarni ixtiyoriy masshtabda millimetrlilik qog'ozga tushirib, so'ng ularni bir-biri bilan tutashtirilsa potentsial qiymati 5V ga teng bo'lgan ekvipotentsial sirt chizig'i hosil bo'ladi.
4. B kontakti siljitib voltmetrda 3 V, so'ngra 2 V kuchlanish hosil qilinadi. C zondni siljitib bu kuchlanishlarga mos keluvchi ekvipotentsial sirtlarning chiziqlari aniqlanadi, ya'ni 2 va 3 bandlarda bajarilgan ishlar takrorlanadi.
5. B elektrod o'rniga boshqa shakldagi elektrod o'rnatilib tajriba (1,2,3,4 punktlar) takrorlanadi. Topilgan har bir ekvipotentsial chiziq nuqtalarining koordinatlari quyidagi jadvalga yoziladi.
6. Potentsialning kamayishiga qarab maydon kuchlanganligining yo'nalishi, hamda (14) formula asosida kuchlanganlik qiymati aniqlanadi.

1-jadval

Elektrodning shakli	1-chorak		2-chorak		3-chorak		4-chorak	
	x	y	-x	y	-x	-y	x	-y
								
								

Nazorat savollari

1. Elektr maydonni xarakterlovchi fizik kattaliklarni ayting va ularning o'lchamini ko'rsating.
2. Nuqtaviy zaryadlar uchun kuchlanganlik va potentsial ifodasini yozing.
3. Elektr maydon kuchlanganligi va potentsiali o'zaro qanday bog'langan.

4. Kuch chiziqlari hamda ekvipotentsial chiziqlar mazmunini tushuntiring.
5. Ekvipotentsial chiziqlar elektrodlarning shakliga bog'liq bo'ladimi, agar bog'liq bo'lsa uning sababini tushuntiring.
6. Potensial maydon deganda nimani tushunasiz?