

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI

TOSHKENT KIMYO - TEXNOLOGIYA INSTITUTI

FUNDAMENTAL FANLAR FAKUL'TETI

«FIZIKA» KAFEDRASI

FIZIKADAN LABORATORIYA ISHLARI
TO'PLAMI
(MEXANIKA VA MOLEKULYAR FIZIKA)

Toshkent – 2005

Mualliflar: Mirkomilov D.M., Qosimjonov M.O., Ernazarov Sh.N.
Achilova M.M.,

Ushbu qo'llanma umumiy fizika kursining mexanika va molekulyar fizika qismi bo'yicha bajarilishi lozim bo'lgan laboratoriya ishlarining tavsifi berilgan. Har bir laboratoriya ishi bo'yicha nazariy qism, bajarilishi lozim bo'lgan ishning mohiyati, ishni bajarish tartibi, o'lchanishi lozim bo'lgan fizik kattalikni hisoblash ifodalari, shuningdek olingan natijalarning xatoliklarini aniqlash, uning o'lchamlarini to'g'ri topish kabi vazifalar talaba oldiga qo'yilgan.

Mazkur qo'llanma oliy texnika o'quv yurtlari, shu jumladan kimyo - texnologiya yo'nalishi bo'yicha ta'lim oluvchi bakalavrlar uchun muljallangan. «Fizika» kafedrasining majlisida chop etishga tavsiya qilingan (28-sonli bayonnoma, 20.05 2005 yil). Institut o'quv - uslubiy kengashi majlisida (5-sonli bayonnoma 1.06. 2005 yil) tasdiqlangan.

Taqrizchi:

Toshkent Arxitektura va qurilish instituti «Fizika»
kafedراسи mudiri dotsent Nu'monxo'jayev A.S.

Ushbu qo'llanmada umumiy fizika kursining mexanika va molekulyar fizika qismi bo'yicha bajarilishi lozim bo'lgan laboratoriya ishlarining tavsifi berilgan. Har bir laboratoriya ishi bo'yicha nazariy qism, bajarilishi lozim bo'lgan ishning mohiyati, ishni bajarish tartibi, o'lchanishi lozim bo'lgan fizik kattalikni hisoblash ifodalari, shuningdek olingan natijalarning xatoliklarini aniqlash, uning o'lchamlarini to'g'ri topish kabi vazifalar talaba oldiga qo'yilgan.

Uslubiy qo'llanma umuman texnik oliy o'quv yurtlari, shu jumladan kimyo-texnologiya yo'nalishi bo'yicha ta'lim oluvchi bakalavrlar uchun mo'ljallangan.

LABORATORIYA ISHLARINI O'TKAZISHDA TEXNIKA XAVFSIZLIGI BO'YICHA QISQACHA QOIDALAR

Talaba laboratoriya ishini bajarishda quyidagi qoidalarga rioya qilishi kerak:

1. Laboratoriyada ishlaganda ozodalikka, saramjomlikka, tinchlikka va xavfsizlik texnikasi qoidalariga rioya qilish lozim.
2. Mashg'ulot paytida talaba yakka o'zi tajriba o'tkazishi mumkin emas.
3. Tajribani o'qituvchining ijozati bilan boshlash lozim.
4. Har bir laboratoriya ishi uchun lozim bo'lgan o'ulchagich va asboblarni shu ishga tegishli joyda bo'lishi kerak.
5. Laboratoriya ishini bajarishda elektr quvvati zarur bo'lganda undan foydalanish qoidalariga amal qilish.
6. Har bir laboratoriya ishiga tegishli qurilma, asboblarni laborant va o'qituvchi tomonidan tekshirilishi kerak.
7. Har bir talaba o'ziga topshirilib bajarilishi lozim bo'lgan ish yonida bo'lishi kerak.
8. Tajriba ishi tugatilgandan so'ng talaba olingan natijalarni o'qituvchiga ko'rsatishi shart va laboratoriya ishiga tegishli bo'lgan asbob va buyumlarni laborantga topshirishi kerak.

LABORATORIYA XONASIDA DARSLARNING O'TKAZILISH TARTIBI

Laboratoriyada ishlash uchun talaba mustaqil holda asosiy darslik, ma'ruza materiallari va laboratoriya ishlari uchun belgilangan qo'llanmalardan foydalanib, tayyorgarlik ko'radi.

Ishni boshlashdan oldin talaba o'qituvchiga ish tartibini va shu ishga doir nazariy ma'lumotlarni aytib berishi kerak. Talabaning javobi qoniqarli deb topilgach, o'qituvchi unga tajribani bajarishga ruxsat beradi. Laboratoriya ishi uchun alohida laboratoriya daftari va o'qituvchining jurnali tutiladi.

Daftarga tajriba davomida olingan ish natijalari o'z vaqtida qayd qilinib boriladi. Laboratoriya daftari asosan quyidagi tartibda tutiladi:

- a) mashg'ulot o'tkazilgan kun, ishning tartib raqami va uning nomi;
- b) laboratoriya ishiga taluqli qisqacha nazariy qismi;
- v) laboratoriya ishni bajarishning qisqacha tafsiloti;
- g) ish bajariladigan qurilmaning chizmasi;

d) topiladigan fizik kattalikning formulasi;

g) olingan natijalar jadvalda qayd qilingan bo'lishi kerak.

Barcha o'lchashlar yetarlicha yuqori aniqlikda o'tkazilib, tajriba natijalarini oxirigacha hisoblab, o'qituvchiga ko'rsatiladi va o'qituvchi o'z jurnaliga hamda talaba daftariga tegishli belgini qo'yib qo'yadi.

K I R I SH

Tabiat qonunlarini, tabiatda sodir bo'ladigan turli-tuman hodisalarni, garchi ularning tabiati xilma-xil bo'lsada (mexanika, elektr va atom-fizikasi) bu ko'rilgan hodisalarni fizika fani o'rganadi.

Bu fanni o'rganishning turli uslublari (ma'ruza, amaliy mashg'ulot va laboratoriya ishlari) mavjuddir.

Asosiy o'qitish usullaridan biri bo'lgan laboratoriya mashg'ulotlarida:

1. Talabada nazariyaning to'g'riligiga ishonch hosil qilinadi.
2. Talaba turli laboratoriya o'lchov asboblari bilan tanishib, ularning tuzilishini, ishlash jarayonini o'rganadi.
3. Bajariladigan laboratoriya ishining mohiyatini bilgan holda shu ishni o'lchov asboblari yordamida bajarishga hamda qanday natija olishni o'rganadi.
4. Talabada tajriba o'tkazish ko'nikmasi hosil qilinadi.

Berilgan laboratoriya ishini bajarish asosida talaba fizik jarayon, hodisalar, qonuniyatlar va ularni xarakterlaydigan fizik kattaliklar to'g'risida tasavvurga ega bo'ladi.

FIZIK KATTALIKLARNI O'LCHASH VA XATOLIKLARNI HISOBLASH

Fizika fani bizni o'rab olgan moddiy dunyodagi hodisalar haqidagi ma'lumotlarni tajriba orqali yig'adi. Laboratoriya sharoitida biror hodisaning tabiatini o'rganish maqsadida tajriba o'tkaziladi. Laboratoriya ishlarini bajarish davomida talabalar muayyan fizik hodisalarni o'rganishdan tashqari o'lchov asboblari bilan tanishadilar, hisoblashning ba'zi nazariy tomonlarini (xatoliklarni hisoblash) o'rganadilar va nihoyat formulaga kirgan fizik kattaliklarni tajribada aniqlash uchun o'lchash ishlarini bajaradilar.

O'lchashlar ikki turga bo'linadi - bevosita va bilvosita o'lchash.

1. Bevosita o'lchashda o'lchanayotgan fizik kattalik to'g'ridan-to'g'ri etalon bilan yoki tegishli birliklarda darajalangan o'lchov asboblari bilan taqqoslanadi. Biror masofa oralig'ini chizg'ich, shtangentsirkul bilan o'lchash, termometr yordamida haroratni o'lchash, ampermetr yordamida tok kuchini o'lchash bevosita o'lchashga misol bo'ladi.

2. Bilvosita o'lchashda aniqlanayotgan fizik kattalik, bevosita o'rganish mumkin bo'lgan kattaliklar orasidagi bog'lanishni ko'rsatuvchi formula orqali ifodalanadi. Masalan, jismning zichligi ρ ni aniqlash uchun bevosita jismning m massasi va V hajmini o'lchab, so'ngra ular orasidagi quyidagi $\rho = m/V$ bog'lanishdan zichlik hisoblab topiladi.

Fizik kattalikni aniqlash uchun quyidagilarni ketma-ketlik bajarish kerak:

- a) asboblarni o'rnatish va tekshirish;
- b) asboblarinng ko'rsatishini kuzatish va yozib olish;
- v) o'lchashlar natijasidan foydalanib, aniqlanishi kerak bo'lgan fizik kattalikni hisoblash;
- g) xatolikni hisoblash.

Har qanday o'lchashlar har doim qandaydir xatolik bilan bajariladi. Bu xatoliklar ikki turga - sistematik va tasodifiy xatoliklarga bo'linadi.

1. Sistematik xatolik hamma vaqt mavjud bo'lgan xatolikdir. Asbobning aniqlik darajasidan va tanlanish usulidan kelib chiqadigan xatoliklar, formulalardagi fizik kattaliklarning jadvalda (zichlik, solishtirma qarshilik va boshqalar) berilgan taqribiy qiymatlarni olganda sistematik xatolikka yo'l qo'yiladi. Masalan, erkin tushish tezlanishini $g=9,78 \text{ m/c}^2$; $9,81 \text{ m/c}^2$; yoki sindirish ko'rsatkichini $n=1,3$ shakllarda olsak, sistematik xatolikka yo'l qo'yiladi. O'lchash uslubining aniqligini oshirib, asbobning ko'rsatishlariga tuzatishlar kiritib, muntazam ravishda ta'sir qiluvchi tashqi faktorlarni hisobga olish bilan bu xatolikni kamaytirish mumkin.

2. Tasodifiy xatolik har bir o'lchashga ta'siri har xil bo'lgan tasodifiy sabablarga ko'ra yuz beradigan xatolikdir. Plastinka qalinligini o'lchaganda qalinlikning hamma qismida bir xil bo'lmasligi, o'lchashda asbob shkalasining yetarlicha yoritilmasligi, asboblarning stol ustida yaxshi joylashtirilmasligi, sezgi organlarining tabiiy notakomilligi oqibatida tasodifiy xatoliklarga yo'l qo'yiladi.

Tasodifiy xatolikni kamaytirish uchun aniqlanayotgan fizik kattalikni bir necha marta o'lchash kerak. Bu xatolik ehtimollik nazariyasining qonunlariga bo'ysinadi. Fizik kattalikni bir marta o'lchaganda olingan natija shu hatolikning haqiqiy qiymatidan katta bo'lib qolsa, keyingi o'lchashlardan birining natijasi, ehtimol, haqiqiy qiymatdan kichik bo'lib chiqar. Binobarin, fizik kattalikni bir necha marta o'lchash orqali tasodifiy xatolikni ma'lum darajada kamaytirish mumkin. Chunki haqiqiy qiymatdan bir tomonga chetlanishlar ehtimolligi ikkinchi tomonga chetlanishlar ehtimolligiga tengdir.

Bir necha marta o'lchash natijalarining o'rtacha arifmetik qiymati, o'lchash natijalarining har qaysisidan ko'ra, o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinroq bo'ladi. Masalan: $x_1, x_2, \dots, x_n$ ayrim o'lchash natijalari bo'lsin. U holda bu kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati, miqdori o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga eng yaqin bo'ladi:

$$\langle x \rangle = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Bunda n - o'lchashlar soni.

Har bir o'lchashning o'rtacha qiymatidan chetlashish farqi absolyut xatolik deyiladi. Bu kattaliklar quyidagicha aniqlanadi:

$$| \langle x \rangle - x_1 | = \Delta x_1, | \langle x \rangle - x_2 | = \Delta x_2, | \langle x \rangle - x_3 | = \Delta x_3, \dots, | \langle x \rangle - x_n | = \Delta x_n,$$

Bu xatoliklarning ishorasi har xil bo'lishi mumkin. Shu sababli xatoliklarning faqat moduli olinadi. Ayrim xatoliklar son qiymatlarining (modullarining) o'rtacha arifmetik qiymati o'lchashning o'rtacha absolyut xatoligi deyiladi va quyidagi formuladan topiladi:

$$\langle \Delta x \rangle = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots + \Delta x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta x_i \quad (2)$$

bunda $\frac{\Delta x_1}{\langle x \rangle}, \frac{\Delta x_2}{\langle x \rangle}, \frac{\Delta x_3}{\langle x \rangle}, \dots, \frac{\Delta x_n}{\langle x \rangle}$ nisbatlar ayrim o'lchashlarining nisbiy xatoligi bo'ladi.

O'rtacha absolyut xatolik $\langle \Delta x \rangle$ ning o'lchanayotgan kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati $\langle x \rangle$ ga nisbati o'lchashning nisbiy xatoligi bo'ladi va quyidagicha belgilanadi:

$$E = \frac{\langle \Delta x \rangle}{\langle x \rangle} \quad (3)$$

Nisbiy xatoliklar odatda, foizlarda o'lchanadi:

$$E = \frac{\langle \Delta x \rangle}{\langle x \rangle} \cdot 100\% \quad (4)$$

Tabiiyki, fizik kattalikning haqiqiy qiymati topilgan o'rtacha qiymatdan $\pm \Delta x$ ga farq qiladi, ya'ni

$$x_{\text{hak}} = \langle x \rangle \pm \langle \Delta x \rangle \quad (5)$$

Faraz qilaylik, bilvosita o'lchanadigan kattalik bevosita o'lchanadigan x, y, z lar orqali quyidagicha ifodalansin:

$$N = f(x, y, z)$$

Bilvosita o'lchash natijasida yo'l qo'yilgan o'rtacha absolyut va nisbiy xatoliklarni hisoblash uchun quyidagicha ish ko'riladi: x, y, z -larni o'zgaruvchan kattaliklar deb, yuqoridagi funksiya differensial olamiz:

$$dN = \frac{\partial N}{\partial x} dx + \frac{\partial N}{\partial y} dy + \frac{\partial N}{\partial z} dz \quad (6)$$

so'ngra d - differensial belgilari Δ - orttirma belgilariga almashtirib, hamma hadlari musbat ishorada olinadi. Natijada o'rtacha absolyut xatolikni hisoblashga imkon beruvchi quyidagi formula hosil bo'ladi:

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial N}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial N}{\partial z} \Delta z \quad (7)$$

bunda $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ lar x, y, z kattaliklarni o'lchashdagi absolyut xatoliklar. O'rtacha nisbiy xatoliklar yuqorida ko'rsatilgan singari quyidagi ifodadan hisoblanadi:

$$E = \frac{\langle \Delta N \rangle}{\langle N \rangle} \quad (8)$$

1 – Laboratoriya ishi

QATTIQ JISMLARNING ZICHLIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: to'g'ri geometrik shaklga ega bo'lgan jismlarning zichligini aniqlash, xatoliklarni hisoblashni o'rganish va gidrostatika qonunlari bilan tanishish.

Kerakli asbob va buyumlar: texnik tarozi, tarozi toshlari, zichligi topiladigan aniq shakldagi jismlar, silindrik idish va ilmoqli ustuncha.

Nazariy qism

Ma'lumki har xil moddalar ya'ni metallar, minerallar, suyuqlik va gazlarning hajmlari birday bo'lganda, massalari turlicha bo'ladi. Aksincha massalari bir xil bo'lgan turli moddalarning hajmlari turlicha bo'ladi. Masalan, massasi 1 t bo'lgan temir g'o'la 0,13 m³ hajmga ega bo'lgan xolda, 1 t muzning hajmi 1,1 m³ ga teng bo'ladi, ya'ni muzning hajmi 9 marta katta. Buning sababi moddalar bir-biridan "zichlik" deb ataluvchi kattalik bilan farq qiladi.

Moddaning zichligi, uning hajm birligidagi massasi bilan o'lchanadigan miqdordir. Jism massasini m va uning hajmini V bilan belgilasak, zichlik formulasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

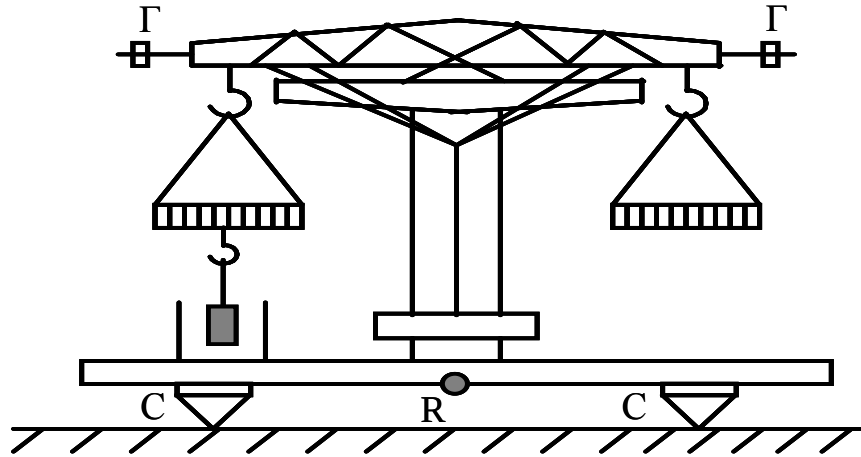
Xalqaro birliklar sistemasida (SI) zichlikning birligi qilib, har bir m³ hajmda 1 kg dan massaga ega bo'lgan bir jinsli jismning zichligi kg/m³ deb qabul qilingan. Aniq shaklga ega bo'lgan jism berilgan bo'lsa (shar, kub, parallelepiped va hokazo) uning zichligini topish uchun avvalo jismning massasi tarozida tortib olinadi, xajmi esa jism shakliga bog'liq holda aniqlanadi. Masalan, shar shaklidagi jismning hajmi $V = \frac{4}{3} \pi r^3$, silindr yoki parallelepiped bo'lsa, $V = S \cdot \ell$ formula hisoblanadi. So'ng (1) formula yordamida jismining zichligi aniqlanadi.

Agar jismning shakli murakkab bo'lsa, uning hajmini geometrik formuladan hisoblash mumkin emas. Bu holda Arximed qonunidan foydalanish qulay. Biror jism suyuqlikka to'liq botirilganda o'z hajmiga teng bo'lgan suyuqlikni siqib chiqaradi. Tajribada siqib chiqarilgan suyuqlik massasini o'lchab, zichligi ma'lum bo'lgan holda (1) formuladan suyuqlik hajmi, ya'ni jism hajmi aniqlanadi.

Asbobning tuzilishi va ish uslubi

Qattiq jism zichligini gidrostatik tortish usuli bilan aniqlashda (1-rasm) tekshiriladigan jismni tarozining ilgagiga osib, o'ng pallaga toshlarni qo'yish bilan jismning havodagi og'irlik kuchi aniqlanadi. Uning havodagi og'irligi P bo'lsin.

Keyin jism tagiga suv to'ldirilgan idish qo'yib, unga jism to'liq botiriladi, bunda jism idish devorlariga va tagiga tegmasligi kerak. Suvga tushirilgan jismning og'irlik kuchi kamayadi, chunki Arximed qonuniga ko'ra suyuqlikka botirilgan jism o'zi siqib chiqargan suyuqlikning og'irlik kuchiga teng kuch bilan pastdan yuqoriga itariladi. Agar jismining suvdagi og'irligini P_1 deb belgilasak, u holda jism siqib chiqargan suvning og'irligi quyidagidan topiladi:



1 - rasm

$$P_0 = P - P_1 \quad (2)$$

Bu og'irlikni yana bunday ifodalash mumkin:

$$P_0 = \rho_0 V_0 g \quad (3)$$

Bunda ρ_0 - suvning zichligi, V_0 - siqib chiqarilgan suyuqlikning hajmi. Ikkinchi tomondan bu hajm qattiq jismning hajmiga teng. Agar qattiq jismning massasini m , zichligini ρ bilan belgilasak, u holda jismning hajmi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$V_0 = \frac{m}{\rho} \quad (4)$$

(4) formulani (3) ga qo'yib, uni (2) chi ifoda bilan taqqoslaymiz:

$$P - P_1 = \rho_0 \frac{m}{\rho} g$$

g - erkin tushish tezlanishi. Bundan qattiq jismning zichligi quyidagicha bo'ladi:

$$\rho = \rho_0 \frac{mg}{P - P_1} = \rho_0 \frac{P}{P - P_1} \quad (5)$$

Ishni bajarish tartibi

1 – mashq

1. Jismning massasi aniqlanadi.
2. Parallelepiped shaklidagi jismning eni, bo'yi, uzunligi shtangensirkul yordamida o'lchanadi: eni - a , bo'yi - b , ℓ - uzunligi. So'ngra jismning hajmi quyidagi formuladan topiladi:

$$V = abl$$

qattiq jismning zichligi formula yordamida aniqlanadi.

Tajriba bir necha marta takrorlanadi va olingan natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

1 - jadval

N _o	m (kg)	a (m)	b (m)	ℓ (m)	v (m ³)	ρ (kg/m ³)	<ρ>	Δρ	⟨Δρ⟩	$\frac{\langle \Delta \rho \rangle}{\langle \rho \rangle} 100 \%$
1										
2										

2 – mashq

1. S taglikdagi vintlar yordamida tarozi gorizantal holatga keltiriladi (1-rasmga qarang). Tarozi gorizantal holatga kelganini ipga osilgan yukcha yordamida tekshiriladi.
2. R dastani o'ng tomonga burash bilan arretir bo'shatiladi. Shaynlar oxiridagi «Γ» gaykalar yordamida tarozini muvozanat holatga keltiriladi, ya'ni strelkaning o'ng va chap tomonga bir xil og'ishiga erishiladi.
3. Tarozi arretirlanadi va chap pallaga jismni qo'yib, o'ng pallaga jism massasiga tenglashadigan miqdorda tosh qo'yiladi, so'ngra sekin-asta arretir bo'shatiladi.
4. Pallaga qo'yilgan tosh jism massasi bilan muvozanatga kelganda jismning massasi yozib olinadi.
5. Taglikka suvli idish qo'yib, ilib qo'yilgan jism tagiga olib boriladi va jismni suvli idishga tushirib uning suvdagi massasi aniqlanadi.
6. (5) formula yordamida jismning zichligi hisoblanadi.
7. Tajriba bir necha marta takrorlanib, hisoblash natijalaridan absolyut va nisbiy xatoliklar aniqlanadi.
8. O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi 2-jadvalga yoziladi:

2 - jadval

N _o	p N	p ₁ N	p-p ₁ N	ρ ₀ kg/m ³	ρ kg/m ³	<ρ>	Δρ	⟨Δρ⟩	V	$\frac{\langle \Delta \rho \rangle}{\langle \rho \rangle}$
1										
2										

Sinov savollari

1. Massa deb nimaga aytiladi. U qanday birlikda o'lchanadi.
2. Jismning zichligi qanday fizik kattalik.
3. Zichlik qanday birlikda o'lchanadi.
4. Arximed qonuniga ta'rif bering.
5. Hidrostatik tortish usuli yordamida zichlikning hisoblash formulasini keltirib chiqaring.

Adabiyot

1. Ismoilov M., Xabibullaev P., Xaliulin M. Fizika kursi, T, «O'zbekiston» 2000 yil, 1-bob.
2. Kortnev A.V. va boshkalar "Praktikum po fizike" - M. 70-71 betlar.

2 – Laboratoriya ishi

AYLANMA HARAKAT QONUNLARINI OBERBEK MAYATNIGI VOSITASIDA O'RGANISH VA QATTIQ JISM 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.

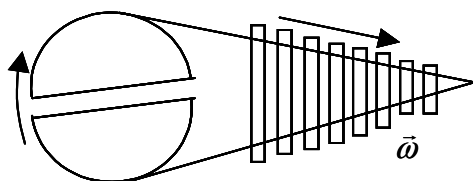
Vaqt birligi davomidagi burilish burchagiga teng bo'lgan kattalikka burchak tezlik deyiladi.

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

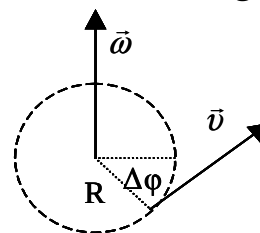
$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt} \quad (1)$$

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 (2-rasm).



2 - rasm



3 - 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 3-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 oralig'idagi 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.

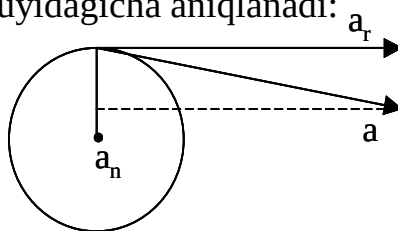
Notekis harakatda tezlik vektori miqdori va yo'nalishi bo'yicha o'zgaradi. Shuning uchun bu harakatda ishtirok etayotgan moddiy nuqtaning chiziqli tezlanishini ikki tashkil etuvchiga ajratiladi. (4-rasm) a_t -tezlanishning tangentsial tashkil etuvchisi bo'lib vaqt birligi oralig'ida chiziqli tezlikning 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:



4-rasm

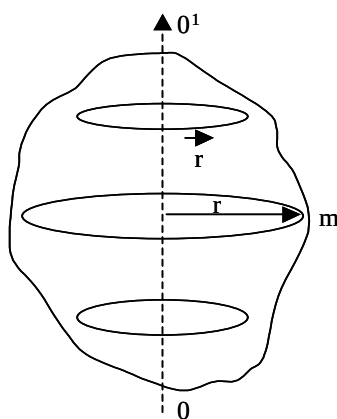
$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R \quad a_n = \omega^2 R \quad (6)$$

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 chiziqli yotadi va odatda, bu chiziqli aylanish o'qi deyiladi (5-rasm).

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



5-rasm.

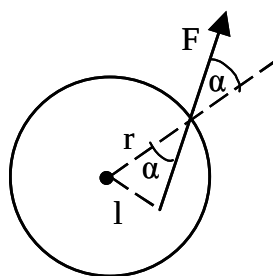
Elementar bo'lakchalarga qo'yilgan kuchning aylanish markazidan kuch qo'yilgan nuqtaga o'tkazilgan radius vektor ko'paytmasi kuch momenti deb ataladi. Kuch momentining vektori quyidagi formuladan aniqlanadi:

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

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. 6-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.



6-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 ilgarilanma harakatdagi kuch o'rniga kuch momenti, massa o'rniga inertsia momenti qo'llanilgani uchun ilgarilanma harakatdagi impuls (P) o'rniga impuls momenti (L) kattalik kiritiladi. U holda ilgarilanma 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:

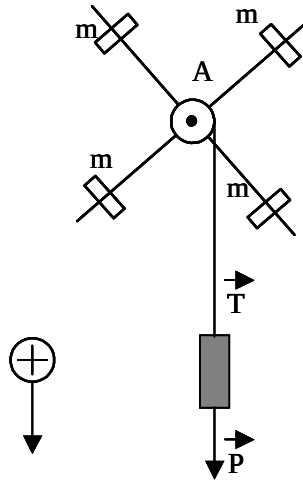
$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(I\vec{\omega})}{dt} = \frac{Id\vec{\omega}}{dt} = I\vec{\epsilon} \quad (11)$$

Demak, kuch momenti qiymat jihatidan inertsia 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 inertsia momentini (8) formula yoki undan kelib chiquvchi boshqa formulalar asosida aniqlash mushkul ishdir. Shuning uchun bunday holarda ularning inertsia 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 (7-rasm). Tosharni 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'rinli:

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



7-rasm

Bu tenglikning modulini yozishda shartli ravishda harakatning musbat yo'nalishini belgilab olamiz. 8-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:

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

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

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

(16) va (19) ifodalarni tenglab, I ga nisbatan yechsak, krestovinaning inertiya 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 shkiv 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, sekundomer 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

[illegible]

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 inertsiya momentini hisoblab, ularning o'rtacha qiymati $\langle I \rangle$ aniqlanadi. O'lchash va hisoblash natijalari 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

[illegible]

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.

Adabiyot

1. Ismoilov M., Xabibullaev P., Xaliulin M. Fizika kursi, «O'zbekiston» 2000 yil. 1,4-boblar.
2. No'monxujaev A.S. Fizika kursi.1-qism,T."O'qituvchi" 1992 yil, 5-bob.
- 3.Axmadjonov O.I. Fizika kursi."Mexanika va molekulyar fizika" 1-qism, «O'qituvchi». 3-bob.
- 4.Savelev I.V. "Umumiy fizika kursi" 1-tom, T."O'qituvchi" 5-bob.
- 5.Haydarova M.Sh., Nazarov O'.Q. «Fizikadan laboratoriya ishlari» T. «O'qituvchi», 38 - 44 betlar.

3 - laboratoriya ishi

TRIFILYAR OSMAN USULI BILAN HAR XIL JISMLARNING INERTSIYA MOMENTLARINI ANIQLASH

Ishning maqsadi; aniq geometrik shakldagi jism (silindr) uchun chiqarilgan nazariy formulaning, shuningdek, Shteyner teoremasining to'g'riligini tajribada tekshirish.

Kerakli asbob va buyumlar; trifilyar osma, sekundomer, shtangentsirkul, o'lchaniladigan har xil jismlar.

Nazariy qism

Qattiq jismlar biror o'q atrofida aylanma harakatini xarakterlashda inertsia momenti deb ataluvchi fizik kattalik muhim ahamiyatga ega.

Jismning biror o'qqa nisbatan inertsia momenti jismdagi barcha elementar bo'lakchalarning shu o'qqa nisbatan inertsia momentining algebraik yig'indisiga teng, ya'ni;

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

bunda, $I_i = \Delta m_i \cdot r_i^2$ - elementar bo'lakchanning inertsia momenti. Xalqaro birliklar sistemasi SI da inertsia momentining birligi $\text{kg} \cdot \text{m}^2$.

Agar o'q ko'chirilsa, uning yangi vaziyatiga nisbatan jismning inertsia momenti ham o'zgaradi. Jismning massa markazidan o'tuvchi o'qqa parallel bo'lgan ixtiyoriy boshqa o'qqa nisbatan inertsia momentini Gyuygens-Shteyner teoremasidan foydalanib aniqlash mumkin.

Jismning ixtiyoriy OZ' o'qqa nisbatan inertsia momenti ($I_{Z'}$) OZ' ga parallel ravishda jism massasi markazdan o'tuvchi OZ o'qqa nisbatan inertsia momenti (I_Z) va jism massasi (m) bilan o'qlar orasidagi masofa (a) kvadrati ko'paytmasining yig'indisiga teng:

$$I_{Z'} = I_Z + ma^2$$

Jismning tuzilishi aylanish o'qiga nisbatan simmetrik bo'lsa, (1) formula yordamida bu jismning inertsia momentini hisoblash mumkin. Lekin noto'g'ri geometrik shakilga ega bo'lgan jismlarning inertsia momentlari esa trifilyar osmani buralma tebranishga keltirish usuli bilan aniqlanadi.

Bu harakatdagi trifilyar osmaning muvozanat holatiga nisbatan burilish burchagi α , sinus yoki kosinus qonun bo'yicha o'zgaradi, ya'ni:

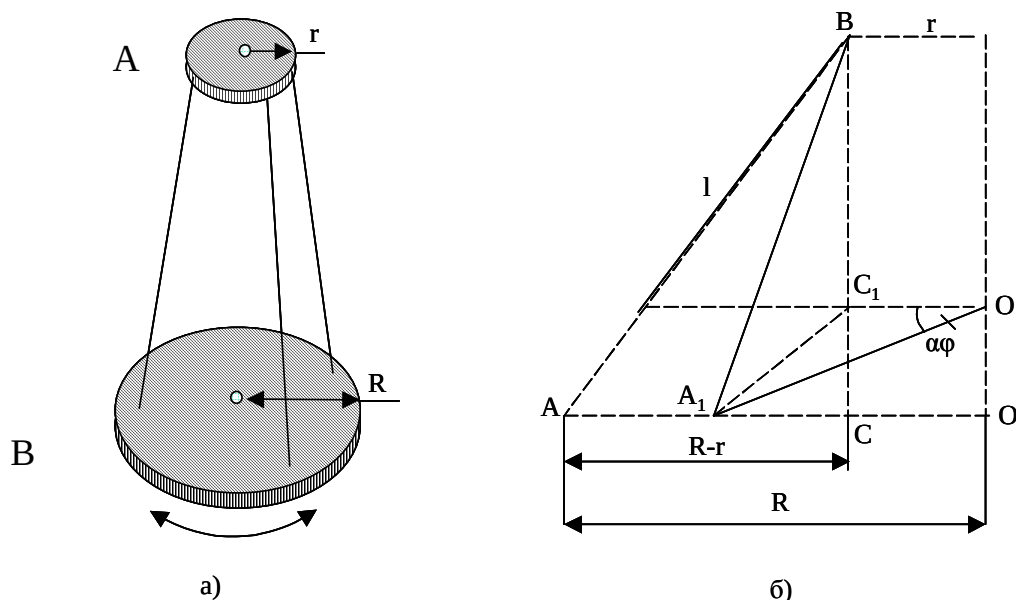
$$\alpha = \alpha_0 \sin \frac{2\pi}{T_0} t \quad (2)$$

bunda, α_0 - buralma tebranma harakatning amplitudasi, T_0 - tebranish davri (bir marta to'la tebranish uchun ketgan vaqt).

Asbobning tuzilishi va ish uslubi.

Trifilyar osma quyidagicha tuzilgan (8a-rasm). Doiraviy platforma B uning chetlariga biriktirililgan uchta simmetrik ip vositasida A diskka osib qo'yilgan.

A diskning diametri B platformaning diametridan kichik. A disk, shnur yordamida kichik burchakka buraylik (8b-rasm). Bunda simmetrik joylashgan iplar og'adi va sistemaning massa markazi simmetrik o'q bo'yicha yuqoriga ko'tarilib pastga tushadi.



8-rasm

Shu boisdan B platforma OO' o'q atrofida tebrana boshlaydi. Uning tebranish davri platformaning inertsia momentiga bog'liq. Platformaga biror yuk (jism) qo'yilsa, uning inertsia momenti va tebranish davri o'zgaradi.

Bu ishda trifilyar osmaning shu xususiyatidan foydalanib, ixtiyoriy shakildagi jismning inertsia momenti aniqlanadi. Agar m_0 massali platforma bir tomonga burilishda h balandlikka ko'tarilgan bo'lsa, uning potentsial energiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$E_n = m_0 gh \quad (1)$$

Platforma boshqa tomonga burilganda uning potentsial energiyasi aylanma harakat kinetik energiyasiga aylanadi.

$$E_k = E_n = \frac{I_0 \omega_0^2}{2} \quad (2)$$

bunda, I_0 - platformaning inertsia momenti, ω_0 - platformaning burchak tezligi.

Platforma muvozanat holatga qaytgan vaqtda uning kinetik energiyasi maksimal qiymatga erishadi. Ishqalanish kuchlarining bajargan ishini e'tiborga olmasak, mexanik energiyaning saqlanish qonuniga asosan quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$\frac{1}{2} I_0 \omega_{0\max}^2 = m_0 gh \quad (3)$$

Platforma garmonik tebranishda bo'lganidan uning burilish burchagining vaqtga bog'liqligi quyidagicha yoziladi:

$$\alpha = \alpha_0 \sin \frac{2\pi}{T_0} t$$

Burchak tezlik burilish burchagidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng. Shuning uchun yuqoridagi tenglamadan uning qiymati topiladi.

$$\omega_0 = \frac{d\alpha}{dt} = \frac{2\pi\alpha_0}{T_0} \cos \frac{2\pi}{T_0} t \quad (4)$$

Muvozanat vaziyatdan o'tish paytida, ya'ni $(t = 0, \frac{1}{2}T_0, T_0, \dots, n\frac{T_0}{2})$ bo'lganda burchak tezlik maksimal qiymatga erishadi:

$$\omega_{0\max} = \frac{2\pi}{T_0} \alpha_0 \quad (5)$$

$\omega_{0\max}$ - ning qiymatini (3) formulaga qo'ysak, quyidagi tenglama hosil bo'ladi:

$$m_0 gh = \frac{I_0}{2} \frac{4\pi^2}{T_0^2} \alpha_0^2 \quad (6)$$

Ipnining uzunligi ℓ , platformaning radiusi R va yuqoridagi A diskning radiusi ma'lum bo'lsa, platformaning ko'tarilish balandligi h ni topish mumkin. 8b-rasmda keltirilgan chizmadan $h - 00' = AC - A_1C$ ekanligini aniqlaymiz. Chizma uchun trigonometrik formulalarni qo'llab, quyidagi formulani keltirib chiqarish mumkin:

$$h = \frac{R \cdot r \cdot \alpha_0}{2\ell}$$

Bu formulani keltirib chiqarishni o'zingizga havola qilamiz. h -ning qiymatini (6) formulaga qo'ysak quyidagi tenglik hosil bo'ladi:

$$\frac{m_0 g R r \alpha_0}{2\ell} = \frac{I_0 4\pi^2}{2T_0^2} \alpha_0^2$$

bunda yuksiz platformaning inertsia momenti uchun quyidagi formula kelib chiqadi:

$$I_0 = \frac{m_0 g R r T_0^2}{4\pi^2 \ell} \quad (7)$$

Berilgan trifilyar uchun $\frac{Rrg}{4\pi^2 \ell}$ kattalik o'zgarmas bo'lib, uni c bilan belgilaylik. U holda (7) formulani sodda ko'rinishda yozish mumkin:

$$I_0 = c \cdot m_0 \cdot T_0^2 \quad (8)$$

Shuningdek, m_1 massali yuk qo'yilgan holatdagi sistemaning inertsia momenti (9) formuladan hisoblanadi.

$$I_1 = c(m_0 + m_1)T_1^2 \quad (9)$$

Yuqoridagi ikki I_1 va I_0 inertsia momentlarining ayirmasi tekshirilayotgan jismning inertsia momentiga teng bo'ladi:

$$I = I_1 - I_0 = c(m_0 + m_1)T^2 - m_1 T_1^2 \quad (10)$$

1-mashq.

Ish bajarish tartibi.

1. Asbobning aniqlik darajasini tekshiring.
2. Shnurni tortish bilan platformaning $5-6^\circ$ ga burib, u buralma harakatga keltiriladi.
3. Sekundomer yordamida 30-40 ta to'liq tebranish uchun ketgan vaqt aniqlanib, $T_0 = \frac{t}{n}$ formuladan yuksiz platformaning tebranish davri aniqlanadi.
4. Platformaga m_1 massali silindr shakldagi jismni shunday joylashtiriladiki, uning o'qi platforma o'qi bilan mos kelsin (8a-rasm). Buning uchun jism, markazlari platforma o'qida bo'lgan kontsentirik aylanalar ichiga qo'yiladi va 1, 2 punktlarda ko'rsatilgan usul bilan yukli sistemaning tebranish davri T aniqlanadi. (10) formuladan inertsia momenti I topiladi. Shu jismning inertsia momenti silindrik jism uchun nazariy yo'l bilan chiqarilgan $I = \frac{1}{2}m_1R_1^2$ formuladan hisoblanadi, tajribadan olingan natija bilan taqqoslanadi. Har ikkala natija deyarli bir xil bo'lishi lozim. (formuladagi silindrik radius shtangentsirkul bilan o'lchanadi).
5. Oddiy geometrik shaklda bo'lmagan jismlarning (shesternya, maxovik va hokozo) inertsia momentini aniqlash. Tajriba aynan yuqoridagi usul bilan bajariladi va (10) formuladan bu jismning inertsia momenti aniqlanadi.

2 – mashq.

Shteyner teoremasini tekshirish.

Yuqorida inertsia momenti aniqlangan silindr shaklidagi jismdan yana birini olib, ularni bir-biriga nisbatan (8a-rasm) da ko'rsatilgandek o'zaro simmetrik joylashtiriladi. Bu punktlar takrorlanib $T_2 = \frac{t_2}{n_2}$ formuladan sistema tebranish davri aniqlanadi.

So'ngra $I_2 = c(m_0 + 2m)T_2^2$ formuladan sistema inertsia momenti hisoblanadi. Agar jismning trifilyar osma massa markazidan a masofada turgandagi inertsia momentini I_3 desak, sistemaning inertsia momenti uchun quyidagi tenglamani yoza olamiz:

$$I_2 = I_0 + 2I_3 \quad (11)$$

Bunda I_0 - platforma inertsia momenti. U holda bitta jismning platforma massa markazidan a qadar siljirilgandagi inertsia momenti quyidagiga teng bo'ladi:

$$I_3 = \frac{I_2 - I_0}{2} \quad (12)$$

Shteyner teoremasiga asosan

$$I_3 = I + ma^2 \quad (13)$$

shart bajarilishi kerak. (10) tenglamadan topilganning qiymatini (13) ga qo'yib, har ikki usul bilan aniqlangan I_3 bir xil bo'lishi tekshiriladi.

Tekshirish natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

1- jadval

Yuksiz platforma	Silindrik jism	Ikkinchi jism
1		
2		
3		

2-jadval

Yuksiz platforma	Birinchi jism	Sistema uchun
1		
2		
3		

Asbobning doimiy kattaliklari R, r, ℓ, m jadvaldan olinadi. Bu ishda xatoliklar quyidagicha hisoblanadi.

1. Inertsia momentining o'rtacha qiymati (10) formulaga T_1 va T_2 larning o'rtacha qiymatlarini qo'yish bilan aniqlanadi.
2. Olingan natijaning o'rtacha nisbiy xatoligi quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$\delta = \frac{\Delta I}{I} = \frac{\Delta c}{c} + \frac{2(m_1 + m_0)T_1\Delta T_1 + 2m_0T_0\Delta T_0 + T_1^2(\Delta m_1 + \Delta m_0) + T_0^2\Delta m_0}{(m_1 + m_0)T_1^2 - m_0T_0^2} \quad \text{bunda}$$

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta \ell}{\ell} \quad \text{bo'ladi.}$$

3. O'rtacha absolyut xatolik esa o'rtacha qiymatning o'rtacha nisbiy xatolikka ko'paytmasi sifatida aniqlanadi, ya'ni $\Delta I = \langle I \rangle \delta$.
4. Natijaviy qiymat quyidagicha yoziladi: $I = \langle I \rangle \pm \langle \Delta I \rangle$

Sinov savollari.

1. Buralma tebranma harakatga ta'rif bering.
2. Qanday kuch ta'sirida trifilyar osma buralma tebranma harakat qiladi.
3. Inertsia momenti deb nimaga aytiladi va qanday birlikda o'lchanadi.
4. Buralma tebranma harakatning tebranish davri platformaning inertsia momentiga qanday bog'liq.
5. Shteyner teoremasini tushuntirib bering.
6. Trifilyar osma usuli yordamida jismlarning inertsia momentini aniqlash usulini tushuntirib bering.

Adabiyot

1. Ismoilov M., Xabibullaev P., Xaliulin M. Fizika kursi, «O'zbekiston» 2000 yil. 1,4-boblar.
2. Nu'monxujayev A.S. Fizika kursi.1-qism,T."O'qituvchi" 1992 yil, 5-bob.
3. Axmadjonov O.I. Fizika kursi."Mexanika va molekulyar fizika" 1- qism, «O'qituvchi». 3-bob.
4. Savelev I.V. "Umumiy fizika kursi" 1-tom, T."O'qituvchi" 5-bob.
5. Haydarova M.Sh., Nazarov O'.Q. «Fizikadan laboratoriya ishlari» T. «O'qituvchi», 57 - 61 betlar.

4 - 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 prizmalı 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 qoldiqli 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.

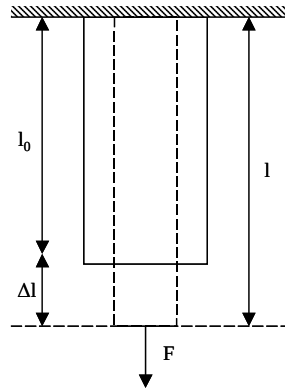
Guk elastik deformatsiyalangan jismning deformatsiya kattaligi tashqi ta'sirga proportsional ekanini aniqlagan, ya'ni,

$$F = -kx$$

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 ta'sir etishdan sterjen $\Delta\ell$ qadar cho'zilsin (9-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 setrjenning nisbiy uzayishini beradi.



9-rasm

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:

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

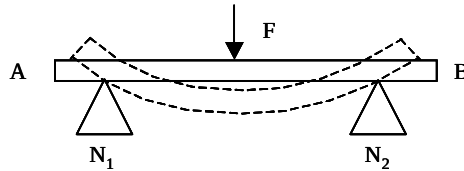
Bu tenglik cho'zilishdagi deformatsiya uchun Guk qonuni deyiladi. Elastik deformatsiya yuz berishi uchun kuchning qiymati elastiklik chegarasi doirasida bo'lishi kerak. (4)-formuladan Yung modulini aniqlaymiz:

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

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 (10-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 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.



10-рasm

Deformatsiya darajasi egilish kattaligi bilan aniqlanadi. Elastik deformatsiyada egilish kattaligi biz o'rganayotgan holda quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi.

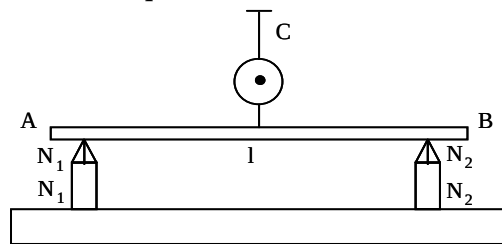
$$\lambda = \frac{F\ell^3}{4ab^3E} \quad (6)$$

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 (11-rasm). Bu prizmalarga tekshiriladigan sterjen AB qo'yiladi. Egilish kattaligi (λ) indikator yordamida aniqlanadi. Toshlar indikator ustidagi C yuzaga qo'yiladi.



11 - rasm

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: $E = \frac{F\ell^3}{4ab^3\lambda} = C \frac{F}{\lambda}$. Bunda $C = \frac{\ell^3}{4ab^3}$ - kattalik olingan sterjen uchun o'zgarmasdir. U sterjenning geometrik o'lchamlariga asosan hisoblab topiladi.

O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi:

N_0	a (m)	b (m)	ℓ (m)	F (N)	n_1 (m)	n_2 (m)	n (m)	λ (m)	E (N/m ²)	$\langle E \rangle$	ΔE	$\langle \Delta E \rangle$	$\frac{\langle \Delta E \rangle}{\langle E \rangle} \cdot 100\%$
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.

Adabiyot

1. No'monxo'jayev A.S. Fizika kursi, 1-qism, "O'qituvchi" 1993 y, 2-bob.
2. Savelev I.V. "Umumiy fizika kursi" 1-t, T, "O'qituvchi" 5-bob.
3. Maysova N.N. "Praktikum po kursu obhey fiziki" M, 75-80 c.

5 - laboratoriya ishi

TEBRANMA HARAKAT QONUNLARINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: fizik va matematik mayatniklarni tebranma harakatga keltirish bilan fizik mayatnikning inertsia momentini va matematik mayatnik yordamida jismlarning erkin tushish tezlanishini aniqlash.

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

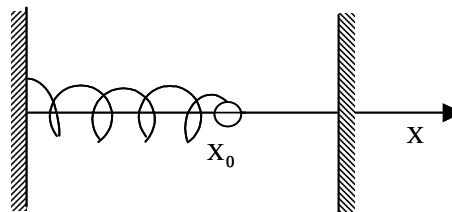
Nazariy qism

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 A -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.

1 – mashq

Fizik mayatnikning inertsia momentini aniqlash

Inertsia markazidan o'tmaydigan gorizantal o'q atrofida og'irlik kuchi ta'sirida tebrana oladigan qattiq jismga fizik mayatnik deyiladi (13-rasm). O-mayatnikning osilish nuqtasi, C -inertsia markazi, OC - mayatnik inertsia markazi bilan osilish nuqtasi orasidagi masofa bo'lib, odatda fizik mayatnik yelkasi deyiladi.

Mayatnikni biror burchakka og'dirilsa, uni muvozanat vaziyatga keltiruvchi og'irlik kuchining momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$M = -mg\ell \sin \varphi \quad (2)$$

(2) ifodadagi minus ishora kuch momentining ta'siri og'ish burchagi yo'nalishiga qarama-qarshi ekanligini ko'rsatadi.

Mayatnikning osilish o'qiga nisbatan inertsia momentini I desak, qattiq jismning aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasiga ko'ra, quyidagi tenglikni

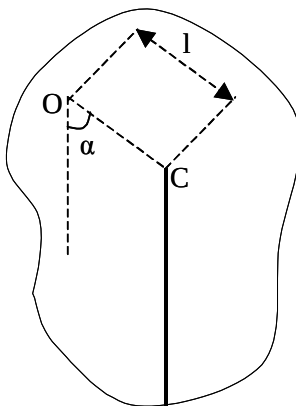
yoza olamiz: $I\varepsilon = -mg\ell \sin \varphi$ bundan $\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \varphi''$ ekanini xisobga olsak,

$$I\varphi'' = -mg\ell \sin \varphi \quad (3)$$

bundan

$$\varphi'' + \frac{mg\ell}{I} \sin \varphi = 0 \quad (4)$$

ko'rinishdagi ikkinchi tartibli bir jinsli differentsial tenglamani hosil qilamiz.



13-rasm

Og'ish burchagi kichik bo'lgan hollarda $\sin\varphi \approx \varphi$ deyish mumkin. Natijada (4) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\varphi'' + \frac{mg\ell}{I}\varphi = 0 \quad (5)$$

(5) formulaga quyidagicha

$$\frac{mg\ell}{I} = \omega_0^2 \quad (6)$$

belgilash kiritaylik. U holda (5) tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\varphi'' + \omega_0^2\varphi = 0 \quad (7)$$

Bu garmonik tebranma harakatning differentsial tenglamasi bo'lib, uning yechimi $\varphi = \varphi_0 \sin(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2})$ yoki $\varphi = \varphi_0 \cos(\omega t + \alpha)$ (8) shaklda yoziladi.

Demak, og'ish burchagi kichik qiymatga ega bo'lganda fizik mayatnikning harakati garmonik tebranma harakatdan iborat bo'lib, burilish burchagining kattaligi vaqt o'tishi bilan sinusoida yoki kosinusoida qonuniyati asosida o'zgarib turar ekan. (6) ifodaga asosan fizik mayatnikning tebranish davri quyidagicha bo'ladi:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mg\ell}} \quad (9)$$

bo'ladi. Bu tajribada kuzatiladigan fizik mayatnik 14-rasmda ko'rsatilgan. Fizik mayatnik sterjenga o'rnatilgan D va B disklardan, va prizmalardan tuzilgan. U kronshteynning ilish joyiga osib qo'yilgan. Tayanch prizmalar C' va C'' orasidagi masofani L bilan belgilaymiz. Bu kattalikka asosan mayatnik elkasini quyidagicha aniqlaymiz. Mayatnikning bir holatdagi tebranish davrini T_1 , bu holatga nisbatan mayatnik yelkasini desak, (9) formulaga binoan uning inertsia momenti quyidagicha bo'ladi:

$$I_1 = \frac{T_1^2}{4\pi^2} mg\ell \quad (10)$$

Agar mayatnikni to'nkarsak, fizik mayatnikning inertsia markazidan tayanchgacha (aylanish o'qigacha) bo'lgan masofa (yelka) va tebranish davri o'zgaradi. Bu elkaga nisbatan uning tebranish davrini T_2 deylik. U holda uning inertsia momentini quyidagi ifodadan aniqlaymiz:

$$I_2 = \frac{T_2^2}{4\pi^2} mg(L - \ell) \quad (11)$$

Aylanish o'qlari parallel ko'chirilganda Shteyner teoremasiga ko'ra, mayatnikning birinchi va ikkinchi holatlardagi inertsia momentlarini quyidagicha yozish mumkin:

$$I_1 = I_0 + m\ell^2 \quad (12)$$

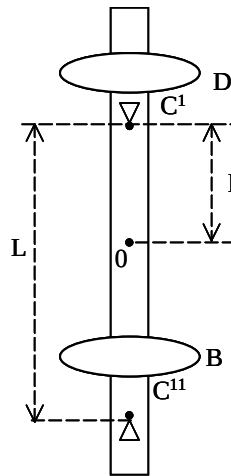
$$I_2 = I_0 + m(L - \ell)^2 \quad (13)$$

Bunda I_0 - fizik mayatnikning inertsia markazidan o'tgan gorizont o'qqa nisbatan inertsia momenti. (13) ifodadan (12) ifodani ayiramiz, u quyidagicha bo'ladi:

$$I_2 - I_1 = mL(L - 2\ell) \quad (14)$$

va bu ifodaga (10) va (11) ifodalardagi I_1, I_2 larning qiymatlarini keltirib qo'ysak $\frac{1}{4\pi^2} mg[(L - \ell)T_2^2 - \ell T_1^2] = mL(L - 2\ell)$ shakldagi tenglik hosil bo'ladi. Bundan birinchi tayanch nuqtadagi mayatnikning inertsia markazigacha bo'lgan masofa, ya'ni fizik mayatnikning elkasi quyidagi ifodaga teng ekani kelib chiqadi:

$$\ell = \frac{4\pi^2 L^2 - gLT_2^2}{8\pi^2 L - g(T_2^2 - T_1^2)} \quad (15)$$



14 - rasm

Tajribada mayatnikning ikki tebranish holatiga nisbatan tebranish davrlari T_1 va T_2 larni aniqlab (15) ifodadan mayatnikning elkasi hisoblanadi. So'ng (10) va (11) formulalardan mayatnikning ikki holatlari uchun inertsia momentlari I_1 va I_2 lar aniqlanadi.

1 - mashqda ishni bajarish tartibi

1. Mayatnikni C' prizma orqali osib, uni muvozanat vaziyatdan $4-5^\circ$ ga og'diriladi. So'ng sekundomer yordamida 50 marta tebranish uchun ketgan vaqt topilib $T_1 = \frac{t_1}{n_1}$ ifodadan tebranish davri aniqlanadi.

2. Mayatnikni to'nkarib (ag'darib) uning tebranish davri ikkinchi tayanchga nisbatan aniqlanadi. Ikki tayanch orasidagi masofa $L=0,73$ m.

3. (15) formuladan bir tayanch nuqtadan inertsia markazigacha bo'lgan masofa (mayatnik elkasi) aniqlanadi.

4. (10) va (11) formulalardan fizik mayatnikning ikki holati uchun inertsia

momenti aniqlanadi.

O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

N _o	n	t ₁ s	T ₁ s	<T ₁ > s	<T ₁ ² > s ²	n ₂	T ₂ s	T ₂ s	<T ₂ > s	<T ₂ ² > s ²	ℓ m	L m	I ₁	I ₂
1														
2														

2 – mashq

Matematik mayatnik yordamida jismlarning erkin tushish tezlanishini aniqlash

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 muvozanat vaziyatidan chiqarilsa, u og'irlik kuchining P_t tashkil etuvchisi ta'sirida o'zining muvozanat vaziyatiga intiladi (15-rasm).



15-rasm

Yuqoridagi fizik mayatnikka tatbiq etilgan amallarni (2,8-formulalar) matematik mayatnikka qo'llasak, og'ish burchagi kichik bo'lganda matematik mayatnik harakati ham garmonik tebranishdan iborat ekanini aniqlaymiz, ya'ni:

$$\varphi = \varphi_0 \cos(\omega t + \alpha) \quad (16)$$

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:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (17)$$

Demak, matematik mayatnik fizik mayatnikning xususiy holi ekan. Yuqoridagi (17) 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.(17) ifodadan erkin tushish tezlanish uchun quyidagi formulani keltirib chiqaramiz:

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} \quad (18)$$

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

2-mashqda ishni 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 50 sm, 60 sm qiymatlari uchun tajriba aynan takrorlanadi va bu uzunliklarga mos bo'lgan davrlar hisoblanadi.
5. (18) 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									

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 mayatniklarining 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.

Adabiyot

1. Axmadjonov O.I. Fizika kursi, "Mexanika va molekulyar fizika" 1-qism, T, "O'qituvchi" 7-bob.
2. Savelev I.V. "Umumiy fizika kursi" 1-t, T, "O'qituvchi" 9-bob.
3. Haydarova M.Sh.,Nazarov O'.Q. «Fizikadan laboratoriya ishlari» T, "O'qituvchi" 51-55 betlar.

6 - laboratoriya ishi

TOVUSHNING HAVODA TARQALISH TEZLIGINI REZONANS USULI BILAN ANIQLASH

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

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

Nazariy qism.

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

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

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

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

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

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

To'lqinlarni matematik formulalar orqali ifodalash mumkin. Buning uchun avval to'lqin tenglamasi bilan tanishib chiqaylik. To'lqin tenglamasi deganda to'lqin 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'lqin 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'lqinning berilgan muhitdagi tarqalish tezligi. To'lqinning bir tebranish davri T oralig'ida tarqalgan masofa (λ) to'lqin 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:

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

Ifoda (1) da $\omega = \frac{2\pi}{T}$ va $\lambda = v \cdot T$ ekanini hisobga olsak, to'lqin 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'lqinlar tarqalayotgan bo'lsa, elastik muhitni tashkil qiluvchi istalgan zarraning harakati to'lqinlarni hosil qilayotgan hamma tebranma harakatlarning geometrik yig'indisidan iborat bo'ladi.

Agar tarqalayotgan to'lqinlarning 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'lqinlar kogerent to'lqinlar deyiladi.

Chastotalari bir xil bo'lgan to'lqinlarning 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'lqin misolida yaqqol ko'rish mumkin.

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

Faraz qilaylik, o'qining musbat yo'nalishi bo'yicha yassi to'lqin 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'lqinlarning 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'lqinlarning o'qining istalgan nuqtasida vujudga kelayotgan tebranish fazalarining ayirmasi vaqtga bog'liq emas. Demak, to'lqinlar kogerentdir. Ular o'zaro qo'shilib turg'un to'lqinni hosil qiladi.

Turg'un to'lqin 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'lqin chastotasi tarqalayotgan to'lqin 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'liq 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.

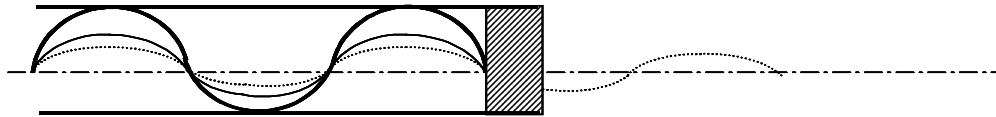
Turg'un to'liq hosil bo'lish grafik usulida quyidagicha tasvirlash mumkin.

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

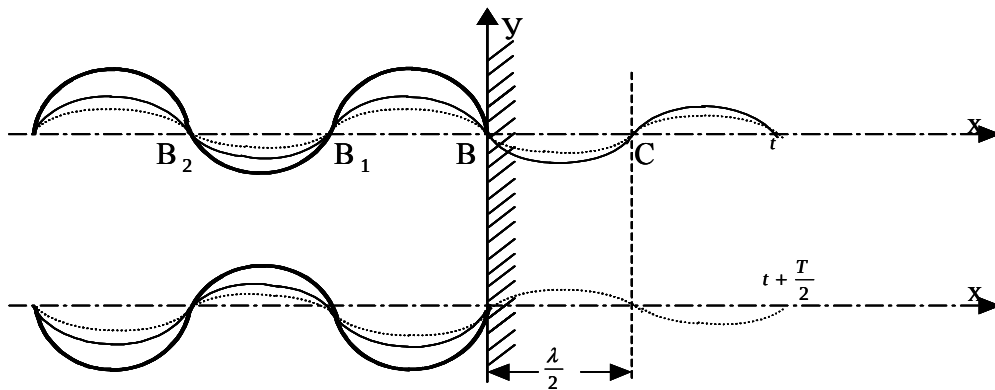
Grafik tarzida qaytgan to'liqinni chizish uchun x o'qining musbat yo'nalishi bo'yicha tarqalayotgan (16-rasmda ingichka chiziq) to'liqinni hayolan to'siq davomida yana masofaga $\frac{\lambda}{2}$ davom ettirib (BC oraliq), shu uzunlikni mutlaqo yo'q deb hisoblab, (C va B nuqtalar ustiga tushadi deb qarab) qolgan qismini (C nuqtadan davomini) 180° ga burish kerak. (16-rasm punktir chiziq).

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

Rasmda ingichka chiziq bilan to'siqqa tushuvchi, punktir bilan undan qaytuvchi, qalin chiziq bilan esa turg'un to'liq tasvirlangan. Shuningdek, 17-rasmda B, B_1 , B_2 nuqtalar turg'un to'liqning tugunlari bo'lib, amplitudaning maksimal qiymatiga to'g'ri kelgan nuqtalar esa do'nglikni xarakterlaydi.



16-pacm



17-pacm

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'liqlarida yuz beradigan rezonansga akustik rezonans deyiladi.

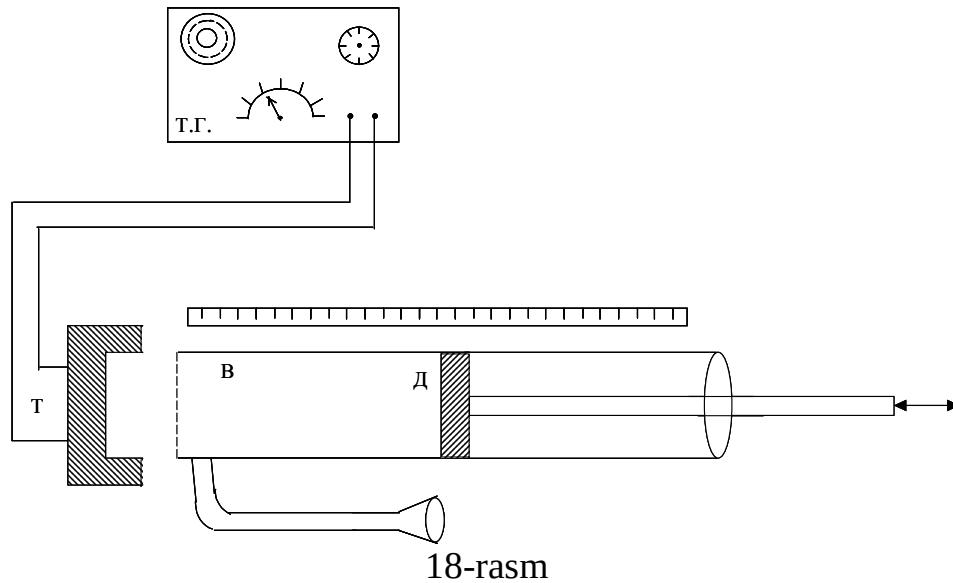
Akustik rezonans hosil qilish uchun bir tomoni ochiq ikkinchi tomoni elastik porshen bilan berkitilgan shisha nayga generatorda hosil qilingan tovush to'liqlari uzluksiz ravishda yo'naltirib turiladi. Bu to'liq porshendan bir necha marta qaytish natijasida turg'un to'liq hosil bo'ladi. Bu vaqtda naydagi havo ustuni ham turg'un to'liq chastotasiga mos ravishda tebrana boshlaganda akustik rezonans yuz beradi: ya'ni turg'un to'liq 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 Π porshenli B shisha naydan, tovush generatori-TT, telefon-T dan iborat (18-rasm).

Ishni bajarish uchun generatorda aniq chastotali tovush to'liqini 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'liqin 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, 1000 Gts. Buning uchun generator shkalasining ko'rsatkich chizig'i 1000 Gts ga diapazon pereklyuchatel esa 0-5kGts o'rnatilishi kerak.

2. Harakatlanuvchi porshenni bir tomonga surish bilan tovush maksimaleshitilgan 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 ustunining 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'liqin 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 1500 Gts va 2000 Gts chastotalar uchun ham takrorlanib, to'liqin uzunligi aniqlanadi.

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

$$\langle v \rangle = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3}$$

7. So'ngi tovushning 0°C dagi tezligi $v_0 = \frac{v}{\sqrt{1 + 0,004t}}$ 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)	$\frac{\langle \Delta \nu \rangle}{\langle \nu \rangle} \cdot 100\%$
1000									
1500									
2000									

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 tushuntiring.

Adabiyot

1. Axmadjonov O.I. Fizika kursi, "Mexanika va molekulyar fizika" 1-qism, T, "O'qituvchi" 8-bob.
2. Savelev I.V. "Umumiy fizika kursi" 1-t, T, "O'qituvchi" 10-bob.
3. Maysova N.N. «Praktikum po kursu obshey fiziki», M. 109-115 str.

7 - laboratoriya ishi

HAVONING ISSIQLIK SIG'IMLARI NISBATI C_p/C_v NI ADIABATIK KENGAYISH YORDAMIDA ANIQLASH.

Ishning maqsadi: Puasson koeffitsiyentini havo uchun aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: U simon suvli manometr, qo'l nasosi yoki kompressor.

Nazariy qism

Tekshirilayotgan jismlar to'plamiga jismlar sistemasi yoki soddagina qilib sistema deb ataladi. Juda kichik o'lchamlar va massalarga ega bo'lgan jismlar sifatida qaraluvchi ko'p sonli molekulalardan tuzilgan sistemalar misol qilib gazlarni olish mumkin. Ideal gaz deb, o'lchamsiz o'zaro ta'sir kuchi hisobga olmas darajada kichik bo'lgan betartib harakatlanuvchi moddiy nuqtalar sistemasiga aytiladi. Gaz holat parametrlari deb yuritiluvchi T-harorat, P-bosim va gaz massasi egallagan V-hajmi bilan xarakterlanadi.

Tashqi muhit o'zgarmas bo'lganda barcha holat parametrlari uzoq vaqt davomida o'zgarmay qoladigan sistemaning holati muvozanatli holat bo'ladi.

Sistemaning bir holat (P,V,T) dan ikkinchi xolat (P_1, V_1, T_1) ga o'tishiga jarayon deyiladi.

Agar sistemaga (gazga) tashqaridan issiqlik miqdori berilsa yoki undan issiqlik miqdori olinsa, sistema bir holatdan ikkinchi holatga o'tadi, ya'ni holati o'zgaradi. Natijada uning ichki energiyasi ham o'zgaradi. Ichki energiyaning o'zgarishini energiyaning saqlanish qonunidan iborat bo'lgan quyidagi termodinamikaning birinchi bosh qonuni izohlaydi.

Sistemaga berilgan issiqlik miqdori Q, sistema ichki energiyasining o'zgarishi $U_2 - U_1$ ga va sistemaning tashqi kuchlar ustidan bajaradigan ishi (A) ga sarflanadi, ya'ni

$$Q = U_2 - U_1 + A \quad (1)$$

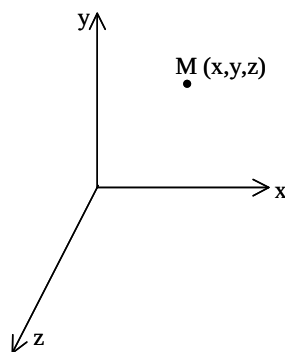
Sistema bajargan ishni yoki sistema olgan issiqlik miqdorini hisoblashda, odatda, tekshirilayotgan jarayon bir qator elementar jarayonlarga ajratiladi. Bu elementar jarayon uchun (1) tenglamani differentsial ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin.

$$\delta Q = dU + \delta A \quad (2)$$

Bunda δQ - issiqlik elementar miqdori, δA - elementar ish va dU sistema ichki energiyasining mana shu elementar jarayon davomidagi o'zgarishi.

Molekulalarning fazodagi vaziyati va konfiguratsiyasini aniqlovchi bir-biriga bog'lanmagan koordinatlar soniga molekulaning erkinlik darajasi (i) deyiladi va uning qiymati molekulaning necha atomli bo'lishiga bog'liq.

Masalan, moddiy nuqtaning shuningdek, bir atomli molekulaning harakati faqat ilgarilanma harakatdan iborat bo'lib, fazodagi holati uch parametr (X,Y,Z) bilan aniqlanadi(19-rasm).

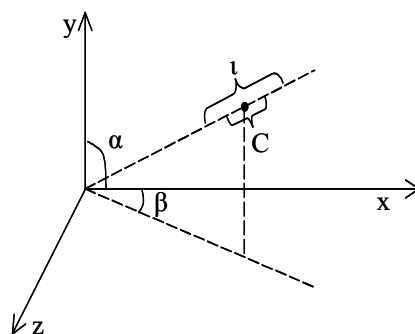


19 - rasm

Demak, bir atomli molekulaning erkinlik darajasi $i=3$ bo'ladi. Ikki atomli molekulada esa, uning atomlari bir-biri bilan kimyoviy qattiq bog'langan (20-rasm) bo'lib uning inertsia markazi C uchta koordinata bilan aniqlansa, atomlarni birlashtiruvchi o'q esa sistema o'qlariga nisbatan burchak α , β lar orqali aniqlanadi. Demak, ikki atomli molekulaning erkinlik darajasi $i=5$ bo'lib, uning uchasi ilgarilanma, ikkitasi esa molekulaning aylanma harakatini xarakterlaydi.

Agar ikki atomli molekulada harorat ortishi natijasida tebranma harakat vujudga kelsa, ya'ni molekula tarkibidagi ikkala atom orasidagi masofa vaqt o'tishi bilan o'zgarsa, bunday molekulaning fazodagi vaziyatini aniqlash uchun x, y, z, a, b larnigina bilish etrali emas.

Bunday holda istagan vaqt uchun ikki atom orasidagi masofani ham bilish kerak. Demak, bu holda molekulaning erkinlik darajasi $i=6$ ga teng bo'ladi.



20-rasm

Uch va undan ortiq atomlardan tashkil topgan molekulalarning, shuningdek, ixtiyoriy ko'rinshga ega bo'lgan qattiq jismning fazodagi vaziyatini 6 ta kattalik orqali ifodalash mumkin. Ularning 3 tasi inertsia markazini, 2 tasi inertsia markazidan o'tuvchi o'qning sistema koordinatalari bilan hosil qilgan burchaklarini α , β ni ifodalasa, bittasi molekulaning yoki qattiq jismning shu o'qqa nisbatan burilish burchagi g ni ifodalaydi (21-rasm).

Molekulyar kinetik nazariyada bir atomli ideal gaz molekulasiining kinetik energiyasi uchun quyidagi

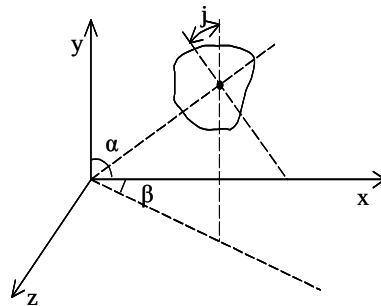
$$\langle E \rangle = \frac{3}{2} kT \quad (3)$$

formula keltirib chiqarilgan.

Bir atomli molekula uchun $i=3$ edi. Agar molekular sistemasi T haroratda muvozanat vaziyatda bo'lsa, $\langle E \rangle = \frac{1}{2}kT$ o'rtacha kinetik energiya barcha koordinatalar bo'yicha teng taqsimlanadi. U holda, (3) ga asosan, molekulaning har bir erkinlik darajasiga to'g'ri kelgan o'rtacha energiya bo'lib, har qanday atomli bitta molekulaning o'rtacha kinetik energiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$\langle E \rangle = \frac{1}{2}kTi = \frac{i}{2}kT \quad (4)$$

Ko'riladigan ishda mulohazalarni 1 mol gaz uchun olib boramiz. Shuning uchun mol tushunchasining ta'rifi bilan tanishaylik.



21-rasm

Molekulalarning (atomlarning) son jihatdan massasi 0,012 kg bo'lgan uglerod C^{12} izotopining tarkibidagi atomlari soniga teng bo'lgan modda miqdoriga shu moddaning bir moli deb ataladi.

Bir mol ideal gazdagi molekular (atomlar) soni Avogadro soni N_A deb yuritiladi. U holda (4) formulaga asosan bir mol ideal gazning ichki energiyasi Avogadro soni bilan bitta molekula o'rtacha kinetik energiyasining ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$U_\mu = N_A \cdot \langle E \rangle = \frac{i}{2}kT \cdot N_A = \frac{i}{2}RT \quad (5)$$

Bunda R -universal gaz doimiysi, T -absolyut harorat.

Ixtiyoriy m massali gazning T haroratidagi ichki energiyasi esa bir molning ichki energiyasi bilan m massadagi mollar soni (m/μ) ning ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$U = \frac{m}{\mu} U_\mu = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT \quad (6)$$

Demak har qanday berilgan ideal gazning ichki energiyasi uning absolyut haroratiga, molekulaning erkinlik darajasiga va gaz massasiga to'g'ri proporsional bo'lar ekan.

Agar bir mol gaz xarorati dT ga o'zgarsa, (5) ga asosan uning ichki energiyasining o'zgarishi quyidagicha bo'ladi:

$$dU = \frac{i}{2} R dT \quad (7)$$

Gaz hajmining kengayishida bajargan elementar ishi

$$\delta A = p dV \quad (8)$$

ga teng.(7) va (8) ifodalarni olib kelib (2) ga qo'ysak, termodinamikaning birinchi bosh qonuni uchun quyidagi ko'rinishdagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$\delta Q = \frac{i}{2} R dT + p dV \quad (9)$$

Massalari bir xil bo'lgan turli moddalar haroratini 1 K ga oshirish uchun har xil issiqlik miqdori sarflanadi. Shuning uchun, termodinamikada sistemalarni tashkil qiluvchi moddalarning issiqlik olish xususiyatlarini xarakterlash maqsadida issiqlik sig'imi tushunchasi kiritilgan.

Jismning issiqlik sig'imi deb, uning haroratini 1 K ga oshirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoriga son jihatidan teng bo'lgan kattalik aytiladi.

Demak, jismga δQ issiqlik miqdori berilganda uning harorati dT ga ortsa, ta'rifga ko'ra jismning issiqlik sig'imi $C = \frac{\delta Q}{dT}$ ga teng bo'ladi.

Jismning SI sistemasida issiqlik sig'imining o'lchov birligi J/K bo'ladi.

Moddaning (gazning) solishtirma issiqlik sig'imi deb, uning bir birlikka teng bo'lgan massasining haroratini 1 K ga ko'tarish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoriga son jihatdan teng bo'lgan kattalikka aytiladi, ya'ni

$$C = \frac{\delta Q}{m dT} \quad (10)$$

Halqaro birliklar sistemasi SI da solishtirma issiqlik sig'imi J/kgK da o'lchanadi.

Molyar issiqlik sig'imi deb, bir mol modda (gaz) haroratini 1 K ga oshirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga son jihatdan teng bo'lgan kattalikka aytiladi va quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$C_{\mu} = \frac{\delta Q}{dT} \quad (11)$$

Molyar issiqlik sig'imining SI dagi birligi J/mol K.

Molyar issiqlik sig'imi bilan solishtirma issiqlik sig'im orasidagi quyidagi bog'lanish mavjud

$$C_{\mu} = c \mu \quad (12).$$

Gazlarning issiqlik sig'imlari ularning isitilishiga bog'liq. Masalan, gazdagi sodir bo'layotgan jarayon davomida uning hajmi o'zgarmasdan qolsa, molyar issiqlik sig'im (C_v) o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi deb ataladi.

O'zgarmas hajmdagi jarayonga ($V=\text{const}$) esa izoxorik jarayon deyiladi.

Bu holda tashqaridan berilgan δQ issiqlik miqdori faqat gazning ichki energiyasini oshirishga (dU) sarf bo'ladi ($dA=0$) demak, (7) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\delta Q = dU = \frac{i}{2} R dT \quad (13)$$

(11) va (13) ifodalarni o'zaro taqqoslab, moddaning hajmi o'zgarmas bo'lgandagi molyar issiqlik sig'im uchun quyidagi formulaga ega bo'lamiz.

$$C_v = \frac{i}{2} R \quad (14)$$

(14) dan ko'rinadiki, C_v ning qiymati gaz molekulalarining erkinlik darajasi i ga bog'liq ekan.

Agar o'zgarmas bosimda, ya'ni $P=\text{const}$ ($dP=0$) isitilsa, molyar issiqlik sig'im o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'im deb ataladi va u C_p bilan belgilanadi. Bu holda gazga berilgan δQ issiqlik miqdori uning ichki energiyasining ortishi dU ga va tashqi jismlar ustida dA ish bajarishga sarf bo'ladi (9-formulaga qarang). Bir mol gaz uchun ideal gaz holat tenglamasini $P=\text{const}$ bo'lgan jarayon uchun differentsiallab

$$pdV = RdT \quad (15)$$

ifodaga ega bo'lamiz. (15) ni (9) ga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz.

$$\delta Q = \frac{i}{2} RdT + RdT = dT \left(\frac{i}{2} R + R \right) \quad (16)$$

Bundan

$$\frac{\delta Q}{dT} = \frac{i}{2} R + R \quad (17)$$

ekani kelib chiqadi.

Ushbu ifodani (11) bilan taqqoslasak, o'zgarmas bosimdagi molyar issiqlik sig'imi quyidagiga teng bo'ladi:

$$C_p = \frac{i}{2} R + R = \frac{i+2}{2} R \quad (18)$$

(14) da $\frac{i}{2} R = C_v$ bo'lganligi uchun, (18) formulani

$$C_p = C_v + R \quad (19)$$

ko'rinishda ham yozish mumkin.

Gaz hajmining bizga tanish bo'lgan izobarik va izotermik o'zgarish jarayonlaridan tashqari yana adiabatik jarayon ham mavjud. Sistema va atrof muhit o'rtasida issiqlik almashmasdan boradigan jarayonlarga adiabatik jarayon deyiladi. Bu holda $\delta Q=0$ bo'lib, termodinamikaning birinchi asosiy (1) formulasi quyidagi ko'rinishga keladi.

$$\delta A = -dU \quad (20)$$

Bu formulada minus ishora adiabatik kengayishda sistema ichki energiyasining kamayishini ko'rsatadi, ya'ni sistema o'zining ichki energiyasi hisobiga ish bajaradi. Adiabatik jarayonni xarakterlaydigan formula quyidagi ko'rinishga ega:

$$PV^\gamma = \text{const} \quad (21)$$

Bu ifoda Puasson formulasi deb ham ataladi. Bunda γ -adiabata darajasi yoki Puasson koeffitsienti deyilib, u o'zgarmas bosimdagi molyar issiqlik sig'im (C_p) ning, o'zgarmas hajmdagi molyar issiqlik sig'im (C_v) ga nisbatiga teng:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i} \quad (22)$$

Puasson formulasi yana quyidagi ko'rinishlarda ham ifodalanishi mumkin:

$$TV^{\gamma-1} = \text{const} \quad (23)$$

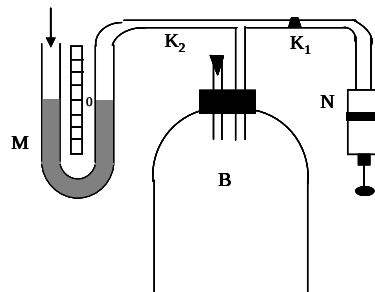
yoki

$$T^\gamma P^{\gamma-1} = \text{const} \quad (24)$$

Asbobning tuzilishi va ish uslubi

Qurilma havo bilan to'ldirilgan 20-30 litr hajmli B shisha balondan iborat (22-rasm). Rezina naycha yordamida balonga suvli U simon M manometr ulangan. Manometrning tirsaklardagi havoning hajmini balloning hajmiga nisbatan nazarga olmasa ham bo'ladi. Ballonga K_1 jo'mrak orqali N qo'l nasosi ulangan bo'lib, uning yordamida ballonga havo haydaladi. K_2 jo'mrak esa ballondagi gazni tashqi atmosferadan ajratib turadi. K_1 jumrak ochilsa, ballon ichidagi bosim atmosfera bosimi P_0 bilan tenglashadi. Bu xolda, ballon ichidagi m massali gaz P_0, V_0 va T_0 parametrlar bilan xarakterlanadi. Bunda T_0 -tashqi muhit (xona) harorati. Agar K_1 jo'mrakni ochib (K_2 berk) ballonga N nasos yordamida m massali havo haydasak, ballon ichidagi gaz (havo) ning bosimi ortadi. Shu bilan birga ballonga havo tez haydalishi natijasida, adiabatik siqilish sodir bo'lib, undagi havoning harorati tashqi muhit (xona) harorati T_0 ga nisbatan biror T gacha ($T > T_0$) ortadi. Lekin, vaqt o'tishi bilan idishdagi havoning harorati T issiqlik almashinuvi natijasida xona harorati T_0 ga tenglashguncha asta sekin kamayib boradi. Unga mos ravishda

idishdagi havoning bosimi ham kamayib boradi. Nihoyat idishdagi havoning harorati T xona harorati T_0 ga teng bo'lgandagina, ortiqcha bosimni ifodalovchi manometr sathlarining farqi aniq h qiymatga erishadi. Ballondagi ($m_0 + m$ massali gazning bu birinchi holati T_0 va P_1 parametrlar bilan xarakterlanadi. (1 xolat: T_0 , P_1) Atmosfera bosimi P_0 bo'lsa, ballondagi gazning bosimi P_1 quyidagiga teng bo'ladi.



22-rasm

$$P_1 = P_0 + h_1 \quad (25)$$

bunda P_0 - mm suv ustunida ifodalangan atmosfera bosimi, h -mm suv ustunida ifodalangan idishdagi ortiqcha bosim.

Agar jumrak K_2 tez ochilsa, idishdagi havoning bosimi P_1 tashqi bosim P_0 ga tenglashguncha idishdagi gaz adiabatik ravishda kengayib boradi, natijada idishdagi havo T_2 gacha soviydi. (Jumrak ochilganda idishdan havoni m massali bir qismi chiqib ketadi, qolgan havoning m_0 massali qismi kengayib idishning butun V_0 hajmini egallaydi).

Bu holat gazning ikkinchi holatidir (2 xolat: P_0, T_2) K_2 -jumrak ochilgan zaxoti ($P_1 = P_0$) qaytadan berkitilsa, ballondagi m_0 massali gaz tashqi muhit bilan issiqlik almashinish natijasida izoxorik ravishda ($V_0 = \text{const}$) isiy boshlaydi. Gaz harorati ortishi bilan bosim ham ortib boradi va nihoyat gazning harorati tashqi T_0

harorati bilan tenglashganda bosimning ortishi to'xtaydi. Bu holat gazning uchinchi holati bo'ladi. (3 holat: P_2, T_0) Bunda ballondagi havoning bosimi quyidagiga teng bo'ladi.

$$P_2 = P_0 + h_1 \quad (26)$$

h_1 - mm suv ustunida ifodalangan idishdagi ortiqcha bosim.

Shunday qilib; gazning 1 holatdan 2 holatga o'tishi, adiabatik jarayondan iborat bo'lganligi uchun Puasson tenglamasining (25) ko'rinishini quyidagicha yozish mumkin:

$$T_0^\gamma P_1^{\gamma-1} = T_2^\gamma P_0^{\gamma-1} \text{ yoki } \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^\gamma \quad (27)$$

Gaz 2 holatdan 3 holatga izoxorik - o'zgarmas hajmda o'tganligi uchun Gey-Lyusakk qonuniga binoan quyidagini yozamiz:

$$P_2 = P_0 \frac{T_2}{T_0} \text{ yoki } \frac{P_2}{P_0} = \frac{T_2}{T_0} \quad (28)$$

(26) tenglikni γ darajagacha ko'tarib, (28) ifoda bilan taqqoslasak, quyidagi tenglikka ega bo'lamiz:

$$\left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{P_2}{P_0}\right)^\lambda \quad (29)$$

(29) tenglamaga (25) va (26) lardan P_1 va P_2 larni olib kelib qo'ysak quyidagi tenglamani hosil qilamiz.

$$\left(\frac{P_0 + h}{P_0}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{P_0 + h_1}{P_0}\right)^\gamma \text{ yoki } \left(1 + \frac{h}{P_0}\right)^{\gamma-1} = \left(1 + \frac{h_1}{P_0}\right)^\gamma \quad (30)$$

bu tenglamada h/P_0 va h_1/P_0 lar birdan juda kichik bo'lganligi uchun, tenglamani Nyuton binomi bo'yicha yoyib, ikkita birinchi hadlari bilan chegaralansak, quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$1 + (\gamma - 1) \frac{h}{P_0} = 1 + \gamma \frac{h_1}{P_0} \text{ yoki } (\gamma - 1)h = \gamma h_1 \quad (31)$$

(31) dan γ ni topsak u quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\gamma = \frac{h}{h - h_1} \quad (32)$$

(32) formula asosiy formula bo'lib: undan gaz issiqlik sig'implari nisbati γ topiladi.

Ishni bajarish tartibi

1. 22-rasmda keltirilgan shaklga asosanib: qurilmadagi K_2 jumrak ochiladi va manometrdagi suyuqlik ustunlarining sathlari tenglashtiriladi.

2. K_2 - kranni yoping, so'ngra K_1 - kranni ochib, ballonga nasos yordamida gaz qamang. Suyuqlik sathlari orasidagi farq 150-180 mm ga yetganda, gaz qamashni to'xtating. Suyuqlik sathlari orasidagi farq turg'un holatga kelganda, bu farqni o'lchab jadvalga yozing. Bu kattalik h bo'ladi.

3. K_2 - kranni ochib, suyuqlik sathlari tenglashishi bilan yoping. Bunda gaz adiabatik kengayadi, natijada harorati bir oz pasayadi. Bir oz kutsak, issiqlik

almashinuvi natijasida gaz harorati xona haroratigacha ko'tarilib, gazning bosimi bir oz oshadi va sathlar farqi h_1 hosil bo'ladi. Manometrdan uning ko'rsatishini yozib oling.

4. (32) tenglama yordamida γ ni hisoblang.

5. Tajribalarni 5-6 marta takrorlang.

6. Absolyut va nisbiy xatoliklarni hisoblab, natijani quyidagi jadvalga yozing tajribadan topilgan γ qiymatini (18) formulaga asosan hisoblangan qiymat bilan taqqoslang.

N ^o	h	h_1	γ	$\langle \gamma \rangle$	$\Delta \gamma$	$\langle \Delta \gamma \rangle$	$\frac{\langle \Delta \gamma \rangle 100\%}{\langle \gamma \rangle}$
1							
2							
3							
4							

Sinov savollari

1. Ishdan maqsad nima.
2. Adiabatik jarayonga ta'rif bering.
3. Puasson formulasini tushuntiring.
4. Termodinamikaning birinchi qonunini yozib tushuntiring.
5. Sistemaning ichki energiyasiga ta'rif bering, ideal gazga tatbiq eting.
6. Molekulalarning erkinlik darajasiga ta'rif bering, turli atomli molekulalarda uning qiymati har xil bo'lish sababini tushuntiring.
7. Molekulalarning solishtirma va molyar issiqlik sig'imlarini ta'riflang, ularning o'lchov birliklarini tushuntiring.
8. C_p va C_v larning farqini tushuntirib, nima uchun $C_p > C_v$ ekanini izohlang.

Adabiyot

1. Nu'monxujayev A.S. Fizika kursi, 1-qism, T, "O'qituvchi" 1993 yil, 11-bob.
2. Axmadjonov O.I. Fizika kursi, "Mexanika va molekulyar fizika", 1-qism, T, "O'qituvchi" 10-bob.
3. Savelev I.V. "Umumiy fizika kursi" 1-t, T, "O'qituvchi" 11-bob.
4. Maysova N.N. "Praktikum po kursu obhey fiziki" M.139-148 s.

8- 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 ko'effitsiyentini aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: uzunligi 100-150 sm va diametri 10-15 sm bo'lgan silindirik shisha idish: tekshiriladigan suyuqlik, kichik qo'rg'oshin va metall sharchalar, sekundomer, chizig'ich.

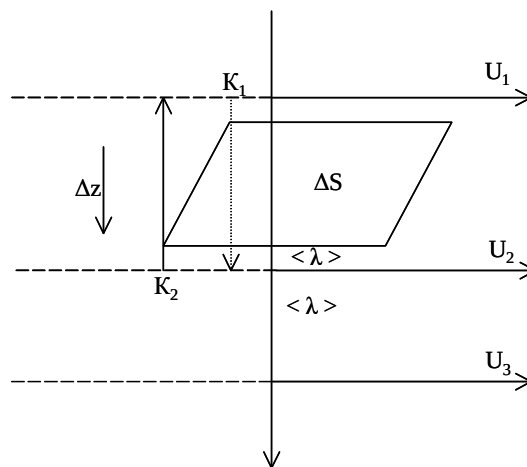
Nazariy qism

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, (23-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.



23-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 koefitsienti yoki yopishqoqlik koefitsienti 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 koefitsienti qiymat jihatidan tezlik gradienti bir birlikka teng bo'lganda birlik yuzada hosil bo'lgan ichki ishqalanish kuchiga teng bo'lar ekan. Ichki ishqalanish koefitsiyentining birligi qilib SGS sistemada Puaz qabul qilingan. 1 Puaz = 1gr/syk sm.

SI sistemasida ichki ishqalanish koefitsiyentining birligi

Suyuqliklarning ichki ishqalanish koefitsienti 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 ta'sir etadi:

$$F = 6\pi\eta vr \quad (1)$$

Bunda r -sharchaning radiusi, v -sharchaning barqarorlashgan harakat tezligi, η - muhitning ichki ishqalanish koefitsienti yoki qovushoqlik koefitsienti.

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. $F = 6\pi\eta vr$. Demak sharchaga ta'sir qiluvchi kuchlar bir to'g'ri chiziq bo'ylab, ya'ni og'irlik kuchi pastga suyuqlikning ko'tarish kuchi va

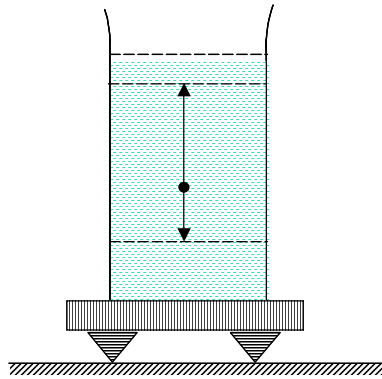
qarshilik kuchlari yuqoriga yo'naladi (21-rasm). Bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi quyidagi formuladan aniqlanadi:

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

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.



24-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'shib 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;

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

tenglamani olamiz va bundan η - ichki ishqalanish ko'effitsiyentini aniqlaymiz

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

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

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

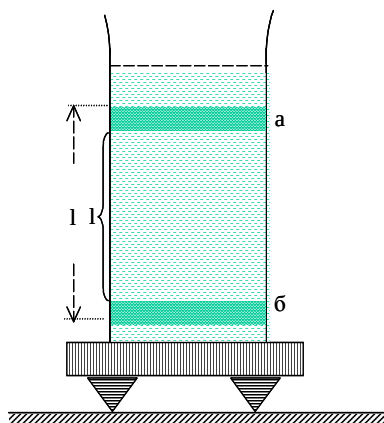
bo'ladi. (9) formuladagi ρ, ρ_0, g va ℓ lar o'zgarmas kattaliklar bo'lgani uchun

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

deb belgilaymiz. Natijaviy formulamiz quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\eta = Cd^2t \quad (10)$$

Ichki ishqalanish ko'effitsiyentini Stoks usulida aniqlashda ishlatiladigan qurilma (25-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.



25-rasm

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 ko'effitsienti η aniqlanadi. Topilgan natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

N _o	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.

Adabiyot

1. Nu'monxo'jayev A.S. Fizika kursi, 1-qism, T. "O'qituvchi" 1993 yil. 12-bob.
2. Axmadjonov O.I. Fizika kursi, "Mexanika va molekulyar fizika" 1-qism, T. "O'qituvchi" 11-bob.
3. Savelev I.V. "Umumiy fizika kursi" 1-t. T. "O'qituvchi" 12-bob.
4. Haydarova M.Sh., Nazarov U.Q. Fizikadan laboratoriya ishlari. T. "O'qituvchi" 76-78 bet.

MUNDARIJA

1. Kirish.....	3
2. 1- laboratoriya ishi. Qattiq jismlarning zichligini aniqlash.....	6
3. 2- laboratoriya ishi. Aylanma harakat qonunlarini Oberbek mayatnigi vositasida o'rganish va qattiq jism inertsia momentini aniqlash.....	9
4. 3- laboratoriya ishi. Trifilyar osma usuli bilan har xil jismlarning inertsia momentini aniqlash.....	16
5. 4- laboratoriya ishi. Egilish usuli orqali Yung modulini aniqlash.....	22
6. 5- laboratoriya ishi. Tebranma harakat qonunlarini aniqlash.....	26
7. 6- laboratoriya ishi. Tovushning havoda tarqalish tezligini aniqlash.....	32
8. 7- laboratoriya ishi. Havoning issiqlik sig'implari nisbati C_p/C_v ni adiabatik kengayishi yordamida aniqlash.....	38
9. 8- laboratoriya ishi. Suyuqliklarning ichki ishqalanish ko'effitsiyentini Stoks usuli bilan aniqlash	46
M u n d a r i j a.....	51