

Umumiy fizika kursidan praktikum. Mexanika



**O'QUV
QO'LLANMA**

K.A. Tursunmetov,
F.Y. Turg'unboyev, I.X. Xamidov

Özbi2
93

K.A.Tursunmetov, F.Y.Turgunbaev, I.X.Xamidjonov
1-85

UMUMIY FIZIKA KURSIDAN PRAKTIKUM

M E X A N I K A

B 26754

**O'ZMU
MARKAZIY
O'QUV ZALI
ARM**

Toshkent
2021

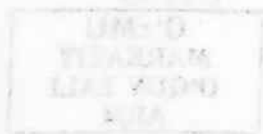
UO'K 53(076.5)

KBK 22.3ya73

T 87

Umumiy fizika kursidan praktikum. Mexanika [Matn]:
o'quv qo'llanma / K.A. Tursunmetov Tursunmetov va
boshq. – Toshkent: Spectrum Media Group, 2021. – 320 b.

ISBN 978-9943-8499-1-4



© K.A.Tursunmetov, F.Y.Turgunbaev, I.X.Xamidjonov, 2021

© «Spectrum Media Group», 2021

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI**

**MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI**

K.A.Tursunmetov, F.Y.Turgunbaev, I.X.Xamidjonov

**UMUMIY FIZIKA KURSIDAN
PRAKTIKUM**

M E X A N I K A

Toshkent
2022

Annotatsiya

Ushbu o'quv qo'llanma universitetlarning «Fizika», «Astronomiya» va «Tibbiyot fizikasi» yo'nalishi bo'yicha ta'lim oluvchi talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, u umumiy fizika kursining mexanika bo'limiga oid 30 dan ortiq laboratoriya ishlarini o'z ichiga olgan. O'quv qo'llanmaga kirgan har bir laboratoriya ishida o'rganiluvchi hodisa yoki fizik jarayonlar bilan bog'liq qisqacha nazariy ma'lumotlar, ya'ni laboratoriya ishlarining nazariyasi, ish bajarish tartiblari, hisoblash usullari va talabalarga hisobot tayyorlash jarayonida qulaylik yaratish maqsadida nazorat savollari hamda bunda kerak bo'ladigan qo'shimcha adabiyotlar ro'yxati keltirilgan. Shuningdek o'quv-uslubiy qo'llanmaga 9 ta xorijda ishlab chiqarilgan laboratoriya ishlari kiritilgan.

O'quv qo'llanmaga kiritilgan laboratoriya qurilmalari va qator ishlanmalarda O'zMU fizika fakultetining etakchi o'qituvchilari qatnashgan va ularga mualliflar chuqur minnatdorchilik bildiradi. O'quv qo'llanmadan texnika va pedagogika universitetlari talabalari hamda fizika fani o'qituvchilari ham foydalanishi mumkin.

Настоящее учебно-методическое пособие предназначена для студентов, обучающихся на этапе бакалавриата ВУЗов и содержит более 30-ти лабораторных работ по разделу общей физики «Механика». В каждой лабораторной работе, включенных в этом учебное пособие, имеются краткие теоретические сведения по изучаемой физической явлениям и процессов, т.е. теория лабораторных работ, порядок выполнения работы, методы вычисления результатов эксперимента и контрольные вопросы для облегчения подготовки отчета студентами, а также список необходимых литератур.

Также в учебно-методическое пособие включены 10 лабораторных работ, разработанных зарубежом. В постановке

ряд лабораторных работ и описании к ним, участвовали ведущие преподаватели физического факультета и авторы учебного пособия выражают глубокую благодарность. Учебно-методическое пособие полезно также студентам технических и педагогических университетов а также оно полезно для преподавателей Физики.

This study pasobia is intended for students studying at the stage of higher education institutions and contains more than 30 laboratory works on the section of general physics "Mechanics". Each laboratory work included in this tutorial contains brief theoretical information on the studied physical phenomena and processes, i.e. the theory of laboratory work, the order of performance of work, methods for calculating the result of the experiment and control questions for the development of the preparation of the report by students, as well as a list of necessary literatures.

Also included in the tutorial are 10 laboratory works developed abroad. A number of laboratory works and descriptions to them were written by leading faculty members and the authors of the textbook expressing deep thanks. The manual is also useful for students of technical and pedagogical universities and it is also useful for teachers of Physics.

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2020 yil 4 maydagi 285-sonli buyrug'iga asosan nashrga tavsiya etilgan.

SO'Z BOSHI

Universitetlarda va boshqa oliy o'quv yurtlarida «Fizika», «Astronomiya» va «Tibbiyot fizikasi» yo'nalishi bo'yicha talabalarni o'qitish samaradorligini oshirish omillaridan biri ularni hozirgi zamon yutuqlarini hisobga oladigan praktikum mashg'ulotlari bo'yicha o'zbek tilidan zamonaviy o'quv qo'llanma bilan ta'minlanishidir. Ushbu «Umumiy fizika kursidan praktikum. Mexanika» o'quv qo'llanmasi mualliflarining praktikumni tashkil qilish, yangi laboratoriya ishlarini qo'yish va mukammallashtirish borasidagi ko'pyillik ish tajribasining samarasidir. Mualliflar bo'lajak fiziklarning fizik qonuni va jarayonlarni chuqurroq o'rganish, ularni laboratoriya sharoitida tajribada kuzatish va fizik parametrlarini o'lchash usullari hamda uslublarni o'zlashtirishga ko'maklashini maqsad qilib qo'yanlar.

O'quv qo'llanmaga kirgan barcha laboratoriya ishlari boshqa qo'llanmalardagiga nisbatan chuqurroq va kengroq berilgan, texnik va uslubiy yangiliklar kiritilgan, o'lchash natijalarini qayta ishlash hamda talabalarining hisobotga tayyorgarligi jarayonini qisqartirish va yaxshilash maqsadida qo'shimcha adabiyotlar va nazorat savollar tizimi berilgan. Yana shuni ta'kidlash kerakki, laboratoriya ishlarining bir qismi zamonaviy o'lchash asboblari bilan ta'minlangan va talabalar bu asboblarda ishlash ko'nikmasini oladilar.

O'quv qo'llanmaga kiritilgan laboratoriya ishlaridan bir qismi yangi ishlar bo'lib, ular dumalanish-ishqalanish koeffitsientini aniqlashga bag'ishlangan. Ko'pchilik adabiyotlarda bu mavzuga deyarli ahamiyat berilmagan. Shuning uchun bu ishlar bayonida dumalanish-ishqalanish va uni aniqlash uslublari batafsil berilgan. Bu esa talabalarining zamonaviy texnika uchun zarur bo'lgan bo'limni yanada chuqurroq egallashga imkon beradi. Shu jumladan, impulsni saqlanish qonunini o'rganish, elektron tarozida jismning og'irligini aniqlash, disk va g'ildirakning inertsiya momentini nazariy va tajribada aniqlash hamda taqqoslash, shu asosda «Shteyner-Guygens teoremasini tekshirish, tebranishlarning so'nishidan suyuqlikning qovushqoqligi koeffitsiyentini aniqlash

kabi laboratoriya ishlar nazariy, texnik va uslubiy tomonlardan modifikatsiyalashtirilgan.

Har bir laboratoriya ishini bajarish uchun zarur bo'lgan asbob va anjomlarning nomlari, ishni bajarish tartibi, ish natijalarini qayta ishlash usuli va uslubi hamda talaba o'zini tekshirib ko'rish va hisobot tayyorlash jarayonini tezlashtirish va osonlashtirish maqsadida nazorat savollar keltirilgan.

Laboratoriya ishlarida o'tkazilgan tajriba natijalarini qayta ishlash va xatoliklarni hisoblash nazariyasi hamda uslublari qo'llanmaning kirish qismida bayon etilgan.

I BOB. O'LGHASH XATOLIKLARI VA ULARNI HISOBLASH

1. O'lchaslar va o'lchash xatoliklari

Fizika fani tajribaviy (eksperimental) fandır. Buning ma'nosi deyarli barcha fizik qonun va qonuniyatlar tajriba natijalarini umulashtirish asosida o'rnatiladi. Shuning uchun praktikumning maqsadi kichik bir maket yoki qurilmada fizik hodisani tashkil qilish va o'rganishdan iborat.

Fizika fani-miqdoriy tavsiflanadigan (xarakterlanadigan) fandır. Fizik tajribaning natijasi qandaydir sonlar to'plamidan iborat bo'lib, ular tekshirishlar asosida o'rnatilgan fizik qonuniyatlarni shu sonlarni bir-biriga bog'lanishini xarakterlaydigan matematik ifodalar orqali tavsiflanadi.

Fizik praktikumning asosiy mohiyati maket yoki qurilmalarda fizik hodisa va qonuniyatlarni o'rgangan holda, ularni xarakterlaydigan fizik kattaliklarni to'g'ri o'lchash va ularni qonuniyatlarini tavsiflaydigan formulalar asosida hisoblash hamda taqqoslashdir.

Jumladan talabalar fizika praktikumida:

1. Asboblardan bilan ishlash, ularda ishlash malakasini (ko'nikmasini) hosil qilish;
2. Tajribalarni uslubiy to'g'ri bajarish va fizik kattaliklarni o'lchash ko'nikmalarini hosil qilish;
3. O'lchash natijalarini va xatoliklarini hisoblash texnikasini egallash hamda o'lchash natijalarini qayta ishlash kabi malakalarini egallashlari;
4. Jarayonni tashkil qilish, uni o'tkazish, o'lchash jarayonini va tajriba natijalarini avtomatlashtirilgan kompyuter texnikasidan foydalanilgan holda amalga oshirish malaka va ko'nikmasini egallashlari zarur.

Fizika praktikumida asosiy jarayonlardan biri bu shu fizik hodisa yoki qonuni tavsiflaydigan fizik kattalikni o'lchashdir.

Biror fizik kattalikni o'lchash uni o'lchov birligi sifatida qabul qilingan kattalikdan necha marta kata-kichikligini bilishdan iborat.

O'lchash aniqligi hech qachon «absolut» aniq bo'lishi mumkin emas. U qandaydir biror xatolikka ega bo'ladi. Bunga quyidagi sabalarning mavjudligidir: Birinchidan, o'lchov asbobining fizik kattalikni ma'lum bir aniqlikda o'lchash bo'lsa, ikkinchidan, shu asbob bilan tajriba o'tkazib fizik kattalikni o'lchayotgan shaxsning ham har xil e'tibor bilan ishlashi hamdir.

O'lchash sifati o'lchash aniqligi kattalikning haqiqiy qiymati a dan farq qiladi. Xatolik deb tajribada topilgan qiymat bilan haqiqiy qiymat orasidagi farq tushuniladi:

$$\Delta x_i = x_i - a \text{ yoki } x_{o'lch} - x_{haq} = \Delta x_i$$

Ko'pincha bu kattalik o'lchashning absolut xatoligi deb yuritiladi. Ammo bu qiymatdan foydalanish har doim qulay emas. Masalan, stol uzunligi 100 sm va silindr diametri 10 sm bo'lsin, ikkalasi ham $\Delta x = 0,1$ sm xatolik bilan o'lchangan bo'lsin. U holda ayta olamizki, stol silindrga qaraganda katta aniqlikda o'lchangan. Bu kriteriyni esa nisbiy xatolik deb, absolut xatolikni shu kattalikning o'rtacha qiymatiga nisbatini foizlardan ifodalangan qiymatiga aytiladi, ya'ni

$$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Stol uchun bu xatolik $\varepsilon_s = \frac{0,1}{100} \cdot 100\% = 0,1\%$ va silindr uchun

$\varepsilon_s = \frac{0,1}{10} \cdot 100\% = 1\%$ ni tashkil qiladi.

2. O'lchash xatoliklari turlari

O'lchashlar paytida izlanayotgan fizik kattalikning haqiqiy qiymati (a) topilmasdan, balki qandaydir xatoliklar bilan uning aniqlangan qiymati topiladi. Bu o'lchashlardagi xatoliklar fikran uch turga ajratilishi mumkin: 1. Sistematik xatolik; 2. Tasodifiy xatolik; 3. Qo'pol xatolik.

Sistematik xatolik bir xil o'lchash usuli va bir xil asbobda barcha o'lchashlarda qiymati va ishorasi bir xil bo'ladigan xatolikdir. Shuning uchun hamma vaqt mavjud bo'ladigan xatoliklar ham deb yuritiladi. Xatolik asbob bo'limining

noto'g'riligi yoki asbob nolini siljib qolganligi bilan vujudga kelishi mumkin. Shuningdek asbobning o'lchash aniqligi bilan bo'lgan – asbobning o'lchash xatoligi ham shu jumladandir.

Tasodifiy xatolik bir xil o'lchash usulida qiymati va ishorasi turlicha bo'lib, uning qanday bo'lishini oldindan aytib bo'lmaydi. Tasodifiy xatolik ko'pgina faktorlarga bog'liq bo'lib, asbob strelkasining ishqalanishi, asbobda luft bo'lishi, o'lchash qurilmasining tebranishi, o'lchanayotgan jism kesimining yoki qalinlik birday emasligi natijasida yuzaga kelishi mumkin. Bunday xatolikni oldindan hisobga olish qiyin bo'lgan va tasodifiy sabablarga bog'liq bo'lgan xatolik ham deyiladi. Shuning uchun tasodifiy xatolikni kamaytirish maqsadida o'lchashlar qayta-qayta bajariladi. Faraz qilaylik, tasodifiy xatoliklar mavjud bo'lsin. Tajribadan so'ng bir biridan farqlanuvchi $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ qiymatli natijalarni olamiz va bu qiymatlarning o'rtacha arifmetik qiymati

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

ni hosil qilamiz. Xatolikni kamaytirib haqiqiy qiymati

«a» ga yaqin qiymatni topish maqsadida matematikadagi ehtimollik nazariyasidan foydalaniladi.

Qo'pol xatolik. Qo'pol xatolikka tajriba olib boruvchining e'tiborsizligi va tajribasizligi natijasida yo'l qo'yiladi. Masalan: 585 o'rniga 5335 yoki 685 ni yozadi (ko'pincha 5 ni 6 ga 3 ni 8 ga almashtirib yozib yuboradi). O'lchash jarayonida o'lchash asboblarning nol vaziyati aniq qo'yilmasligi yoki o'lchash asboblarning o'lchash sharoitida siljib ketishi ham qo'pol xatolikka kiradi. Lekin tajriba sharoitini yoki bu natijani bilmaydigan boshqa tajribachi o'lchashi natijasida qo'pol xatolik oson aniqlanishi mumkin.

3. O'lchashlarning absolut va nisbiy xatoliklari

Faraz qilaylik, sistematik xatoliklar yo'q va biror fizik kattalikni n marta o'lchash natijasida quyidagi qiymatlarni topgan bo'laylik: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, u vaqtda ushbu

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

ifodaga (kattalikka) o'lchashlarning o'rtacha arifmetik qiymati deyiladi va u topilgan qiymatlar ichida izlanayotgan haqiqiy qiymatga eng yaqin bo'ladi.

O'lchash vaqtida topilgan qiymatlar bir-biridan farqli bo'lib ularning o'rtacha qiymatdan farqi

$$\Delta x_i = |\langle x \rangle - x_i| \text{ yoki } \Delta x_i = |\bar{x} - x_i|$$

ayrim o'lchashlarning absolut xatoligi deyiladi.

Agar har bir o'lchash natijalari $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ xatoliklar bilan bajarilgan bo'lsa, o'lchashlarning o'rtacha absolut xatoligi (yoki o'rtacha xatolik) ayrim xatoliklarni absolut qiymatlarning o'rtacha qiymatiga tengdir:

$$\overline{\Delta x} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta x_i|}{n} \quad (2)$$

Tabiiyki, boshqa turdagi xatoliklar bo'lmaganda fizikaviy – kattaliklar haqiqiy qiymati quyidagi intervalda yotadi:

$$\bar{x} - \Delta \bar{x} < x < \bar{x} + \Delta \bar{x}$$

Shu sababli oxirgi natija quyidagi ko'rinishlarda yoziladi:

$$x = \bar{x} \pm \Delta \bar{x} \quad (3)$$

datda xatoliklarni bu yo'sinda hisobga olish, xatoliklarni taxminiy qo'polroq baholash, o'lchash natijalariga uncha katta aniqlik talab qilinmaydigan hollarda va dastlabki o'lchash natijalarini baholashda qo'llaniladi.

O'lchash natijalarining sifati yoki qilinayotgan xatolikning katta yoki kichikligi haqida absolut qiymatiga qarab biror bir narsa deyish qiyin. Natijaning sifati haqida o'lchanayotgan kattalik qiymatini va yo'l qo'yilayotgan xatolik qiymatini o'zaro taqqoslashga imkon beruvchi, foizlarda ifodalangan nisbiy xatolik qiymati orqali biron-bir xulosa chiqarish mumkin:

$$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (4)$$

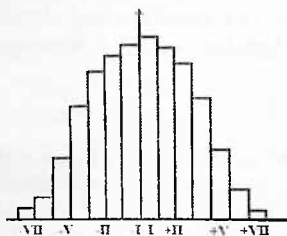
4. Xatoliklarni hisoblash nazariyasi

Faraz qilaylik, tasodifiy xatoliklarni o'z ichiga olgan bir qancha tajriba natijalari: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, qiymatlar aniqlangan bo'lsin. Bir qancha natijalar olinganda, ma'lum hisoblashlar orqali tasodifiy xatolikning, o'lchash natijasiga ta'siri kamaytiriladi. Tasodifiy xatolikning eng kichik qiymatini aniqlaydigan usul mavjud bo'lib, uni tushuntirish uchun, xatoliklarni taqsimlanish grafigini chizamiz (1-rasm). Abssissa o'qiga turli natijalarda yo'l qo'yilgan xatoliklar qiymatini joylashtiramiz. Bu o'qni I, -I, II, -II va hokazo intervallarga ajratamiz. Yo'l qo'yilgan tasodifiy xatolik qiymati musbat va manfiy qiymatni qabul qiladi. Ordinata o'qiga esa xatolik berilgan intervallarga tushuvchi voqealar sonini qo'yamiz. Tajribada olingan zinasimon maksimumli siniq chiziqlardan iborat bo'ladi. Uning maksimumiga kichik qiymatli xatoliklar intervaliga mos keladi. Xatoliklarning qiymati ortib borgan sari bunday voqealar kam uchraydi yoki uchramasligi ham mumkin. Har bir xatolik intervaliga to'g'ri keluvchi to'rtburchakning yuzasi yoki uning balandligi voqealar soniga proporsionaldir. Agar tajribalar sonini orttirib borsak, ajratilgan intervallar kengligi kamayib borib, oxiri 1-rasmdagi siniq chiziq tekis o'zgaruvchan 1-egri chiziqqa intiladi. Hosil bo'lgan chiziq — «Gauss» egri chizig'i deb ataladi.

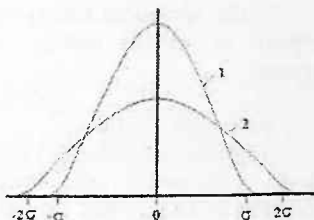
Sifatli o'lchashlarda «Gauss» egri chizig'ining maksimum qiymati kichik xatoliklarda juda tez o'sadi (2-rasm, 1-egri chiziq). Sifatsiz-yomon o'lchashlarda «Gauss» egri chizig'ini maksimumi kamayib uning kengligi ortadi (2-rasm, 2-egri chiziq).

Xatolikning Δx qiymati $\Delta x_1 < \Delta x < \Delta x_2$ intervalda yotgan voqealar soni egri chiziqni shu interval bilan chegaralangan yuzasi orqali aniqlanadi. 2-rasmda ordinata o'qidan bir xil $\pm \sigma$ masofada joylashgan ikkita vertikal chiziq o'tkazamiz. Bu oraliqqa «Gauss» egri chizig'ining 68% qismi joylashsin. Shu yo'l bilan topilgan σ ning qiymati standart (yoki o'rtacha kvadartik) xatolik deb ataladi. 2-rasmdan ko'rinadiki, 100 ta voqeadan 68 tasidan xatolik, standart xatolikdan kichik va 32 voqeadan katta bo'ladi.

Tajriba xatoligi voqeaning va 99,7 % ehtimolligi bo'lganda $\pm 3\sigma$ dan ortmasligini ko'rsatish mumkin.



1-rasm



2-rasm

Ba'zan bu quyidagicha talqin qilinadi: Voqeaning ehtimolligi 68 % bo'lganda xatolik qiymati bilan $\pm\sigma$ intervalda, ehtimolligi 95 % da $-\pm 2\sigma$ intervalda, ehtimolligi 99,7 % da $-\pm 3\sigma$ intervalda yotadi.

Ehtimolliklar nazariyasida σ ni tajribadagi chetlanishlar orqali hisoblash mumkinligi ko'rsatilgan, ya'ni

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n}} \quad \text{yoki} \quad \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2 \quad (1)$$

Bu yerda x_i -i-inchi tajribada olingan fizik kattalikning qiymati, n -tajribalar soni, \bar{x} - x g o'rtacha arifmetik qiymati. Shunday qilib, standart xatolikning kvadrati ayrim o'lchashdagi chetlanishlar kvadratlarini o'rtacha qiymatiga teng.

Ehtimollik nazariyasi shuni ko'rsatadiki, 1-formula bilan aniqlanadigan tajriba natijasining o'rtacha xatoligi σ_{or} tajribalar soni n ortib borishi bilan kamayadi va bu quyidagiga teng:

$$\sigma_{or} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Tajribalar soni ortib borishi bilan musbat va manfiy xatoliklar bir-birini yaxshiroq kompensatsiya qila borib, izlanayotgan o'rtacha qiymat haqiqiy qiymatga yaqinlashib boradi. 2-formuladagi σ ning o'rniga 1-formulaning ifodasini qo'yamiz:

$$\sigma_{\text{or}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1}{n} \sum (\bar{x} - x_i)^2} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum (\bar{x} - x_i)^2} \quad (3)$$

Tajriba natijasidan izlanayotgan fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati va standart xatoligi topilgandan so'ng, izlanayotgan qiymati

$$x = \bar{x} \pm \sigma$$

ko'rinishda yoziladi.

Yuqorida aytilganlardan birinchi qarashda tajribalar soni ortib borib, tajriba xatoligi juda kamayib, juda yaxshi natijalar olinishi kerakdek bo'lib ko'rinadi. Zero, bunday emas. Tajribalar soni ortib borishi bilan faqat tasodifiy xatolik kamayib boradi. Biz hozirgacha e'tiborga olmagan sistematik xatolik esa tajribalar soni ortishi bilan o'zgarmaydi. Masalan, shkalasi noto'g'ri belgilangan lineyka bilan har qancha o'lchamaylik, aniq natijani ola olmaymiz.

Shunday qilib, berilgan vazifada nechta tajriba olishni yaxshilab o'ylab olish kerak. Hech qachon bitta yoki ikkita tajribalar soni bilan chegaralanish kerak emas. Agar tajriba natijalarida farq sezilsa, sababini bilish uchun yana tajribani 2-3 marta qaytarish kerak. Biror tajriba noto'g'ri o'lchanganlik sezilsa, uni tashlab yuborish kerak. Bordiyu, natijalardagi farq sababi topilmasa, bir qancha qayta natijalar olinib, shu yo'l bilan sistematik xatolikni kamaytirish mumkin.

Sistematik xatolikning qiymati Δ_{sist} aniqlangan taqdirda, to'la xatolik ehtimollik nazariyasiga ko'ra

$$\sigma_{\text{to'la}} = \sqrt{\Delta_{\text{sist}}^2 + \sigma^2} \quad (4)$$

formula bilan aniqlanadi.

Sistematik xatolikni e'tiborga olish natijasida, tajriba natijasi

$$x = \bar{x} \pm \Delta_{\text{to'la}} \quad (5)$$

ko'rinishda yoziladi.

(4) formuladan ko'rinadiki, agar sistematik xatolik $\Delta_{\text{sist}} = 2\sigma$ bo'lgan taqdirda, tasodifiy xatolikni e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Bu holda tajribalar sonini ko'p olmasa ham bo'ladi va to'la xatolik sistematik xatolikka teng bo'ladi.

Yuqorida biz izlanayotgan qiymat natijasini o'lchash paytining o'zida hosil qildik. Bunday o'lchash bevosita o'lchash

deyiladi. Lekin bunday hol doimo bo'laermaydi. Masalan: tezlikni topish uchun bosib o'tgan yo'l S va o'tgan vaqt t o'lchanadi, tezlikning o'zi esa

$$v = \frac{S}{t} \quad (6)$$

formula orqali hisoblab topiladi. Bu ko'rinishdagi o'lchashni bilvosita o'lchash deyiladi. Shunday hollarda xatoliklar ehtimollik nazariyasiga ko'ra boshqacha hisoblanadi. Biz buni 3 ta hol uchun isbotsiz keltiramiz.

Izlanayotgan fizik kattaliklar y bir necha o'zgaruvchi kattaliklarning yig'indisi ko'rinishida bo'lsin:

$$y = A + B + C \quad (7)$$

y ning eng yaxshi qiymatlari A , B , C larning eng yaxshi qiymatlarining yig'indisi $\bar{y} = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C}$ (8) formulasidan topiladi. y ning standart xatoligi σ_y o'lchashlardagi standart xatolikni σ_A , σ_B , σ_C va hokazolar bilan belgilab, σ_y ni

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_C^2} \quad (9)$$

formula orqali aniqlaymiz. σ_A , σ_B , σ_C va hokazo standart xatoliklar tajribadan aniqlanadi (A , B , C ... va hokazo o'lchangan bo'lsa) yoki hisoblab aniqlanadi (agar A , B , C ... va hokazo hisoblab topilgan bo'lsa).

Ikkinchi hol. Izlanayotgan y qiymat A , B , C bilan quydagicha bog'langan

$$y = A^\alpha B^\beta C^\gamma \dots \quad (10)$$

bo'lsin. Bu yerda α , β , γ lar har qanday musbat yoki manfiy, butun yoki kasr sonlardir, Ehtimollar nazariyasiga asosan y ning eng yaxshi qiymati quyidagi

$$\bar{y} = \bar{A}^\alpha \bar{B}^\beta \bar{C}^\gamma \dots \quad (11)$$

formula bo'yicha hisoblanadi.

Uning xatoligi esa

$$\frac{\sigma_y}{\bar{y}} = \sqrt{\alpha^2 \frac{\sigma_A^2}{A^2} + \beta^2 \frac{\sigma_B^2}{B^2} + \gamma^2 \frac{\sigma_C^2}{C^2} + \dots} \quad (12)$$

Birinchi holda ko'rganimizdek, ikkinchi hol uchun ham σ_A , σ_B , ... larni o'lchash yoki hisoblash orqali aniqlanganini farqi yo'q.

Umumiy hol. Izlanatgan (y) qiymat bir necha A, B, C, \dots larning funksiyasi bo'lsin:

$$y = f(A, B, C) \quad (13)$$

Bu holda uning "eng yaxshi qiymati"

$$\bar{y} = f(\bar{A}, \bar{B}, \bar{C} \dots) \quad (14)$$

formula orqali, uning xatoligi esa

$$\sigma_y = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial A}\right)^2 \sigma_A^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial B}\right)^2 \sigma_B^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial C}\right)^2 \sigma_C^2 + \dots} \quad (15)$$

formula bilan topiladi. Bu formuladagi $\frac{\partial f}{\partial A}$ f ning A bo'yicha xususiy hosilasini belgilaydi. $\sigma_A, \sigma_B, \sigma_C, \dots$ va hokazolar esa A, B, C, \dots qiymatlarning standart xatoliklaridir. Xususiy hosilalar A, B, C ning eng yaxshi qiymatlari uchun hisoblanadi.

5. O'lchash natijalarini jadval va grafik orqali ifodalash

Tajriba natijalarini jadval va grafik ko'rinishda ifodalash olingan natijalarni umumlashtirish, ularni tahlil qilish – fizik kattaliklar orasidagi qonuniyatlarni aniqlashda katta qulaylik yaratadi. Bu esa fizik qonuniyatlarni ifodalovchi parametrlarning bir-biriga bog'lanishlarini funksional bog'lanishlar ko'rinishida tavsiflashda qo'l keladi.

Har qanday o'lchashda eng kamida ikkita fizik kattaliklar qatnashadi. Ulardan biri x o'zgaruvchi – argument deb qabul qilsak, unga bog'liq bo'lgan o'zgaruvchini y deb olsak, $y - x$ ning funksiyasi bo'lib, bog'lanishni $y = f(x)$ ko'rinishda ifodalash mumkin. Avvalo bu bog'lanishni ifodalash uchun x va y ning o'lchangan va aniqlangan qiymatlari asosida jadval tuziladi. Bunda argument va funksiya qiymatlari alohida-alohida qator yoki ustunlarga joylashtirilib, ularning nomlari, o'lchov birliklari ko'rsatilishi kerak. Jumladan, x va y larning qiymatlari vertikal ustunlari bo'ylab ularning qiymatlarini oshib borish yoki kamayib borish tartibida, butun qismi va ulushlari vergul bilan ajratilgan holda yozilishi kerak. O'lchangan kattaliklar, natijaviy hisoblashlar va xatoliklar quyidagi namunaviy – jadval ko'rinishda yoziladi.

	1	2	3	n
Fizik kattalik x_i , birligi				
Funksiya qiymati y_i , birligi				
O'rtacha qiymati \bar{y} , birligi				
Absolyut xatolik Δy_i , birligi				
$\Delta \bar{y}$, birligi				
$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{y}}{\bar{y}} \cdot 100\%$				

Fizik tajriba natijasini grafik tasvirlashning jadval usulidan afzalligi shundaki, unda fizik qonuniyatlarining bog'lanish tavsifini yaqqol ko'rishga imkon beradi. Shu jumladan, tasodifiy va qo'pol xatoliklar yaqqol ko'zga tashlanadi hamda kattaliklarni taqqoslashni osonlashtiradi.

Yana shuni ta'kidlash lozimki, y ning x ni tajribada topilgan qiymatlari intervalidan tashqarida yotgan qiymatiga mos uning qiymatini garfikdan ekstrapolatsiya usuli bilan topish mumkin.

Grafik tuzishda quyidagi qoidalarga amal qilinishi kerak:

1. Har qaysi x va y o'zgaruvchi uchun masshtab shunday tanlab olinadiki, ularning o'zgarish intervali shu tanlangan o'qdagi intervalning asosiy qismlarini egallasin.

2. Koordinata setkasi – masshtabi tanlangan chizig'ida x va y kattaliklarning yaxlit qiymatlari bilan ko'rsatilishi kerak.

3. x va y koordinata o'qlarining nol qiymatlari bir-biri bilan kesishishi shart emas. Ularning nollari yoki boshlang'ich qiymatlari masshtab saqlangan holda o'qlar bo'yicha surilishi mumkin.

4. Koordinata o'qiga qo'yilgan x va y kattalikning nomi yoki shartli belgisi hamda o'lchov birligi yozilishi kerak.

5. Nuqtalar qalamda ko'zga yaqqol ko'rinadigan qilib qo'yiladi.

6. Fizik bog'lanishni ifodalaydigan grafik egri chizig'i yoki to'g'ri chiziq tajriba natijasida aniqlangan nuqtalar yaqinidan o'tkazilishi shart.

Chiziq uzluksiz bir xil qalinlikda o'tkazilsa, eksperimental nuqtalar uning atrofida bir xil masofada joylashsa, grafik to'g'ri chizilgan bo'ladi.

6. Eng kichik kvadratlar usuli

Ko'p hollarda tajriba o'lchanadigan (aniqlanadigan) ikkita x va y kattalik o'zaro chiziqli bog'langan bo'ladi:

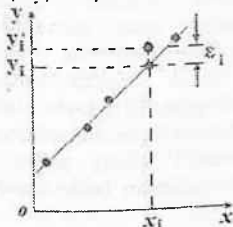
$$y = Ax + B \quad (1)$$

Bu bog'lanishdagi A va B koeffitsientlardan biri biz tajribada topmoqchi bo'lgan kattalik yoki koeffitsientlar ichiga kirgan kattaliklar bo'lishi mumkin.

Bu usulning mohiyati: argument x_i ning berilgan (o'lchangan) qiymatlarida (x_1, x_2, \dots, x_n) ularga mos kelgan y_i ($i = 1, 2, \dots, n$) larni o'lchab, (1) ko'rinishdagi chiziqli funksiya parametrlari A va B larning eng katta ehtimolli qiymatlarini topishdan iborat.

Faraz qilaylik, xatolik faqat y_i ga kirgan bo'lib, x_i lar esa aniq kattalik bo'lsin, u vaqtda x_i larga mos keluvchi o'lchangan y_i larning $y_i = Ax_i + B$ (3) bog'lanish yordamida hisoblangan qiymatlardan farqi e_i ga teng bo'ladi (3-rasm):

$$e_i = y_i - Ax_i - B \quad (2)$$



3-rasm

Ehtimolliklar nazariyasiga binoan bunday chetlanishlar kvadratlarining yig'indisi eng kichik, ya'ni

$$\psi = \sum e_i^2 = \min \quad \text{yoki} \quad \psi = \sum (y_i' - Ax_i - B)^2 \quad (3)$$

bo'lsa (1) bog'lanish biz izlayotgan to'g'ri chiziqqa eng yaqin bo'ladi. A va B ning (3) shartni qanoatlantiruvchi qiymatlarini

topish uchun ψ dan A va B o'zgaruvchilar bo'yicha xususiy hosilalar olib, ularni nolga tenglashtirish kerak:

$$\frac{\delta\psi}{\delta A} = \sum_{i=1}^n [2x_i(y_i - Ax_i - B)] = 0$$

$$\frac{\delta\psi}{\delta B} = \sum_{i=1}^n [2(y_i - Ax_i - B)] = 0$$

$$\text{yoki} \quad \left. \begin{aligned} A\sum x_i^2 + B\sum x_i &= \sum x_i y_i \\ A\sum x_i + Bn &= \sum y_i \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\text{Agar} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

ekanligini hisobga olsak, (4) tenglamalar sistemasini yechib,

$$A = \frac{n\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (5)$$

$$\text{va} \quad B = \frac{\sum y_i - A\sum x_i}{n} = \bar{y} - A\bar{x} \quad (6)$$

larni hosil qilamiz.

A va B koeffitsintlar uchun ishonch intervallari esa quyidagi ifodalardan topiladi:

$$\Delta A = t_{\alpha, n-1} \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i^2}{D(n-2)}} \quad (7)$$

$$\Delta B = t_{\alpha, n-1} \sqrt{\left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{D}\right) \frac{\sum \varepsilon_i^2}{(n-2)}} \quad (8)$$

$$\text{bu ifodalarda} \quad D = \sum (x_i - \bar{x})^2.$$

Oldindan to'g'ri chiziqning koordinata boshidan o'tishi ma'lum bo'lsa, (ya'ni $B = 0$) A koeffitsient (4) ga binoan quyidagicha topiladi:

$$A = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2} \quad (9)$$

A ning ishonch intervali esa bu holda quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$\Delta A = t_{\alpha, n-1} \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i^2}{\sum x_i^2 (n-1)}} \quad (10)$$

Shu narsani eslatib o'tish lozimki, bu holda A ni (5) ifoda yordamida hisoblab bo'lmaydi. Chunki, bu ifoda to'g'ri chiziqda joylashuvi aniq bo'lgan $y(0)=0$ nuqta kirmagan. Boshqacha qilib aytganda eng ishonchli to'g'ri chiziqni bunday hollarda koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziqlar ichidan qidirish (tanlab olish) kerak.

A va B koeffitsientlarni (4) tenglamalar sistemasi yordamida topiladigan boshqacha ko'rinishdagi ifodalar yordamida ham hisoblash mumkin:

$$A = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{D} \quad (11)$$

$$B = \frac{\sum x_i \sum y_i - \sum x_i y_i}{D} \quad (12)$$

bu yerda $D = n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2$ (13)

Ulargam mos keluvchi ishonch intervali esa

$$\Delta A = t_{\alpha, n-1} \sqrt{\frac{n \sum \varepsilon_i^2}{D(n-2)}} \quad (14)$$

$$\Delta B = t_{\alpha, n-1} \sqrt{\frac{\sum x_i^2 \sum \varepsilon_i^2}{D(n-2)}} \quad (15)$$

ko'rinishda ifodalar yordamida hisoblanadi.

Bu bo'limda A va B koeffitsientlarni grafik usulida topish ustida ham qisqacha to'xtalib o'tamiz. Buning uchun millimetrli qog'ozda y_i larning x_i larga bog'lanish grafigi chizildi.

Grafikda yotuvchi bir-biriga yaqin bo'lmagan ikkita ixtiyoriy nuqta koordinatalari (x_1, y_1) va (x_2, y_2) tanlab olinadi. Bu ikki nuqta asosida A kattalik

$$A = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (16)$$

ifoda yordamida aniqlanadi. B ning qiymati esa to'g'ri chiziqning ordinata o'qi ($y - o'q$) bilan kesishi nuqtasiga mos

keluvchi qiymati bilan mos tushadi. A va B koeffitsiyentlarning ishonch intervallari $\varepsilon_i = y'_i - y_i$ ni grafikdan aniqlagan holda (7), (8) yoki (14), (15) ifodalar yordamida aniqlanishi mumkin.

O'lovch asboblari haqida ma'lumot Mikro'metr va uning ishlatilish metodikasi.

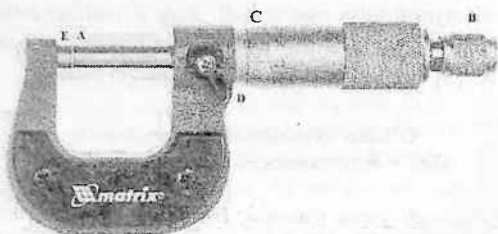
Mikro'metr yupqa plastinka, Ingichka simlarning diametrini hamda kichik o'lchamli jismlarning geometrik o'lchamlarini o'lchash uchun qo'llaniladi. Odatda uning o'lchash aniqligi 0.01 mm ni tashkil qiladi. Uning ko'rinishi U – simon shaklli tiskiga o'xshab ketadi. O'lchanadigan predmet uning asosi bilan "tiski vinti" orasiga joylashtirilib, vintni B dastasi bilan burab pridmet qisib qo'yiladi. Vintni qadami 0.5 mm ni tashkil qiladi. A vint sterjen C barabanga kiritilgan yoki boshqacha aytganda C baraban A vintga kiygizilgan. C baraban sirtida 50 (yoki 25) bo'limga shkala mavjud. A vint E taglikka B dasta yordimida qisib qo'yilganda, baraban shkalasining nol chizig'i D chiziqli shkalani nolga to'qri kelishi kerak! (Agar nol chiziqlar mos kelmasa, bu asbob bilan ishlash mumkin emas va bu asbobni laborant yoki o'qituvchiga taqdim qilish zarur!).

O'lchangan predmet taglik – tayanch E va A vint orasiga joylashtirib, B vintni (faqat B vintni o'zini) burab, predmetga tegib, siqib, turishga erishiladi. Chiziqli shkala 2 ta bo'lib har biri mm larda bo'lib, 2 – shkala 1 – nchi shkalaga nisbatan 0.5 mm ga siljigan bo'ladi. C baraban chegarasi 1 – nchi shkaladagi qiymati mm larda olinadi va 2 – nchi shkaladagi 0.5 mm farqi bo'lim bor – yo'qligiga etibor beriladi.

Agar C baraban chegarasi 0.5 mm li shkaladan o'tib tursa, asosiy chiziqli shkaladagi olingan qiymatga 0.01 mm qiymatlardagi (millimetrning yuzdan bir ulishlaridagi) kattalik esa qo'shiladi.

Masalan: $15 + 0.5 + 0.37 = 18.87$ mm.

Agar 2 – nchi shkaladi birincha shkala orasiga to'qri keluvchi 0.5 mm li chiziq ko'rilmasa, u holda kattalik $15 + 0.37 = 15.37$ mm bo'ladi. Mikrometrdan pridmet o'lchamini bir necha joylaridan o'lchanib, o'rtacha arifmetik qiymati olinadi.



Shtangentsirkul va unda o'lchash metodikasi.

Predmetning chiziqli o'lchamining oddiy mashtabi (mm larda) da o'lchash aniqligini 10 – 20 marta oshirish imkoniyatini beradigan shkalaga nonius deyiladi. Noniusi mavjud bo'lgan o'lchov asboblardan eng ko'p foydalaniladigani – bu shtangentsirkulardir. Chiziqli nonius deb, mashtab deyiluvchi bo'limi katta chizg'ich bo'lib sirpanib yura oladigan kichik chizg'ichga aytiladi.

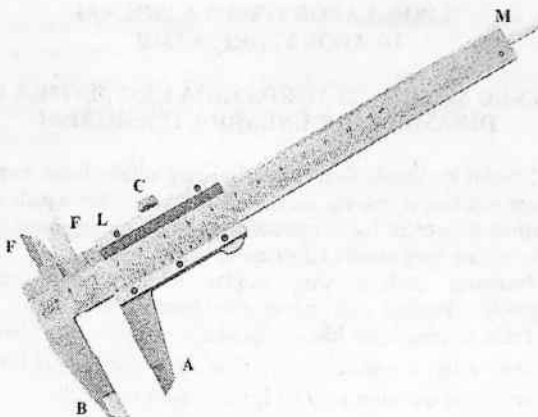
Noniusga bo'lim chiziqlari shunday chiziladiki, noniusning bitta bo'limi mashtabini eng kichik bo'limi (1mm) ning 1/m ulushi qadar aniqlikda topishga imkon beradi. Mashtabning qo'shni shtrixlar orasidagi masofa odatda 1 mm va nonius bo'limlar soni $m=10$ bo'lgan holda, o'lchash 0.1 mm aniqlikda bajariladi.

Shtangentsirkul millimetrlarga bo'lingan LM mashtabdan iborat bo'lib, undan mashtab bo'ylab harakatlana oladigan perpenduklyar tirgakli LA oyoqcha mavjud. Predmetni o'lchashda AB tirsaklar orasiga uni qo'yib, LA oyoqchani surib, siqib, C vint bilan vaziyat qayd qilingan hol uchun uni mahkamlab qo'yiladi.

LA oyoqchanning past tomonida mashtab linekadagi qiymatlar ko'rinib turadi, yuqori qismga esa nonius chizilgan. Agar shtangentsirkul tirsaklari bir - biriga tegib turgan qilib qo'ysak, yani AB tirsak orasida hech qanday predmet bo'lmasa, noniusning noli mashtab (lineka) noliga to'qri keladi.

FB tirsak o'lchanadigan predmetga tayanch bo'lib xizmat qiladi.

Predmetning ichki o'lchamlari FE qismlari bilan o'lchanadi.



Endi shtangentsirkulda o'lchash jarayonini ko'raylik. Predmen A va B tirsaklar (oyoqchalar) orasiga qo'yilib, A tirsak surilib, predmet qattiq siqiladi va uning vaziyati C vint orqali mahkamlanadi.

Mashtab (lineka) ning noniusining nol chizig'iga to'qri keluvchi qiymat K bo'lsin, bu lekin aniq mm qiymatda bo'lmasligi mumkin. U holda nonius bo'limlarining uzunligi mashtab bo'limlarining uzunligiga teng bo'lgani uchun, noniusda shunday n nomerli bo'lim albatta topiladiki, bu bo'limli chizg'ich mashtabining tegishli $(K+n)$ bo'limlarining chizg'ichga juda yaqin keladi. Masalan, $K=37$ mm bo'lsa, $n=0,01$ mm unga qo'shiladi.

Agar $n=8$ bo'lsa, u holda predmet o'lchami $L=37.8$ mm bo'ladi.

Demak, o'lchanayotgan predmetning o'lchami (uzunligi) mashtab (lineyka) ning butun bo'limlari soni (mm larda) bilan mashtab bo'limlaridan biariga to'qri kelgan nonius bo'lim nomerining nonius aniqligi (0.1 mm)ga qo'paytirish natijasining yiqindisiga teng.

Noniusning xatosi uning aniqligini yarmiga teng, ya'ni 0.05 mm.

II BOB. LABORATORIYA ISHLARI 1-LABORATORIYA ISHI

ATVUD MASHINASI YORDAMIDA KINEMATIKA VA DINAMIKA QONUNLARINI TEKSHIRISH

Notekis harakatda jismning tezligi vaqt o'tishi bilan nuqtadan nuqtaga uzluksiz o'zgaradi. Istalgan paytdagi tezlikni topish uchun tezlikning qanchalik tez o'zgarishini, ya'ni tezlikning vaqt birligi ichida qanday o'zgarishini bilish kerak.

Jismning istalgan teng vaqtlar ichida tezligi bir xil o'zgaradigan harakat tekis tezlanuvchan harakat deb ataladi.

Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning \bar{a} tezlanishi deb, jism tezligi o'zgarishi $\bar{v} - \bar{v}_0$ ning shu o'zgarish yuz bergan t vaqt oralig'iga nisbatiga teng bo'lgan kattalikka aytiladi:

$$\bar{a} = \frac{\bar{v} - \bar{v}_0}{t} \quad (1.1)$$

(1.1) dan jism tezligining ixtiyoriy paytdagi qiymatini topish mumkin:

$$\bar{v} = \bar{v}_0 + \bar{a}t \quad (1.2)$$

SI sistemada tezlanish m/s^2 hisobida o'lchanadi.

Turli chiziqli tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning bosib o'tgan yo'li

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (1.3)$$

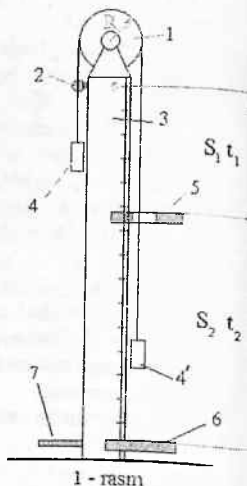
ifoda bilan aniqlanadi. Boshlangich tezlik nolga teng bo'lsa, ya'ni $\bar{v}_0 = 0$ da

$$S = \frac{at^2}{2} \quad (1.4)$$

Bundan

$$a = \frac{2S}{t^2} \quad (1.5)$$

Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning bosib o'tgan yo'lini va shu yo'lni



o'tish uchun ketgan vaqtni o'lchab, jismning tezlanishini (1.5) formula orqali hisoblash mumkin.

(1.4) tenglamaga ko'ra, boshlang'ich tezlik nolga teng bo'lganda, jism bosib o'tgan yo'li vaqtning kvadratiga proporsional:

$$S_1 = \frac{at_1^2}{2}; S_2 = \frac{at_2^2}{2}; S_3 = \frac{at_3^2}{2};$$

Bu tengliklarni hadma-had bo'lib,

$$S_1 : S_2 : S_3 : \dots = t_1^2 : t_2^2 : t_3^2 : \dots \quad (1.6)$$

ni olamiz.

Tekis tezlanuvchan harakatda jismning biror t vaqt ichida bosib o'tgan yo'li $v_0 = 0$ da

$$S_1 = \frac{at_1^2}{2} \quad (1.7)$$

Keyingi τ vaqt ichida jism

$$S_2 = v_1\tau + \frac{a\tau^2}{2} \quad (1.8)$$

masofani o'tadi. Bunday ekanini hisobga olsak, (1.8) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$S_2 = a\tau \cdot \tau + \frac{a\tau^2}{2} = \frac{3a\tau^2}{2} \quad (1.9)$$

Shuningdek, uchinchi τ vaqt ichida jism

$$S_3 = \frac{5a\tau^2}{2} \quad (1.10)$$

masofani o'tadi va hokazo. (1.7), (1.9), (1.10) ga ko'ra, ketma-ket kelgan teng vaqtlar ichida bosib o'tilgan yo'llarning nisbatlari toq sonlar nisbatlari kabi bo'ladi:

$$S_1 : S_2 : S_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots \quad (1.11)$$

Tajribada (1.6), (1.11) munosabatlarning to'g'riligiga ishonch hosil qilish mumkin.

Ishning maqsadi: tekis tezlanuvchan harakat kinematikasi qonunlarini o'rganish va tekshirish.

Asbob va materiallar: Atvud mashinasi, elektron sekundomer va temir leneyka.

Ishni bajarish tartibi:

1. Atvud mashinasi bilan tanishing.
2. Atvud mashinasini qat'iy vertikal vaziyatga keltiring.
3. Ip bilan bog'langan yuklarni blok orqali o'tkazing. Har ikki yuk o'z-o'zidan harakatga kelmaydigan va ular yuklardan biriga berilgan tezlik bilan tekis harakat qiladigan bo'lgandagi yuklar juftini tanlang.
4. O'ng tomondagi yukni o'nga qo'yilgan qo'shimcha yuk bilan birga supachaga o'rnatib.
5. Sekundomerni 00.00 ishchi holatiga o'tkazing. Suppacha kalitini burib, yuklarni harakatga keltiring. Shu vaqtning o'zida sekundomerni ishga tushiring.
6. O'ng tomondagi yuk qabul qiluvchi stolga etib kelgach, sekundomerni to'xtating. Sekundomer ko'rsatgan vaqtni yozib oling.
7. (1.5) formulaga ko'ra tezlanishni hisoblang.
8. Har xil yuklar juftiga mos sistemalar uchun tajribani 3-4 marta takrorlang.
9. Tezlanishni o'lchashdagi xatolikni hisoblang. Tajriba natijalarini quyidagi jadvalga yozing:

1 – jadval

N ^o	Yuklar	s, m	t, s	a, m/s ²	a_{ort} , m/s ²	Δa , m/s ²	Δa_{ort} , m/s ²	$a = a_{ort} \pm \Delta a_{ort}$
1	(m ₁ va m ₂)							
2	(m ₁ va m ₃)							
3	(m ₂ va m ₃)							
4	(m ₃ va m ₄)							
5								

12. Tezlanish qiymatini $a = a_{ort} \pm \Delta a_{ort}$ ko'rinishda yozib quying.

13. $S_1 : S_2 : S_3 \dots$ va $t_1^2 : t_2^2 : t_3^2 \dots$ nisbatlarini tuzib, (1.6) munosabatga ishonch hosil qiling.

14. (1.4) tenglama orqali yuklar sistemasining $t_1 = 0,5$ s; $t_1 = 1$ s; $t_1 = 1,5$ s va boshqa vaqtlar ichida o'tgan: S_1 ; S_2 ; S_3 va hokazo yo'llarini hisoblang.

15. Ketma-ket kelgan har $0,5$ s ichida o'tilgan yo'llarni hisoblang:

$$S'_1 = S_2 - S_1; S'_2 = S_3 - S_2; S'_3 = S_4 - S_3; \dots$$

16. $S_1 : S_2 : S_3 \dots$ nisbatlarni tuzing va (1.11) munosabatga ishonch hosil qiling.

Nazorat savollar:

1. Notekis harakat deb qanday harakatga aytiladi?
2. Tekis tezlanuvchan harakat nima? Tezlanish deb qanday kattalikka aytiladi? Uning birliklarini ayting.
3. Tekis tezlanuvchi harakatda tezlik va yo'l formulalarini yozing.
4. Boshlang'ich tezlik bilan tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning tezlik grafigini chizing.
5. Tekis tezlanuvchan harakatda yo'llar nisbati uchun munosabatni keltirib chiqaring.

Adabiyotlar

1. И.К.Кикоин, А.К.Кикоин. Физика - 9. «Учитувчи», Т., 1991. 10-12- §§.
2. Л.Б.Милковская. Повторим физику, «Высшая школа», М., 1977, 5.2- §.
3. Н.Н.Евграфова, В.Л.Каган. Курс физики, «Высшая школа», М., 1978, 30 - 44-с.
4. J.Wolker Fundamentals of Physics. V, VI, VII. (102-152 p.).

2 – mashq. Atvud mashinasi yordamida

Nyutonning ikkinchi qonunini tekshirish

Nyutonning ikkinchi qonuni jismning harakat tezlanishi, tezlanishni vujudga keltiruvchi kuch va jismning massasi o'rtasidagi bog'lanishni ifodalaydi.

Ikki jism o'zaro ta'sirlashganda har ikkala jism tezlanish oladi. Odatda, bizni faqat tezligi orttirilgan jismning harakati qiziqtirib, unga tezlanish bergan jismning harakati qiziqtirilmaydi. Tezlanishini

vujudga keltiruvchi ikkinchi jismning ta'siri tezlatilayotgan jismga ta'sir etuvchi kuch deyiladi. Jismning tezlanishi unga boshqa jismning ta'siri tufayli hosil bo'ldi, deyish o'rniga tezlanishni jismga qo'yilgan kuch yuzaga keltirdi, deyiladi.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, jismning \bar{a} tezlanishi unga qo'yilgan \bar{F} kuchga to'g'ri proporsional, jismning m massasiga teskari proporsional:

$$\bar{a} = \frac{\bar{F}}{m} \quad (12)$$

Bu tenglama Nyutonning ikkinchi qonunini ifodalaydi.

Tajribada (12) formulaning o'rinli ekani tekshiriladi.

Ishning maqsadi: Nyutonning ikkinchi qonunini o'rganish va tekshirish.

Asbob va materiallar: Atvud mashinasi, elektron sekundomer, m_1 va m_2 , m_3 va m_4 , m_5 va m_6 yuklar hamda Δm – qo'shimcha yuklar to'plami.

Ishni bajarish tartibi

1. Atvud mashinasi bilan tanishing.
2. Yuklar sistemasining ipini blokka osing. Mashinani qat'iy vertikal vaziyatga keltiring.
3. O'ng tomondagi yukni suppachaga o'rnatib, ipni tarang tutib turing
4. Sekundomer ishchi holatiga o'tkazing.
5. O'ng tomondagi yukka Δm qo'shimcha yuk osing va kalitni burib suppachani oching, yuklarni harakatga keltiring. Shu vaqtning o'zida sekundomer ishga tushiring.
6. O'ng tomondagi yuk qabul qiluvchi stolchaga urilgach, sekundomerni to'xtating. Uning t ko'rsatishini yozib oling.
7. $a = \frac{2S}{t^2}$ ifodadan tezlanishni hisoblang.
8. O'ng tomondagi yukka m_4 va chap tomondagi yukka m_3 hamda qo'shimcha Δm yuklar osib, tajribani takrorlang.
9. $F = \Delta mg$ formuladan yuklar sistemasiga ta'sir qiluvchi kuchlarni hisoblang, bunda $\uparrow \Delta m$ – qo'shimcha yuk massasi.

10. Yuklar sistemasi olgan tezlanish qo'shimcha yuklar og'irligiga, ya'ni qo'yilgan kuchga proporsional ekaniga ishonch hosil qiling.

11. Har bir yukka qo'shimcha m_5 va m_6 yuklar qo'ying. Natijada sistemaning massasi taxminan 3 marta ortadi. Shu hol uchun tajribani takrorlang.

12. Yuklar sistemasi olgan tezlanish sistemaning massasiga teskari proporsional ekaniga ishonch hosil qiling.

13. Olingan natijalarni quyidagi jadvalga yozing:

2-jadval

No	S, m	t, s	m_1 va m_2 , kg	a_n , m/s ²	$F = \Delta m$ g, N
1					
2					
3					
...					

3-mashq. Atvud mashinasi yordamida diskning massasi hisobga olgan holda Nyutonning ikkinchi qonunini tekshirish

Nyutonning ikkinchi qonunini tekshirish jismning harakat tezlanishi, tezlanishni vujudga keltiruvchi kuch va jismning massasi o'rtasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Ikki jism o'zaro ta'sirlashganda har ikkala jism tezlanish oladi. Odatda, bizni faqat tezligini o'zgartiruvchi jismning harakati qiziqtirmaydi.

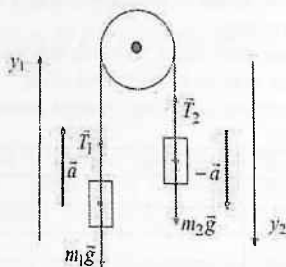
Tezlanishni vujudga keltiruvchi ikkinchi jismning ta'siri tezlanayotgan jismga ta'sir etuvchi kuchni harakterlaydi. Jism tezlanishi unga boshqa jismning ta'siri tufayli hosil bo'ladi deyish o'rniga tezlanishni jismga qo'yilgan kuch yuzaga keltiradi deyiladi.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, jismning \bar{a} tezlanishi unga qo'yilgan \bar{F} kuchga to'g'ri proporsional, jismning m massasiga teskari proporsional:

$$\bar{a} = \frac{\bar{F}}{m} \quad (12)$$

Bu tenglama Nyutonning ikkinchi qonunini ifodalaydi. Tajribada formulaning o'rinli ekanligi tekshiriladi.

Faraz qilaylik, diskning chap tomoniga $m_1 = m$ yuk osilgan o'ng tomoniga esa $m_2 = m + \Delta m$ yuk osilgan bo'lsin. Bunda jismlar sistemasi a tezlanish bilan o'ng tomonga harakat qila boshlaydi.



Ipning massasi hisobga olinmaydigan darajada kichik bo'lganligidan, ipning T_1 va T_2 tarangliklarning ip bo'ylab o'zgarishini hisobga olmasa ham bo'ladi. Yuklarning va blokning harakat tenglamalari

$$m_1 a = -m_1 g + T_1 \quad (13)$$

$$m_2 a = m_2 g - T_2 \quad (14)$$

$$I \frac{d\omega}{dt} = (T_2 - T_1) \cdot R \quad (15)$$

ko'rinishlar yozilishi mumkin bo'ladi. Agar ip blok bo'ylab sirpanmasa,

$$R \frac{d\omega}{dt} = a \quad (16)$$

bo'ladi. Bu tenglamalarni birga echib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$T_1 = m_1 g + m_1 a$$

$$T_2 = m_2 g - m_2 a$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{a}{R} \quad \text{dan}$$

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + \frac{I}{R^2}} \cdot g \quad (17) \text{ ifodaga kelamiz.}$$

Agar diskni inertsiya momenti $I = \frac{1}{2} M_0 R^2$ ekanligini hisobga olsak, $a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + \frac{M_0}{2}} \cdot g$ ga teng bo'ladi. Bu erda M_0 – disk

massasi.

Agar $m_1 = m$, $m_2 = m + \Delta m$ bo'lsa, u holda tezlanishning ifodasini quyidagicha yozamiz:

$$a = \frac{\Delta mg}{2m + \frac{M_0}{2}} \quad (18)$$

4-mashq. Diskning inertsiyasi momentini aniqlash.

Qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi:

$$I \cdot \frac{d\omega}{dt} = M \quad (19) \text{ yoki } M = I \cdot \varepsilon$$

ko'rinishiga keladi. Bu erda M – tashqi kuchlarning aylanish o'qiga nisbatan momenti. Bu qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi hisoblanadi. Tashqi kuchlarning aylanish o'qiga nisbatan kuch momenti, shu qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat qilayotgan jismning inertsiya momenti bilan burchak tezlanishining ko'paytmasiga teng. Bu qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat qilayotgan jism uchun dinamikaning asosiy qonunidir. U moddiy nuqta harakati uchun Nyuton tenglamasini eslatadi. Massa rolini I – inertsiya momenti, tezlanish rolini ε – burchak tezlanish, kuch rolini M – kuch momenti o'ynaydi.

Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi

$$W_k = \frac{I \cdot \omega^2}{2} \quad (19)$$

Bu keltirilgan formulalardan Atvud mashinasining harakat tenglamasini momentlar qonuniga asosan

$$(T_2 - T_1)R = I\varepsilon \quad (20)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Bu erda T_1 va T_2 o'ng va chap tomondagi iplarning taranglik kuchlari

$$\varepsilon = \frac{a}{R} \quad (21)$$

munosabatdan foydalanib tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$(T_2 - T_1)R = I \frac{a}{R} \quad (22)$$

Bu tenglamada

$$T_2 = (m_2 + \Delta m)(g - a)$$

$$m_2 - m_1 + \Delta m$$

$$(m_1 + m_2 + \Delta m + \frac{I}{R^2})a,$$

$$T_1 = (g + a) \cdot m_1$$

bo'lgani uchun

$$(m_2 - m_1 + \Delta m) \cdot g = (\frac{I}{R^2} + m_1 + m_2 + \Delta m)a \quad (23)$$

tenglamaga ega bo'lamiz. Bu tenglamadan sistemaning tezlanishi

$$a = \frac{(m_2 + m_1 + \Delta m)g}{m_2 + m_1 + \Delta m + \frac{I}{R^2}} \quad (24)$$

Agar diskning chap va o'ng tomonidagi yuklar teng bo'lsa, ya'ni $m_1 = m_2 = m$ bo'lsa, u holda

$$a = \frac{\Delta mg}{2m + \Delta m + I/R^2} \quad (25)$$

Δm_i ning har bir qiymati uchun a_i ni aniqlab, Nyutonning II - qonunini bajarishning tekshirish mumkin. Lekin, bu mashqning

maqsadi diskning inertsiya momentini aniqlashdan iborat edi.

$$23 \text{ tenglamadan } I = (m_2 - m_1 + \Delta m) \frac{R^2 g}{a} - (m_2 + m_1 + \Delta m) R^2$$

Agar $m_1 = m_2 = m$ bo'lsa, u holda

$$I = \frac{\Delta m R^2 g}{a} - (2m + \Delta m) R^2 \quad (26)$$

(26) tenglamadan I ni aniqlab uni I_{noz} bilan taqqoslash mumkin, ya'ni diskning inertsiya momentini tajribada aniqlab, uni nazariy qiymati $I_{noz} = \frac{1}{2} M_0 R^2$ bilan taqqoslash mumkin.

Tajriba 3 ta m_1 va m_2 yuklar juftlari uchun bajariladi va ular asosida inertsiya momentini aniqlash mumkin. Olingan natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

3-jadval

No	S, m	t, s	m_1 va m_2	a_i , m/s^2	I_i , $kg \cdot m^2$	\bar{I}	$\Delta \bar{I}_i$	ε , %
1								
2								
3								
n...								

5 - mashq. Ishqalanish kuchlarining momentini aniqlash.

Atvud mashinasi qurilmasining didaktik imkoniyatlaridan biri ishqalanish kuchi momenti va ishqalanish kuchini baholashga imkon beradi.

Diskka ta'sir etuvchi kuch momenti

$(T_2 - T_1)R - M_1 = I \cdot \varepsilon = I \cdot \frac{a}{R}$ ga teng bo'ladi, chunki ishqalanish kuchining momenti M_1 , $(T_2 - T_1)R$ - diskni aylantiruvchi momentga qarama - qarshi yo'nalgan.

$(T_2 - T_1) = (m_2 + \Delta m)(g - a) - m_1(g + a)$ ekanligini

$I = \frac{1}{2} M_0 R^2$ hisobga olsak:

$$M_i = \left[(m_2 - m_1 + \Delta m)g - (m_1 + m_2 + \Delta m + \frac{M_0}{2})a \right] R \quad (27)$$

ga teng bo'ladi.

Ishqalanish kuchi $F_i = \frac{M_i}{R}$ ekanligi hisobga olsak,

$$F_i = (m_2 - m_1 + \Delta m)g - (m_1 + m_2 + \Delta m + \frac{M_0}{2})a \quad (28)$$

ga teng bo'ladi. Agar diskning chap va o'ng tomonidagi yuklar bir xil bo'lsa, ya'ni $m_2 = m_1 = m$ bo'lsa u holda (2.22) va (2.23) ifodalar soddalasbadi:

$$M_i = \left[\Delta mg - (2m + \frac{M_0}{2} + \Delta m)a \right] R \quad (29)$$

$$F_i = \Delta mg - (2m + \frac{M_0}{2} + \Delta m)a \quad (30)$$

Tajribada $\Delta m = 7.5 \text{ gr}$ va m_i lar 100–400 gr bo'lgan hollar uchun a_i lar aniqlanib, ishqalanish kuchining momenti va ishqalanish kuchlarini amalda baholash mumkin. Tajribada olingan natijalar quyidagi 4 – jadvalga yoziladi.

4-Jadval.

No	m_i m_0 m_j	Δm	S, m	t_i , s	a_i , m/s^2	m_i , kg	\bar{M} , N·m	F_{ish} , N	\bar{F}_{ish} , N
1									
2									
3									
n...									

Nazorat savollar:

1. Nyutonning ikkinchi qonunini ta'riflang.
2. Diskning massasini hisobga olmagan hol uchun yuklarning harakat tenglamasini tuzing va iplarning taranglik kuchlari ifodalarini keltirib chiqaring.
3. Aylanna harakat uchun dinamikaning asosiy qonunini keltirib chiqaring.

4. Ishqalanish bo'lgandagi Atvud mashinasidagi yuklarning harakat tenglamasini keltirib chiqaring.

5. Ishqalanish bo'lgandagi Atvud mashinasidagi yuklarning harakat tenglamasini keltirib chiqaring.

6. Ishqalanish kuchlarining momentini aniqlash usulini bayon qiling.

Adabiyotlar:

1. С.П. Стрелков. Механика. «Ўқитувчи». 1979 й. 123, 124 § лар.

2. Бударина С.А., Исроилов А.А. Физикадан лаборатория машғулотлари. Тошкент: Ўқитувчи, 1993. (12-15 б., 23-26 б., 29-31 б.).

3. Кортнев А.В. и др. Практикум по физике. Москва: Высшая школа. 1963. №5-работа (81-83 с.).

4. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. «Наука». М. 1971.

5. Walker J. Fundamentals of Physics. N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 P.).

2-LABORATORIYA ISHI МАТЕМАТИК МАЙАТНИК YORDAMIDA OG'IRLIK KUCHI TEZLANISHINI ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) qurilma, 2) sekandomer, 3) shtangentsirkul, 4)mm – li chizg'ich.

Qisqacha nazariya

Jismlarning muvoznat vaziyati atrofida u yoki bu aniqlikda davriy ravishda takrorlanadigan harakatiga tebranma harakat yoki tebranish deb ataladi. Eng sodda tebranma harakatlaridan biri – bu garmonik tebranma harakat bo'lib, bunday harakat parametrlari sinus yoki kosinus qonuni bo'yicha o'zgarib turadi:

$$x = x_0 \sin(\omega t + \alpha_0) \quad (1)$$

Bu yerda x_0 , ω , α_0 lar mos ravishda tebranihlarning amplitudasi, siklik chastotasi va boshlang'ich fazasidir. (1)

tenglama ko'rinishdagi qonuniyat bilan ro'y beradigan harakat quyidagi differensial tenglamaning yechimi ekanligi aniq ishonch hosil qilish mumkin:

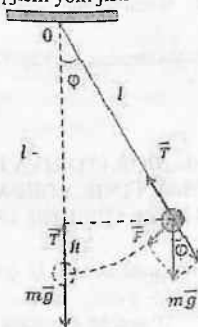
$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0 \quad (2)$$

Garmonik tebranishda moddiy nuqtani muvozanat holatiga qaytaruvchi va unga ta'sir etuvchi kuch

$$F = m\ddot{x} = -m\omega^2 x$$

ga teng. U x siljishga proporsional va qarama - qarshi yo'nalishga ega bo'ladi. U doim muvozanat holat tomon yo'nalgan bo'lib, moddiy nuqtaning muvozanat holatidan kichik og'ishlarida davriy ravishda paydo bo'lib turadi va shu kuch ta'sirida mayatnik davriy tebranma harakat qiladi.

Mayatnik deb - muvozanat vaziyatidat chiqarilganda muvozanat vaziyati atrofida davriy tebranma yoki aylanma harakat qila oladigan har qattiq jism yoki jismlar sistemasiga aytiladi.



1-rasm

Matematik mayatnik deb - cho'zilmaydigan va vaznsiz ipga osilgan moddiy nuqtadan iborat bo'lgan va muvozanat vaziyatidan chiqarilganda muvozanat vaziyati atrofida davriy tebranma harakat qila oluvchi sistemaga aytiladi. Real sharoitlarda moddiy nuqta sifatida o'lchamlari osma uzunligiga nisbatan e'tiborga olmasa ham bo'ladigan darajada kichik bo'lgan sharchani olish mumkin. Ma'lum bir shart-sharoitlarda matematik mayatnik tebranishlari garmonik bo'lib, uning yordamida og'irlik kuchi tezlanishi g ni

aniqlash mumkin. Matematik mayatnik osilish nuqtasi 0 (1-rasm) atrofida aylanma - tebranma harakat qila olganligi uchun uning harakatini aylanma harakat dinamikasining asosiy qonunining tenglamasi orqali ham ifodalash mumkin:

$$I \cdot \ddot{\beta} = \vec{M} \quad (3)$$

Bunda I - mayatnikning 0 nuqtaga nisbatan inertsia momenti, β - burchak tezlanish. M - mayatnikning nuvozanat vaziyatiga qaytaruvchi kuchning momenti. Agar

$$I = ml^2; \quad \beta = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \ddot{\varphi};$$

$$M = -Pl\sin\varphi = -mgl\sin\varphi, \quad P = mg$$

ekanini hisobga olsak, (3) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$ml^2\ddot{\varphi} = -mgl\sin\varphi \quad (4)$$

yoki

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{l}\sin\varphi = 0. \quad (4')$$

(4) tenglamadagi minus ishora og'irlik kuchi momenti vektori bilan burchak siljishi vektori o'zaro qarama-qarshi yo'nalganligini ko'rsatadi.

Mayatnikning kichik burchaklarda og'ib tebranishi uchun ($\varphi \leq 10^\circ \div 12^\circ$) da $\sin\varphi \approx \varphi$ o'rinli bo'ladi va bu holda (4') tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{l}\varphi = 0 \quad (5)$$

(2) va (5) ni taqqoslasak:

$$\omega^2 = \frac{g}{l} \quad (6)$$

ekani kelib chiqadi. Shunday qilib, matematik mayatnikning kichik amplitudali tebranishlari garmonik harakat bo'lar ekan:

$$\varphi = \varphi_0 \sin(\omega t + \alpha_0) \quad (7)$$

Agar $x = l \cdot \varphi$ ekanligini hisobga olsak, u holda

$$x = x_0 \sin(\omega t + \alpha_0) \quad (7')$$

Agar matematik mayatnikning tebranish davrini T bilan belgilasak va sinus funksiyaning davri 2π ga tengligini e'tiborga olsak,

$$[\omega \cdot (t + T) + \alpha_0] - (\omega t + \alpha_0) = 2\pi$$

dan $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ekanligi kelib chiqadi, (6) ni e'tiborga olib

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (8)$$

ni hosil qilamiz. (8) dan matematik mayatnik qonunlarini tavsiflash mumkin:

a) matematik mayatnikning tebranish davri sharchaning massasiga bog'liq emas,

b) tebranish amplitudasi kichik bo'lganda, uning tebranish davri T tebranish amplitudasi ($x_0 = A$) ga bog'liq emas,

c) matematik mayatnikning tebranish davri $T \sim \sqrt{l}$ va $T \sim \frac{1}{\sqrt{g}}$.

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, matematik mayatnikning tebranish davrini o'lchash orqali og'irlik kuchi tezlanishini aniqlash mumkin ekan, ya'ni

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \quad (9)$$

Bu (8) ifodadan foydalanilganda, uni ideal holat uchun yaqin olinganligini, ya'ni ipning vazni, sharning o'lchamlari e'tiborga olinmaganligini, ipni esa cho'zilmas deb hisoblanganligini nazarda tutish kerak.

Quyidagi qanday hollarda bunday soddalashtirishlar o'rinli bo'lishini ko'rib o'taylik:

Mayatnikning O nuqtaga nisbatan to'liq inertsia momenti sharni moddiy nuqta deb hisoblangandagi inertsia momenti (I_{sh}), sharning og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsia momenti (I_m) va ipning O nuqtaga nisbatan inertsia momenti (I_i) larning yig'indilaridan iborat bo'ladi:

$$I = I_{sh} + I_m + I_i = ml^2 = ml^2 + (2/5)mr^2 + (1/3)m_i l^2 \quad (10)$$

Bu yerda m_i - ipning massasi, m - sharning massasi, r - sharning radiusi. Agar sharning massasini 200 g atrofida deb hisoblasak, (9)

ifodadan ko'rinadiki, $l > 20$ sm qiymatlarida I_i va I_m larning umumiy I ga qo'shadigan hissasi e'tiborga olmasa bo'lgan darajada kichik bo'ladi, ya'ni $\frac{I_i + I_m}{I_{sh}} < 0,005$.

Endi ipning cho'zilmaslik shartini qarab chiqamiz. Mayatnik tebranma harakat qilganda taranglik kuchi $F_1 = mg \cdot \cos\varphi$ (chetki holatda) dan

$$F_2 = mg + \frac{mv^2}{R}$$

gacha (muvozanat holatdan o'tish vaqtida) o'zgaradi. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan:

$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$

bu yerda $h = l \cdot (1 - \cos\varphi)$ - sharning ko'tarilish balandligi (5-rasm). Bularni hisobga olsak, tebranish vaqtida taranglik kuchining o'zgarishi uchun quyidagi ifoda kelib chiqadi.

$$\Delta F = F_2 - F_1 = 3mg(1 - \cos\varphi) \quad (11)$$

Yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan maksimal siljish burchagi $\varphi = 0,2$ radian ($\approx 12^\circ$) bo'lganda $\cos\varphi = 0,98$ bo'lib, taranglik kuchining o'zgarishi $\Delta F = 0,06mg$ bo'ladi. Bunday sharoitlarda mustahkam ipak ipi yoki po'lat sim uchun ularning uzayishi hisobga olmasa bo'ladigan darajada kichik bo'lishini tekshirib ko'rish mumkin. (8) ifodani chiqarishda biz ishqalanish kuchlarini hisobga olmagan edik. Ishqalanish kuchlari ta'sirida tebranish amplitudasi kamayib boradi va tebranish davri (8) formula beradigan qiymatdan kattaroq bo'ladi:

$$T = \frac{2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}}{\sqrt{1 - \frac{le^2}{g}}} \quad (12)$$

Bu yerda e - tebranuvchi jism o'lchamlariga va tebranish yuz berayotgan muhitning xususiyatlariga bog'liq bo'lgan kattalik. Bu kattalik amplituda e -marta kamayish uchun ketgan vaqtning teskari qiymatiga teng. Agar shu vaqt oralig'ida mayatnik N marta

tebrangan bo'lsa, $\epsilon = \frac{1}{NT}$ bo'ladi. U vaqtda (12) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$T = \frac{2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4\pi^2 N^2}}} \quad (13)$$

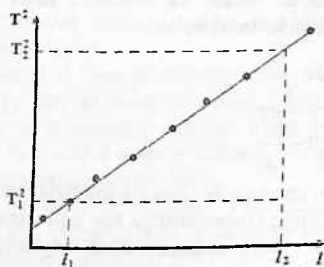
Odatda tebranishlar soni 50 dan kam olinmaydi. Demak $\frac{1}{4\pi^2 N^2} \ll 1$ va (13) ifoda katta aniqlik bilan (8) ifodadan farq qilmaydi.

O'lchash uslubi va eksperimental qurilma

$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ formula yordamida g ni aniqlash uchun ikkita

miqdorni mayatnikning uzunligi l ni va unga mos keladigan tebranish davri T ni o'lchash lozim. O'lchashlar mayatnikning bir necha uzunliklari uchun kamida 2 martadan bajarilishi kerak. Ba'zan og'irlik kuchi tezlanishini (9) formula yordamida hisoblash vaqtida o'lchash xatoligini kamaytirish maqsadida quyidagi 2-usuldan foydalaniladi. (8) formuladan ko'rinadiki,

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} l \quad (14)$$



2-rasm

Ya'ni, tebranish davrining kvadrati mayatnik uzunligiga chiziqli bog'liqdir. Agar mayatnikning har xil uzunligi uchun tebranish davri aniqlansa va ulardan foydalanib, T^2 ning l ga bog'lanish grafiqi chizilsa, hosil bo'lgan to'g'ri chiziqning burchak koeffitsientini bilgan holda g ni hisoblash mumkin (2-rasm).

Bu usulning boshqa usullardan afzalligi shundan iboratki, bunda ipning uzunligini o'lchash o'rniga uning o'zgarishi $l_0 = l - l'$ ni o'lchash kifoyadir. Bu esa o'lchash xatoligini kamaytiradi.

Agar (14) ga $l = l_0 + l' + r$ ni qo'ysak.

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} l_0 + \frac{4\pi^2 l'}{g} + \frac{4\pi^2 r}{g} \quad (15)$$

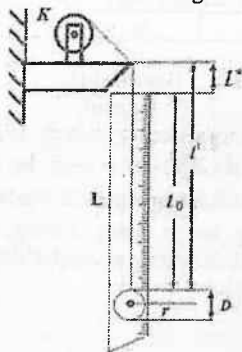
tenglik hosil bo'ladi. Bunda

$$T^2 = Y, l_0 = x, \frac{4\pi^2 l'}{g} + \frac{4\pi^2 r}{g} = A, \frac{4\pi^2}{g} = B$$

belgilashlar kiritsak, (15) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$y = Bx + A \quad (16)$$

Tajriba yo'li bilan har xil l_0 da T ni o'lchab, (13) dan foydalanib B ni topish va u orqali g ni aniqlash mumkin. Og'irlik kuchi tezlanishni aniqlashda ishlatiladigan qurilmaning sxematik tasviri 3-rasmda ko'rsatilgan. Shar osilgan ip katta ishqalanish bilan aylanuvchi va mahkamlanuvchi K g'altakka o'ralgan.



3-rasm

Ip g'altakdan sal pastroqda tushirilgan bo'lib, bu qirra osilish nuqtasi bo'lib xizmat qiladi. l_0 kattalik millimetrlilik chizg'ich (L) sharchning diyametri shtangen sirkul yordamida o'lchanadi. 3-rasmdan ko'rinadiki, mayatnik uzunligi: $l = l' + \bar{r}$. Bunda l' –osilish nuqtasidan sharchagacha bo'lgan masofa.

O'lchashlar

1. K g'altakni burash orqali mayatnikning eng kichik uzunligi tanlab olinadi va masshtabli metall chizg'ich shkalasidan l_0 ning qiymati o'lchanadi. Mayatnikni tebranma harakatga keltirib, 50 ta tebranish uchun ketgan vaqt (t_i) o'lchanadi. Bunda mayatnikning og'ish burchagi kichik, ko'pi bilan 10^0-12^0 bo'lishiga e'tibor berishi kerak. Lekin mayatnikning og'ish burchi 6^0-8^0 olish maqsadga muvofiq.

2. Ipni yana uzaytirib l_{0i} ning qiymati o'lchanadi va 1-punkttdagi o'lchashlar takrorlanadi. Bunday o'lchashlar mayatnikning 8-10 ta uzunligiga mos keluvchi qiymatlari uchun bajariladi.

3. So'ngra uzunlikni avvalgi mos keluvchi qiymatlar orqali amaytirib borib, barcha l_0 lar uchun 1-band o'lchashlar bajariladi.

4. O'lchash natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

1-jadval

№	l_{0i}	n=50 tebranish vaqti		\bar{t}_i	T_i	$y_i = T_i^2$
		t_{1i}	t_{2i}			

Hisoblashlar

I – usul

1-Jadval ma'lumotlaridan foydalanib, (9) formula yordamida barcha $l_i = l_{0i} + l' + \bar{d} / 2$ yoki $l_i = l' + \bar{r}$ lar uchun og'irlik kuchi tezlanish g_i lar aniqlanadi va natijalar 2 – jadvalga yoziladi. Har l_i ga to'g'ri kelgan g_i lar va uning o'rtacha qiymati hisoblanib, 2 – jadvalda yoziladi. So'ngra g ni aniqlashdagi o'rtacha kvadratik va nisbiy xatolik topiladi:

$$\Delta g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta g_i^2}{n(n-1)}}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{g}}{\bar{g}} \cdot 100\%$$

2-jadval

№	l_{0i}	$l_i = l'_i + \bar{r}$	tebranishlar vaqti		\bar{T}_i, s	T_i, s	T_i^2, s^2	$g_i, m/s^2$	$\bar{g}, m/s^2$	$\Delta\bar{g}, m/s^2$	$\varepsilon \%$
			t_{1i}, s	t_{2i}, s							
1											
2											
3											
n...											

Oxirgi natija $g = \bar{g} \pm \Delta\bar{g}$ ko'rinishda yoziladi.

II - usul

1. Ikkinchi usuli bilan hisoblashlar olib borilganda, 2-jadvaldan foydalanib, T^2 ning l_0 ga bog'lanish grafigi chiziladi. Undan (2-rasmga qarang) va to'g'ri chiziqning burchak koeffitsienti B topiladi.

Bu yerda T_i^2 va l_{0i} larning qiymatlari grafikdan olingan nuqtalarga tegishli. Xatolikni kamaytirish maqsadida bir-biridan uzoqroq joylashgan nuqtalardan foydalangan ma'qul. (masalan: $l_{01}=60\text{sm}$, $l_{02}=110\text{sm}$)

2. B ning qiymatidan foydalanib og'irlik kuchi tezlanishi $g = \frac{4\pi^2}{B}$ hisoblanadi.

3. Bundan tashqari, eng kichik kvadratlar metodi asosida A va B kattaliklar va ularni aniqlashdagi xatoliklar topiladi. B ning qiymatidan foydalanib g ni va uni aniqlashdagi xatolik topiladi. A va g qiymatlardan foydalanib $l' + \bar{r}$ topiladi va uni bevosita o'lchash natijalari bilan solishtiriladi. A va B kattaliklarni aniqlashdagi xatoliklar quyidagi ifodalar yordamida hisoblanadi:

$$\Delta B = t_a(n) \sqrt{\frac{h \sum \varepsilon_i^2}{(h-2)D}} \quad \Delta A = t_a(n) \sqrt{\frac{\sum x_i^2 \sum \varepsilon_i^2}{(h-2)D}}$$

Bu yerda n — o'lchashlar soni, $D = n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2$, $\varepsilon_i = y_i^* - y_i$ lar har bir eksperimental nuqtaning topilgan A va B qiymatlar asosida chizilgan to'g'ri chiziqdan chetlashish kattaligi.

Nazorat savollari:

1. Mayatnik nima? Matematik mayatnik nima?
2. Tebranma harakat deb qanday harakatga aytiladi?
3. Garmonik harakat nima va u qanday kuchlar ta'sirida ro'y beradi?
4. Mayatnikning garmonik tebranma harakat qilish sharti nimadan iborat?
5. Og'irlik kuchi tezlanishi g ni hisoblash formulasini keltirib chiqaring.
6. Matematik mayatnik qonuniyatlarini tariflang.
7. Og'irlik kuchi tezlanishi nima uchun geografik kenglikka bog'liq?
8. Sharning o'lchamini, ipning cho'zilishini va vaznini e'tiborga olmaslik tajribada qanday xatoliklarga olib keladi?

Adabiyotlar

1. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. Механика. «Ўқитувчи». 1981 й. 39-41 § лар.
2. С.П.Стрелков. Механика. «Ўқитувчи». 1979 й. 123, 124 § лар.
3. Дж. Сквайрс. Практическая физика. «Мир», 1971, Стр. 46-48; 52-53.
4. Э.Н.Назирова ва бошқалар. Механика ва молекуляр физикадан практикум. Тошкент, «Ўқитувчи», 1979. 1-иш. (45-55 б).
5. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. «Наука». М. 1971.
6. Walker J. Fundamentals of Physics. N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

3-LABORATORIYA ISHI

PRUJINALI MAYATNIK QURILMASI YORDAMIDA SO'NUVCHAN TEBRANISH QONUNIYATLARINI O'RGANISH

Kerakli asbob va materiallar: 1) prujina va yuklar to'plami, 2) suyuqlik quyilgan idish, 3) sekundomer.

Ishning maqsadi – prujinaga osilgan yukning tebranishlarini o'rganish orqali xususiy garmonik tebranishlarni hamda so'nuvchan tebranishlarni o'rganish.

Ishning nazariyasi. Ma'lum materialdan yasalgan va uzunligi l_0 bo'lgan prujina berilgan. Prujina bir tomonidan mahkamlanib, tik osilgan (1-rasm a hol) bo'lsin. Prujinaga m massali shar osilganda u deformatsiyalanib, $\Delta l = l - l_0$ ga cho'ziladi (1-rasm b hol). U holda prujinaga ta'sir etuvchi F kuch (biz ko'rayotgan holda P og'irlik kuchi) bilan $\Delta l = x_0$ absolyut deformatsiya kattaligi chiziqli bog'lanishda bo'ladi, ya'ni:

$$F = -k\Delta x_0 \quad (1)$$

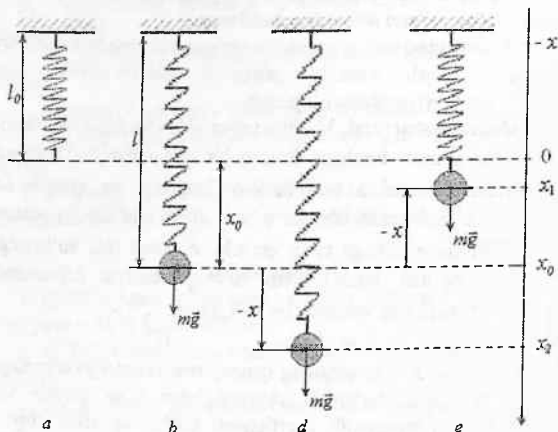
Bu yerda k - prujinaning qanday materialdan yasalganligiga bog'liq bo'lgan, cho'zilish (siqilish) bilan ta'sir etuvchi kuch orasidagi proporsionallik koeffitsienti bo'lib, *elastiklik* (bikrlik) koeffitsienti deyiladi. (1) formuladan ko'rinadika, *elastiklik* (bikrlik) koeffitsienti $\frac{dn}{sm}, \frac{N}{m}$ birliklarda o'lchanadi.

$P = mg$ shar (yuk) $P = k\Delta l$ yoki $P = kx_0$ ($\Delta l = x_0$) - deformatsiya kuchi bilan muvozanatlashadi. $x_0 = \frac{P}{k}$ yukning muvozanat vaziyatining koordinatasi bo'ladi.

Yukning muvozanat vaziyatdan cho'zilishini x bilan belgilaymiz. Bunda yukning ko'tarilishini (e hol) manfiy $-x = x_0 - x_1$ pasayishini (b hol) musbat $x = x_2 - x_0$ bilan belgilaymiz (1 - rasm).

Bu holda muvozanat vaziyatiga nisbatan yuqoriga yo'nalgan kuch manfiy, pastga yo'nalgan kuch musbat bo'ladi. yukni $+x$

masofaga pasaytirganimizda (1-rasm, *d* hol) yukka prujina tomonidan $F_1 - k[(l - l_0) + x] = -k(x_0 + x) = kx_0 - kx$ deformatsiya kuchi ta'sir qiladi. Yuk esa prujinani $P = kx_0$ kuch bilan pastga tortadi yukka ta'sir etuvchi kuchlarning natijaviysi



1 - rasm

$$F = F_1 + P = -kx \text{ yoki } F = -kx \quad (2)$$

ifoda bilan aniqlanib, bu kuch m massali yukni muvozanat vaziyatiga qaytaruvchi kvazielastik kuch bo'ladi. Uning ta'sirida m massali yuk va prujinalardan iborat erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sistema x o'qi bo'ylab garmonik tebranma harakat qiladi. Bu holda yukning harakat tenglamasi ushbu

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx \text{ yoki } \frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{k}{m} x \quad (3)$$

bir jinsli differensial tenglama ko'rinishida bo'ladi. Ishqalanish va qarshilik kuchlarini hisobga olmaganda, muvozanat vaziyatiga nisbatan kichik tebranishlar garmonik tebranishlar bo'ladi. Shuning uchun (3) tenglamaning yechimi sinuslar yoki kosinuslar funksiyalari ko'rinishida bo'ladi.

$$x = A \sin(\omega t + \phi_0) = A \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t + \phi_0\right) \quad (4)$$

Bu yerda x siljish kattaligini, A esa jisnning muvozanat vaziyatidan eng katta chetlanish og'ish masofasi – amplituda;

$(\omega t + \phi_0) = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t + \phi_0$ – tebranish fazasi, ϕ_0 boshlang'ich faza.

Garmonik tebranishning siklik chastotasi $\omega = 2\pi\nu$ ni (ν – oddiy – chiziqli tebranishlar chatotasi) $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ formula yordamida,

tebranish davrini va prujina bikirligini $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ formulalar

yordamida topish mumkin. A amplituda va ϕ_0 boshlang'ich faza o'zgarmas sonlar bo'lib, ular vaqtning ikki momentidagi x siljish

va $v = \frac{dx}{dt}$ tezlikning qiymatlaridan foydalanib topiladi. Yukning

turg'un muvozanat vaziyatidan chiqarib, qo'yib yuborgandan keyin tebranishlari prujinali mayatnikning xususiy yoki erkin

tebranishlari deyiladi. $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ va $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ formulalardan

ko'rinadiki, xususiy tebranishlarning siklik chastotasi va davri prujina materialiga va yuk massasiga bog'liq bo'ladi. Prujinali mayatnikni biror idishdagi suyuqlikka tushiraylik (2– rasm). Bu holda mayatnikning suyuqlik ichidagi tebranishi uning havodagi tebranishiga qaraganda tezroq so'nadi. Chunki mayatnik suyuqlik ichida tebranayotganda unga ta'sir etadigan ishqalanish kuchi

($r\nu = r \frac{dx}{dt}$, r – qarshilik koeffitsienti) havodagiga qaraganda

hisobga olinadigan darajada katta bo'ladi. Prujinali mayatnikning bu holdagi harakat tenglamasi

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - r \frac{dx}{dt} \quad \text{yoki} \quad x'' + \frac{r}{m} x' + \frac{k}{m} x = 0 \quad (5)$$

ko'rinishda yoziladi. Ushbu tenglama yechimi

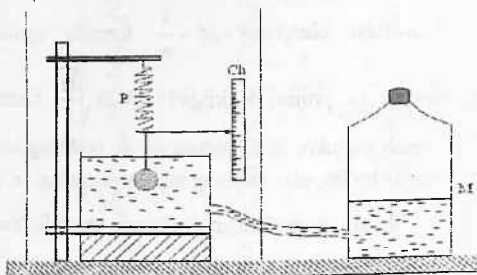
$$x = A_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \phi) \quad (6)$$

ko'rinishda bo'ladi. Bu yerda so'nish koeffitsienti

$$\delta = \frac{r}{2m} \quad (7)$$

tenglikdan, shartli siklik chastota esa

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{r^2}{4m^2}} = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} \quad (8) \text{ tenglikdan aniqlanadi.}$$



2 - rasm

Agar tebranish amplitudasining qiymati vaqtning t momentida A_t ga, $(t+T)$ momentida esa $A_{(t+T)}$ ga teng bo'lsa (6) ga asosan, ularning nisbatidan quyidagi munosabatni olamiz:

$$\frac{A_t}{A_{(t+T)}} = \frac{A_0 e^{-\delta t}}{A_0 e^{-\delta(t+T)}} = e^{-\delta T} \quad (9)$$

Faraz qilaylik, $T = \tau$ vaqt oralig'ida tebranish amplitudasi e marta kamaysin. U holda (9) dan

$$\frac{A_t}{A_{(t+\tau)}} = e^{-\delta \tau} = e^{-1} \quad \text{yoki} \quad \delta \tau = 1 \quad (10)$$

tenglik hosil qilinadi. Bu yerda $\tau = \frac{1}{\delta}$ relaksatsiya vaqti deyilib, u tebranish amplitudasining e marta kamayishi uchun zarur bo'lgan vaqtni xarakterlaydi. Demak, $\delta = \frac{1}{\tau}$ so'nish koeffitsient

relaksatsiya vaqtiga teskari kattalik bo'lib, u qancha katta bo'lsa, so'nish shuncha tez sodir bo'ladi.

Amaliy masalalarni yechishda δ so'nish koeffitsienti o'rniga foydalanishga qulayroq bo'lgan so'nishning logarifmik dekrementi θ tushunchasi kiritiladi. So'nishning logarifmik dekrementi θ ning qiymati (9) ni logarifmlash yo'li bilan aniqlanadi:

$$\theta = \ln \frac{A_t}{A_{(t,\tau)}} = \delta T \quad (11)$$

Agar amplituda $M_1 = M - M_x$ marta kamayishi uchun n marta tebranish zarur bo'lsa, u holda (10) va (11) munosabatlardan

$$\theta = \frac{T}{\tau} \text{ tenglik, ya'ni}$$

$$\theta = \frac{2}{(\tau/T)} = \frac{1}{n} \quad (12)$$

ifoda hosil qilinadi. (12) dan ko'rinadiki, so'nishning logarifmik dekrementi amplitudaning e marta kamayishi uchun necha marta to'la tebranish sodir bo'lishini harakterlaydi. Umumiy holda so'nish dekrementi N marta tebranishlar uchun

$$\theta = \frac{1}{n} \ln \frac{A_0}{A_N} \quad (13) \text{ ifodadan aniqlanadi.}$$

$$\text{Tebranuvchi sistemaning aslligi deb, } Q = \pi / \theta \quad (14)$$

$$\text{kattalikka aytiladi. U kattalikni } Q = \pi N_c = \frac{\pi}{\delta T_0} = \frac{\omega_0}{2\delta} \quad (15)$$

ko'rinishlarida yozish mumkin. Prujinali mayatnik (so'nish kichik bo'lgan hollarda) uchun, uning so'nish aslligi quyidagi ko'rinishlarda ham ifodalash mumkin:

$$Q = \frac{\omega_0}{2\delta} = \frac{m\omega_0}{r} = \frac{1}{r} \sqrt{mk} \quad 6).$$

Yuqorida zikr etilgan ifodalardan ko'rinib turadiki, $Q \sim \frac{1}{\delta}$ va

$Q \sim \frac{1}{r}$. Demak, sistemadagi qarshilik kuchlari, shuningdek so'nish

koefitsienti qancha kichik bo'lsa, uning aslligi shuncha katta bo'ladi.

Asbobning tavsifi

Asbob asosan tayanchga osilgan prujina va unga osiladigan massasi 250g bo'lgan shar, zanglamaydigan og'ir plastinka, tebranish amplitudasini o'lchaydigan shkala – chig'ich, suyuqlik solinishi va saqlanishi mo'ljallangan idishlar sistemasidan iborat.

Ishning bajarilish tartibi

1 – mashq. Prujinali mayatnik xususiy tebranishlari davri va chastotasini shar va plastinka uchun aniqlash.

1. Prujinaga m_1 massali shar osiladi.
2. Yuk muvozanat vaziyatidan pastga (yuqoriga) 30–50 mm chetlashtirib qo'yib yuboriladi. Mayatnik tebranma boshlaydi.
3. Mayatnikning n ta tebranishga ketgan ($n = 40 - 50$) vaqt sekundomer bilan o'lchanadi.

4. Davr $T = \frac{t}{n}$ munosabatdan hisoblanadi.

5. Mayatnik erkin tebranishining siklik chastotasi $\omega = \frac{2\pi}{T}$ tengliklardan foydalanib hisoblanadi. Birklik koefitsienti $k = m\omega^2$ formuladan foydalanib aniqlanadi.

6. 1–5 badda bajarilgan ishlar yana bir necha marta yassi plastinka uchun bajariladi.

7. Natijalar 1 – jadvalga yoziladi.

8. T^2 va ω^2 ning yuk massasi m ga bog'liqlik grafigi chiziladi.

1 – jadval

N_0	$m,$ kg	$T,$ s	$\omega = \frac{2\pi}{T},$ s^{-1}	$k_0,$ N/m	$\bar{\omega},$ s^{-1}	$\Delta\omega,$ s^{-1}	$\varepsilon = \frac{\bar{k}}{E} \cdot 100\%,$
1.							
2.							
3.							

2 – mashq. Plastinkali prujinali mayatnikning xususiy tebranishlaridan prujina bikrligini aniqlash.

1. Massasi $m = 100 - 150$ g oraliqda bo'lgan yassi plastinka tanlab olinadi.

2. Prujinaga tanlab olingan plastinka mahkamlanadi.

3. 1-mashqning 1-5 bandida keltirilgan usul bilan mayatnikning T tebranish davri topiladi.

4. T davrning topilgan qiymati va $k = \omega^2 m$ formuladan foydalanib, prujinaning bikrlilik koeffitsienti hisoblanadi.

5. Bikrlilik koeffitsientining o'rtacha qiymati hisoblanadi.

6. Nisbiy xatolik hisoblanadi.

7. Olingan natijalar 2 – jadvalga yoziladi. $\Delta k = k - k_1$

2 – jadval

N_2	$m,$ kg	n	$t,$ s	$T_i = \frac{t}{n},$ s	$\omega^2,$ s^{-2}	$k_i = \omega_i^2 \cdot m,$ N/m	$\bar{k},$ N/m	$\Delta k = k - k_1,$ N/m	$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{k}}{\bar{k}} \cdot 100\%$
1.									
2.									
3.									
n...									

3-mashq. Prujinali mayatnikning tebranishi so'nishining logarifmik dekrementini va qarshilik koeffitsientini aniqlash.

1. Prujinaga shar osiladi.

2. Mayatnik idishdagi suyuqlikka tushiriladi.

3. 1-mashqning 3-5- bandida keltirilgan usul bilan mayatnikning tebranish davri T_1 topiladi.

4. Boshlang'ich amplitudani $A_0 = 30 - 35$ mm olib, prujinani chizib qo'yib yuborish bilan bir vaqtda sekundomerni yurgizamiz.

5. Kuzatishni davom ettirib, tebranish amplitudasi boshlang'ich amplitudaning 0,5 qismiga teng bo'lguncha, ya'ni $A_N = 0,5A_0$ ($A_N = 15$ mm) bo'lguncha ketgan t vaqtni sekundomerda o'lchaymiz.

6. (13) munosabatdan θ logarifmik dekrement hisoblanadi.

7. (11), (12) va (8) formulalardan foydalanib, δ so'nish koeffitsienti, r qarshilik koeffitsienti va xususiy tebranishning ω siklik chastotasi hisoblanadi.

8. Sistemaning so'nish doimiysi va relaksatsiya vaqti aniqlanadi.

9. Olingan natijalar 3 – jadvalga yoziladi.

10. 1-8 banddagi o'lchashlar yassi plastinka uchun o'tkaziladi.

11. Olingan natijalar 3 – jadvalga o'xshash jadval tuzulib, unga yoziladi.

3 – jadval

№	m , kg	A_0 , sm	A_N , sm	N	t_n , s	T_n , s	τ_T	δ , s^{-1}	τ , s	d	r
1.											
2.											
3.											
n...											

Nazorat savollari:

1. Mayatnik nima? Prujinali mayatnik nima?
2. Tebranma harakat deb qanday harakatga aytiladi?
3. Garmonik harakat nima va u qanday kuchlar ta'sirida ro'y beradi?
4. Mayatnikning garmonik tebranma harakat qilish sharti nimadan iborat?
5. Og'irlik kuchi tezlanishi g ni hisoblash formulasini keltirib chiqaring.
6. Matematik mayatnik qonuniyatlarini ta'riflang.
7. Og'irlik kuchi tezlanishi nima uchun geografik kenglikka bog'liq?
8. Sharhning o'lchamini, prujinani massasini e'tiborga olmaslik tajribada qanday xatoliklarga olib keladi?

Adabiyotlar:

1. Д.В.Сивухин. Умумый физика курси. Механика. Тошкент: «Ўқитувчи». 1981 й. 39-41 § лар.

2. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент: «Ўқитувчи». 1979 й. 123,124 § лар.

3. Дж. Сквайрс. Практическая физика. «Мир», 1971, стр. 46-48; 52-53.

4. Э.Н.Назирова ва бошқалар. Механика ва молекуляр физикадан практикум. Тошкент: «Ўқитувчи», 1979. 1-нш. (45-55 б).

5. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. М.: «Наука». 1971.

6. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

4-LABORATORIYA ISHI

SUYUQLIKNING QOVUSHQOQLIK KOEFFITSIENTINI PRUJINALI MAYATNIK YORDAMIDA ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1)laboratoriya qurilmasi, 2)har xil konsentratsiyali eritmalar va har xil suyuqliklar, 3) sekundomer.

Qattiq jismlarning suyuqliklarda, gazlarda yoki biror jism yuzasi bo'ylab harakat qilganida yoxud suyuqlik yoki gazlarning biror qatlami uning boshqa qo'shni qatlamlariga nisbatan harakati vaqtida shu harakatga to'sqinlik qiluvchi kuchlar vujudga keladi. Bu kuchlar ishqalanish kuchlari deyiladi. Ishqalanish ikki xil: tashqi va ichki bo'ladi.

Ichki ishqalanish yoki qovushqoqlik ayni bir moddanning turli qismlari, masalan tezliklari har xil bo'lgan qatlamlari orasida namoyon bo'ladi.

Biroq, ishqalanish ichki va tashqi ishqalanishlarga ajratish shartli xarakterga ega. Masalan: qattiq jisimning suyuqliklardagi yoki gazlardagi harakatida yuzaga kelayotgan ishqalanish kuchi suyuqlik yoki qattiq jism orasidagi tashqi ishqalanish hisoblanmasdan, balki suyuqlikdagi yoki gazdagi ichki ishqalanish kuchi hisoblanadi. Bunga sabab (tajribalarning ko'rsatishicha) suyuqlik yoki gazning qatlami jism bilan birgalikda harakatlanadi, ishqalanish esa jisمنى o'rab olgan muhitda uning bir – biriga tegib turgan turli qatlamlari orasida yuzaga keladi.

Ichki ishqalanishda – qovushqoqlik mavjudligi tufayli har xil tezlikda harakat qilayotgan suyuqlik qatlamlarning tezliklari tenglashishiga intiladi. Bunga sabab, qatlam molekulalari orasida impuls almashinish ro'y beradi, ya'ni katta tezlik bilan harakatlanuvchi qatlam molekulalari sekinroq harakat qiluvchi qatlam molekulalariga impuls uzatadi. Natijada sekinroq harakat qiluvchi qatlamining tezligi ortadi va aksincha, tezligi katta bo'lgan suyuqlik qatlamining harakat tezligi kamayadi.

Demak, suyuqlik qatlamlari orasida tezliklar farqi tufayli impuls almashinuvi ro'y beradi. Qatlamlar impulslari farqining vaqt birligi ichida o'zgarishi esa qatlamlar orasidagi ishqalanish kuchiga teng, ya'ni;

$$F_{\text{shq}} = -\frac{\Delta K}{\Delta t} = -\eta \frac{dv}{dy} \Delta S \quad (1)$$

Bu yerda qovushqoqlik koeffitsienti

$$\eta = \frac{|F_{\text{shq}}|}{\frac{dv}{dy} \Delta S} = \frac{\Delta K}{\frac{dv}{dy} \Delta S \Delta t} \quad (2)$$

Qovushqoqlik koeffitsienti tezlik gradiyenti bir birlikka $\left(\frac{dv}{dy} = 1b.\right)$ teng bo'lganda va bir-biriga tegib turuvchi ikki qatlamlar birlik yuzasi ($\Delta S = 1b.$) bo'yicha ta'sir etuvchi kuchga yoki vaqt birligida uzatilgan impulsga teng.

SI o'lchov birliklarida

$$[\eta] = \frac{1N}{\frac{1m/s}{1m} \cdot 1m^2} = 1 \frac{N \cdot s}{m^2}$$

SGS birliklarida

$$[\eta] = \frac{1dn}{\frac{1sm/s}{1sm} \cdot 1sm^2} = 1 \frac{dn \cdot s}{sm^2} = 1pz$$

Demak, $1 \text{ puaz} = 1 \text{ dn} \cdot \text{s} / \text{sm}^2$ yoki $1 \text{ puaz} = 1 \text{ g} / \text{sm} \cdot \text{s}$.

Suyuqlikarning qovushqoqligi uning turiga va temperaturaga bog'liq. Sababi, har xil suyuqliklar molekulalari o'zaro ta'sir

kuchlarining har xilligidir. Temperatura ortishi bilan esa suyuqlik molekulalari orasidagi masofa ortadi, molekulalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari kamayadi va bu esa suyuqlikning qovushqoqligini kamayishiga olib keladi.

Uslubning nazariyasi

Mazkur ishda suyuqlik qovushqoqligini shu suyuqlikda shar shaklidagi yuk osilgan prujinali mayatnikning so'nuvchi tebranishlarini o'rganish orqali aniqlaymiz. Qovushqoq muhitda harakatlanayotgan shar shaklidagi jismga ta'sir qiluvchi qarshilik kuchi (tezlik uncha katta bo'lmaganda) uning harakat tezligiga to'g'ri proporsional bo'lib, Stoks formulasi bilan aniqlanadi:

$$F_q = 6 \cdot \pi \eta r v = h v \quad (3)$$

Bu yerda r -sharchaning radiusi va v - uning tezligi; η - tekshirilayotgan suyuqlikning qovushqoqligi: $h = 6\pi r \eta$ - shu harakatlanayotgan jism uchun qarshilik koeffitsienti.

Qovushqoq muhitda so'nuvchi tebranma harakat qilayotgan sharchaning harakat tenglamasini tuzish uchun unga ta'sir etuvchi og'irlik kuchi $P = \rho V g$, suyuqlikning ko'tarish kuchi (Arximed kuchi) $F_A = \rho_s V g$ va prujinaning elastik kuchi

$$\theta = \ln \frac{\alpha(t)}{\alpha(t+T)} = \beta T \quad \text{larni hisobga olamiz. Bu yerda}$$

ρ - sharchaning, ρ_s - suyuqlikning mos ravishdagi zichliklari. Nyutonning ikkinchi qonunidan

$$m \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho} \right) \ddot{x} = -kx - h \dot{x} \quad (4)$$

ko'rinishdagi so'nuvchi tebranishni xarakterlaydigan tenglamani hosil qilamiz. Bu tenglamada $m' = m \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho} \right)$ belgilashni kiritib, tenglamani ikki tomonini m' ga bo'lib

$$\frac{k}{m'} = \omega_0^2 \quad (5)$$

hamda

$$\frac{h}{m'} = 2\beta \quad (6)$$

belgilashlar kiritib, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\ddot{x} + 2\beta \dot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad (7)$$

Bu tenglamaning yechimi $\beta < \omega_0$ bo'lgan hol uchun quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega_s t + \phi_0) \quad (8)$$

Bundagi $\omega_s = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ so'nuvchi tebranishlar siklik chastotasi bo'lib, u tebranish davri T_s bilan quyidagicha bog'langan:

$$T_s = 2\pi / \omega_s = 2\pi / \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}, \quad (9)$$

ϕ_0 - esa tebranishning boshlang'ich fazasidir.

Qovushqoq muhitdagi sharchaning tebranish amplitudasi vaqt o'tishi bilan

$$A = A_0 e^{-\beta t} \quad (10)$$

qonuniyat bo'yicha kamayib boradi. Bunda A_0 - boshlang'ich amplituda deb, β - esa so'nish koeffitsienti deb ataladi. Amplitudaning so'nib borishi 1-rasmda punktir chiziq bilan tasvirlangan. So'nuvchi tebranma harakat amplitudalarining qiymatlari

$$A_0, A_1 = A_0 e^{-\beta T}, A_2 = A_0 e^{-2\beta T} \dots \dots A_N = A_0 e^{-N\beta T}, \dots \dots$$

qatorni tashkil etadi. Bundan quyidagi xulosani qayd etish mumkin: so'nuvchi tebranish amplitudalarining ketma - ketligi mahraji $e^{-\beta T}$ cheksiz bo'lgan kamayuvchi geometrik progressiyani tashkil etadi. Ketma - ket ikkita tebranishlar amplitudalarning nisbat, ya'ni

$$\frac{A_N}{A_{N+1}} = \frac{A_0 e^{-N\beta T}}{A_0 e^{-(N+1)\beta T}} = e^{\beta T} = e^{\theta} \quad (11)$$

Bu yerga θ so'nish dekrementi deb ataladi. Ikkita ketma-ket amplitudalar nisbati natural logarifmning moduli esa so'nishining logarifmik dekrementi deb ataladi.

$$\theta = \ln \frac{A_N}{A_{N+1}} = \beta T, \quad (12)$$

yoki N ta tebranishdan so'nggi amplitudasi bilan boshlang'ich amplitudalar orqali

$$\theta = \frac{1}{N} \ln \frac{A_n}{A_k} = \beta T_s, \quad (13)$$

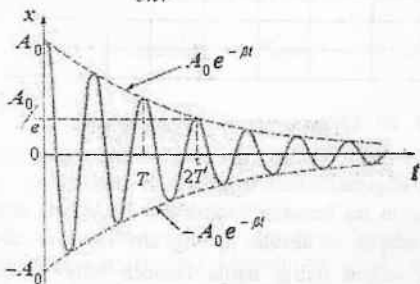
ga teng.

So'nishning logarifmik dekrementi bilan β orasidagi bog'lanish quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\theta = \beta T_s = \frac{h}{2m'} T_s = \frac{3\pi r \eta}{m(1 - \rho_s / \rho)} \quad (14)$$

Demak, so'nuvchi tebranish amplitudasining kamayib borishi jadalligini ifodalovchi kattalik θ – so'nishning logarifmik dekrementi muhitning qovushqoqligiga to'g'ri proporsional, tebranyotgan sharchaning massasiga teskari proporsionaldir. Oxirgi tenglamadan θ , T_s , τ , m , ρ_s , ρ larning qiymatlarini bilgan holda suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsientini quyidagi formuladan aniqlash mumkin :

$$\eta = \frac{m(1 - \rho_s / \rho) \theta}{3\pi r} \quad (15)$$



1 – rasm

Lekin bu formula bo'yicha aniqlangan qovushqoqlik koeffitsienti nisbiy kattalikdir. Sababi, bu kattalik sharning sirtini

silliqligiga hamda suyuqlikni (suvni) shar sirtining ho'llash darajasiga bog'liq bo'ladi.

O'lchash va hisoblashlar

1. Prujinali mayatnik sharchasining radiusi r va massasi m qurilmadan yozib olinadi.

2. Mayatnikning bavoda tebranishlarini kuzatib, uning $N=25$ marta tebranish uchun ketgan vaqt kamida 3 marta aniqlanadi va T ning o'rtacha qiymati, so'ngra prujinaning elastiklik koeffisienti

$$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$$

formuladan aniqlanadi.

3. Har xil konsentratsiyali suyuqliklarda mayatnik sharchasi botirilgan holda har bir hol uchun $N=25$ marta tebrantirib, x_1 va x_N lar hamda tebranishlar uchun ketgan vaqti t lar kamida uch marta o'lchanadi. So'ngra har bir hol uchun (13) ifodadan θ , (15) ifodadan η aniqlanadi va barcha ma'lumotlar 1 – jadvalga yoziladi.

1 – jadval

N	$C, \%$	A_1, sm	A_N, sm	θ	T, s	T_0, s	η	$\Delta\eta$	$\varepsilon = \frac{\Delta\bar{\eta}}{\bar{\eta}} \cdot 100\%$
1.									
2.									
3.									
n...									

4. Har xil konsentratsiyali eritmalar uchun η_i va $\bar{\eta}$ lar aniqlanib $\eta = \eta(C)$, ya'ni η_i ning eritma konsentratsiyasiga bog'liqlik grafigi millimetrlilik qog'ozga chiziladi.

5. Olingan ma'lumotlar asosida har bir eritma uchun η ning o'rtacha kvadratik va absolut xatoligi $\Delta\eta = t_{\alpha}(N)S\bar{\eta}$ hisoblanib, α ishonchlilik uchun oxirgi natija ishonch intervali quyidagicha yoziladi: $\eta = \bar{\eta} \pm \Delta\eta$ (har bir $C = \text{const}$ uchun). Olingan natijalar jadvaldagi ma'lumotlar bilan taqqoslanadi.

Nazorat savollari:

1. Mexanik tebranishlar va ularning parametrlari.
2. Prujinali mayatnik tebranish tenglamasini keltirib chiqaring.
3. Prujinali mayatnik kinetik tenglamasini keltirib chiqaring.
4. Kyoning teoremasini tavsiflang.
5. Kyoning teoremasini prujinali mayatnikka tadbiq eting.
6. So'nuvchan tebranma harakat tenglamasini keltirib chiqaring.
7. So'nich koeffitsenti nima?
8. So'nich dekrementi nima?
9. So'nich koeffitsentini tavsiflang.
10. Sistemaning asilligi nima?
11. Qovushqoqlikni tavsiflang.
12. Qovushqoqlikni koeffitsenti deb nimaga aytiladi?
13. Stoks fo'rmulasini tavsiflang.
14. Stoks kuchi jism ho'llanishiga bog'liqmi?
15. Qovushqoqlik koeffitsenti nima uchun modda tabiyatiga va temperaturasiga bog'liq?

Adabiyotlar

1. С.П. Стрелков. Механика. «Учитувчи». 1979 й. §39, 40 (124-129 б.), § 124-126 (368-382 б.).
2. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. «Наука». М. 1971.
3. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.:2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

5 - LABORATORIYA ISHI.

SHARLARNING ELASTIK TO'QNASHISHI ASOSIDA IMPULS VA ENERGIYANING SAQLANISH QONININI O'RGANISH.

Kerakli asbob va materiallar: 1. Qurilma; 2. Sekundomer

Ishning maqsadi: mazkur laboratoriya ishida ipga osilgan turli massali po'lat sharlarning elastik to'qnashish jarayonlari o'rganilib, impuls va energiyaning saqlanish qonunining bajarilishi tekshirib ko'riladi.

Tajribaning qisqacha nazariyasi.

Cho'zilmas vaznsiz ipga osilgan ikkita bir – biriga tegib turuvchi sharlarning elastic to'qnashishi jarayonini ko'ramiz. Ikkinchi m_2 massali sharcha tinch tursa va birinchi sharcha α burchakka ogdirib, qo'yib yuborilsa, u v_1 tezlik bilan ikkinchi sharga uruladi. Agar ikkinchi sharchaning tezligi $v_1 = 0$ bo'lganligini hisobga olsak, bu jarayon uchun impuls va energiyaning saqlanish qoninlarni quydagi ko'rinishda yoziladi:

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (1)$$

$$\text{va} \quad \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} \quad (2)$$

bu erda v_1' - birinchi sharning va v_2' - ikkinchi sharning to'qnashishdan keyingi tezliklari.

Sharlarning tezliklarini ularning muvozanat vaziyatidan og'ish burchaklari orqali ifodalaymiz:

$$\frac{mv^2}{2} = mgh \quad (3),$$

Bu erda g - og'irlik kuchi tezlanishi,

$$1 - \text{rasm} \text{dagi chizmadan } h = l(1 - \cos) \quad (4)$$

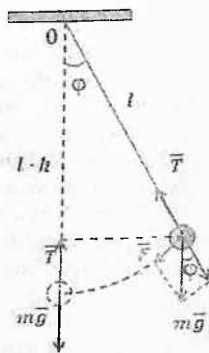
$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gl(1 - \cos)} \quad (5)$$

$$1 - \cos \alpha = 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \text{ ekanligini hisobga olsak,}$$

$$v = 2\sqrt{lg} \sin \frac{\alpha}{2} \quad (6) \text{ kelib chiqadi.}$$

U holda birinchi sharning boshlang'ich og'ish burchagi α , to'qnashishdan keyingi birinchi sharning og'ish burchagi β_1 va ikkinchi sharchaning og'ish burchagi β_2 bo'lsa, ularning tezliklari mos ravishda:

$$v_1 = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha}{2} \quad (7)$$



1- rasm

hamda
$$v_1 = \sqrt{2gl(1 - \cos \beta_1)} = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\beta_1}{2} \quad (8)$$

va
$$v_2 = \sqrt{2gl(1 - \cos \beta_2)} = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\beta_2}{2} \quad (9)$$

U holda impuls saqlanish qonuni quyidagi ko'rinishdagi yozishimiz mumkin:

$$m_1 \sin \frac{\alpha_1}{2} = m_1 \sin \frac{\beta_1}{2} + m_2 \sin \frac{\beta_2}{2} \quad (10) \text{ yoki}$$

$$\sin \frac{\alpha_1}{2} = \sin \frac{\beta_1}{2} + \frac{m_2}{m_1} \sin \frac{\beta_2}{2} \quad (11)$$

Sharlarning elastik to'qnashish jarayoni uchun energiyaning saqlanish qonuni esa quidagicha ifodalash mumkin:

$$m_1 \cos \alpha_1 = m_1 \cos \beta_1 + m_2 \cos \beta_2 - m_2$$

$$\cos \alpha_1 = \cos \beta_1 + \frac{m_2}{m_1} (\cos \beta_2 - 1) \quad (11')$$

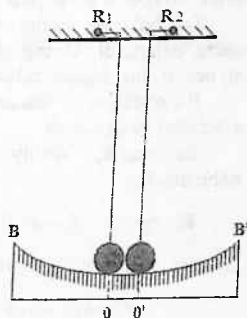
Shunday qilib, po'lat sharning to'qnashishi uchun impuls saqlanish qonuni bajarilishi (10) formula bo'yicha energiya saqlanish qonunini (11) formula bo'yicha tekshirib ko'rish mumkin. Bunda avvaldan sharlarning massasi m_1 va m_2 etiborga olib, to'qnashish jarayonlari uchun α_1 , β_1 va β_2 lar o'lchanadi.

EKSPERIMENT METODIKASI

Lobaratoriya qurilmasi sxematik ko'rinishini 2 - rasmda keltirilgan. Qurilmaning alohida xususiyatlari quyidagilardan iborat:

1. Sharlarning markazlari bir to'g'ri chizig'da bo'lishi uchun osma ipning uzunligini R_1 va R_2 quloqchalar yordamida o'zgartirib erishiladi;

2. Sharlarning muvozanat vaziyatidan og'ish burchaklarining burchak o'lchovi BB' yordamida qayd qilinadi;



2-rasm

3. Tajribada massalari har xil bo'lgan sharlar qo'llaniladi, sababi, elastik to'qnashishda shar massalari bir xil bo'lsa, $v_2 = 0$ va $u_2 = v_1$ ga teng bo'lgan eng sodda hol – tezliklari almashinish jarayoni ro'y bergan;

4. Tajribada elastikligi yuqori bo'lgan va "toblangan" po'lat sharlar ishlatiladi.

5. Har ikkala shar uchun 0 va 0' vaziyatlar belgilangan bo'lib, ular orasidagi oraliq ham darajalangan bo'lib, birinchi yoki ikkinchi sharlar vaziyatini o'zgarish burchagini hisoblashga imkon beradi.

Tajriba o'tkazish metodi

Burchak o'lchash shkalasi $\approx 0,5^\circ$ aniqlikda ishlab chiqilgan. Birinchi sharning og'ish burchagi $6^\circ - 18^\circ$ oraliqda olinadi. Impuls va energiya saqlanish qonunini tekshirish uchun ular orqali, ya'ni sharlar to'qnashguncha qadar sistemaning impulsi yoki energiyasi ular to'qnashishidan kegin impuls yoki energiyaning farqini hisoblab ko'ramiz:

$$\Delta k = \left(m_1 \sin \frac{\alpha_1}{2} - (m_1 \sin \frac{\beta_1}{2} + m_2 \sin \frac{\beta_2}{2}) \cdot 2\sqrt{gl} \right) \quad (12)$$

$$\text{va} \quad \Delta W = gl \left[m_1 (\cos \beta_1 - \cos \alpha_1) + m_2 (\cos \beta_2 - 1) \right] \quad (13)$$

Agar Δk va ΔW nolga yaqin bo'lsa, unda eksperiment xatoligi raliq'ida bu to'qnashishlar uchun impuls va energiyaning aqlanish qonunlari bajariladi deb xulosa qilish mumkin.

Tajribalar m_1 va m_2 massali sharlar sistemasi uchun bir necha marta bajariladi. Uning (12) va (13) formula bo'yicha o'rtacha qiymatlari hisoblanib xulosa qilinadi.

Bu o'rtacha qiymatlarga nisbatan tasodifiy absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.

Sistematik, nisbiy xatoliklar diferentsiyallash usulida baholanadi.

Energiya $E = mgl(1 - \cos) = 2mgl \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ ni logarifmlab so'ngra differentsiyalaymiz:

$$\ln E = \ln 2 + \ln m + \ln g + \ln l + 2 \ln \sin \frac{\alpha}{2} \quad \text{va}$$

$$\frac{dE}{E} = \frac{dm}{m} + \frac{dg}{g} + \frac{dl}{l} + \frac{ctg\alpha}{2} \cdot d\alpha$$

$$\frac{\Delta E}{E} = \varepsilon = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta l}{l} + ctg\alpha \cdot \Delta\alpha$$

Shuningdek, impulsni aniqlashdagi xatolikni ham shu yo'sunda aniqlaymiz:

Bu erda $\Delta m = 0,1 \text{ gr}$, $\Delta g = 0,1 \text{ m/s}^2$, $\Delta l = 1 \text{ mm}$,
 $\alpha = 1^\circ/57,32^\circ$ radian deb olinadi.

Nazorat savollari.

1. Jism impulsini deb nimaga aytiladi?
2. Jismlar sistemasi deb nimaga aytiladi?
3. To'qnashish deb nimaga aytiladi?
4. Markaziy absolyut elastik to'qnashish deb nimaga aytiladi?
5. Impulsning saqlanish qonuni ta'riflang va isbot qiling.
6. To'qnashishda yo'qolgan impuls va energiyani hisoblang, ularni baholang.
7. Sharlarning elastikligini oshirishning qanday usullari bor?

Adabiyotlar

1. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. Тошкент: Механика. «Ўқитувчи». 1981 й. 39-41 § лар.
2. С.П.Стрелков. Тошкент: Механика. «Ўқитувчи». 1979 й. 123,124 § лар.
3. И.В.Совельев Умумий физика курси. 1 – том. Тошкент: Ўқитувчи, 1984. 30 (38-89 б.)
4. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.:2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

6-LABORATORIYA ISHI

FIZIKAVIY MAYATNIK YORDAMIDA OG'IRLIK KUCHI TEZLANISHNI ANIQLASH.

Kerakli asbob va materiallar: 1. Qurilma, 2. Sekundomer.

Qisqacha nazariya

Mayatnik deb – muvozanat vaziyatidan chiqarilganda muvozanat vaziyati atrofida davriy tebranma va aylanma harakat qila oladigan har qattiq jism yoki jismlar sistemasiga aytiladi.

Og'irlik markazidan o'tmaydigan qo'zg'almas gorizontal o'q atrofida aylanma yoki tebranma harakat qila oladigan har qanday qattiq jism yoki jismlar sistemasi fizik mayatnik deb ataladi. Aylanish o'qini mayatnikning massalar markazi C dan o'tuvchi vertikal tekislik bilan kesishuvchi O nuqtasiga mayatnikning osilishi nuqtasi deyiladi.

Agar fizik mayatnik muvozanat holatidan φ burchakka og'dirilsa, u (1-rasm asosan)

$$M = -mg \cdot b \cdot \sin\varphi \quad (1)$$

og'irlik kuchining tashkil etuvchisining momenti ta'sirida o'zining avvalgi holatiga qaytishga intiladi. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan jism muvozanat vaziyatidan o'tgach, avval qanday burchakka og'dirilgan bo'lsa, deyarli shunday burchakka og'adi. Ishqalanish kuchlari bo'lmaganda, bunday harakat takrorlanaveradi, ya'ni u davriy tebranma harakat qiladi. Fizik mayatnik kichik burchaklarga og'ib tebranganda uning tebranishlari garmonik bo'ladi. Quyida haqiqattan ham shunday bo'lishini ko'rib o'tamiz.

Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni

$$M = I \beta = I \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (2)$$

ni fizik mayatnik uchun (1) ni e'tiborga olgan holda quyidagi ko'rinishda yozib olamiz:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{mgb}{I} \sin\varphi \quad (3)$$

Bu ifodalarda β - mayatnik harakatining burchak tezlanishi, I - uning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti, b - massalar

markazidan osilish nuqtasigacha bo'lgan masofa, manfiy ishora esa kuch momenti bilan siljishning yo'nalishi doimo bir-biriga qarama-qarshi ekanligini bildiradi.

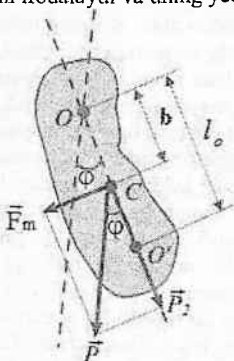
Maksimal og'ish burchagi yetarlicha kichik bo'lganda $\sin\varphi \approx \varphi$ munosabat o'rinli bo'ladi. U holda fizik mayatnikning kichik tebranishlari uchun (3) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{mgb}{I}\varphi = 0 \quad (4)$$

Bu differensial tenglama tebranishning doiraviy (siklik) chastotasi

$$\omega = \sqrt{\frac{mgb}{I}} \quad (5)$$

bo'lgan harakatni ifodalaydi va uning yechimi:



1-rasm

$$\varphi = \varphi_0 \sin(\omega t + \alpha_0) \quad (6)$$

ko'rinishda bo'ladi. (6) dagi φ_0 – amplitudaviy og'ish burchagi, α_0 esa boshlang'ich faza.

Shunday qilib, (4) tenglamaning yechimi fizik mayatnikning kichik tebranishlarida uning harakati sinus (yoki kosinus) qonuniyati bo'yicha ro'y berishini ko'rsatadi. Bunday tebranishlar esa garmonik tebranishlar deb ataladi. Siklik chastota bilan tebranishlar davri orasidagi bog'lanish

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (7)$$

ekanligini hisobga olsak, (5) dan fizik mayatnikning tebranish davri uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgb}} \quad (8)$$

Ildiz ostiga kirgan I/mgb ifodaning o'lchamligi uzunlik o'lchamlik bilan bir xildir. Shuning uchun uni biror l_0 uzunlik bilan almashtirish mumkin. U holda (8) ni quyidagicha yozish mumkin, ya'ni

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l_0}{g}} \quad (9)$$

Ko'rinib turibdiki, bu ifoda matematik mayatnik tebranish davri ifodasining xuddi o'zidir. Shuning uchun bu yerda l_0 ni fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi deyiladi. (9) ifodadan fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi son qiymati jihatidan tebranish davri berilgan fizik mayatnikning tebranish davriga teng bo'lgan matematik mayatnikning uzunligiga teng ekanligi kelib chiqadi.

Fizik mayatnikning osilish nuqtasidan OC to'g'ri chiziq bo'yicha uzunligi uning keltirilgan uzunligi l_0 ga teng bo'lgan OO' kesma ajratamiz. O' nuqta fizik mayatnikning tebranish markazi deb ataladi. Tebranish markazining ajoyib xususiyati shundan iboratki, agar uni O' nuqtasidan osib qo'yilsa, u holda uning tebranish davri o'zgarmaydi va avvalgi O osilish nuqtasi yangi tebranish markazi bo'lib qoladi. Bu qonun Gyugens teoremasi deb ataladi. Bu teoremani isbot qilish uchun OC kesmaning uzunligini b deb belgilaymiz va avval O nuqtadan, keyin esa O' nuqtadan osilgan deb faraz qilamiz. U holda uning keltirilgan uzunligi mos ravishda

$$l_0 = \frac{I}{mb} \text{ va } l_0' = \frac{I'}{mb'} \quad (10)$$

bo'ladi. Gyugens - Shteyner-Gyugens teoremasiga asosan:

$$I = I_0 + mb^2 \quad (11)$$

$$I = I_0' + mb'^2 \quad (11')$$

Bu yerda I_0 – mayatnikning massalari markazidan o'tuvchi parallel o'qqa nisbatan inertsia momenti. Bularni e'tiborga olgan holda I_0 va I_0' ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$I_0 = b + \frac{I_0'}{mb} \quad (12)$$

$$I_0' = b' + \frac{I_0'}{mb'} \quad (13)$$

1-rasmdan ko'rinib turibdiki $I_0 = b + b'$. Agar bu ifodani (12) bilan taqqoslasak:

$$b' = \frac{I_0'}{mb} \quad (14)$$

bo'ladi. Bu qiymatni (13) formulaga qo'yib:

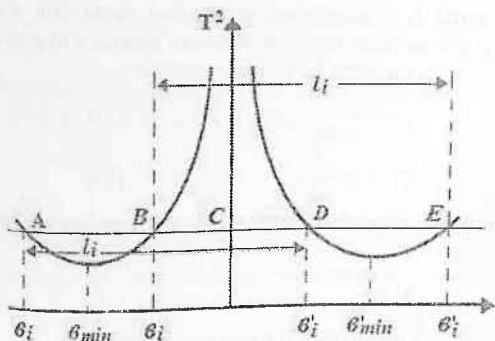
$$I_0' - b + \frac{I_0'}{mb} = b + b'$$

tenglikni hosil qilamiz. Shunday qilib, $I_0 = b + b_0'$ ekan. Bu esa Gyugens teoremasini isbotidir.

Endi fizik mayatnikning osilish nuqtasini massalar markazidan o'tuvchi to'g'ri chiziq bo'ylab ko'chirgan holda uning tebranish davri qanday o'zgarishini ko'rib chiqamiz. (9) ifodadan ko'rinib turibdiki, mayatnikning tebranish davri uning keltirilgan uzunligi orqali bir qiymatli aniqlanadi. Shuning uchun b o'rniga I_0 dan foydalanish mumkin. Umumiy holda I_0 ning b ga bog'lanishi (12) ifoda bilan aniqlanadi. Bu ifodadan ko'rinib turibdiki osilish nuqtasini og'irlik markazidan cheksiz uzoqlashganda ($b \rightarrow \infty$) hamda unga yaqinlashganda ($b \rightarrow 0$) mayatnikning keltirilgan uzunligini va tebranish davri cheksizlikka intiladi. Osilish nuqtasi og'irlik markazidan boshqa tomondan olinganda ham xuddi shu ahvol ro'y beradi.

Abssissa o'qiga b kattalikni, ordinata o'qiga I_0 yoki T ning kvadratini qo'ysak,

2-rasmda tasvirlangan egri chiziqni hosil qiladi. Grafikdan ko'rinadiki, keltirilgan uzunlikning har qanday qiymatiga to'rtta osilish nuqtasi mos keladi. Bundan I_0 ning minimumga mos kelgan qiymati mustasno. Haqiqatan ham, agar biz egri chiziqning analitik ko'rinishni (12) ni quyidagi ko'rinishda yozib:



2-rasm

$$b^2 - l_0 b + \frac{I_0}{m} = 0 \quad (15)$$

b ga nisbatan yechsak, bunga ishonch hosil qilamiz:

$$b_{1,2} = \frac{l_0}{2} \pm \sqrt{\frac{l_0^2}{4} - \frac{I_0}{m}} \quad (16)$$

(13) tenglmasidan b_1 va b_2 lar uchun ham yuqoridagi kabi qiymatlarni topamiz.

$$b'_{1,2} = \frac{l'_0}{2} \pm \sqrt{\frac{l'^2_0}{4} - \frac{I_0}{m}} \quad (16)$$

Agar $l_0 = l'_0$ ekanligini e'tiborga olsak, $b_1 = b'_1$ va $l_0 = b_1 + b_2 = b'_1 + b'_2$ ekanligi kelib chiqadi. Ma'lumki (15) tenglama faqat

$$\frac{l_0^2}{4} \geq \frac{I_0}{m} \quad (17)$$

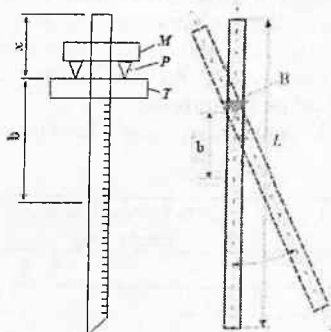
munosabat o'rinli bo'lgandagina haqiqiy yechimga ega bo'ladi. Bundan minimal keltirilgan uzunlik

$$l_{\min} = 2\sqrt{\frac{I_0}{m}} \quad (18)$$

ekanligi kelib chiqadi.

Metodning nazariyasi va tajriba qurilmasi

Bu ishda qo'llaniladigan qurilma – fizik mayatnik bir jinsli po'lat sterjendan iborat bo'lib, sirtga oralig'i 1 yoki 5 sm dan bo'lgan chiziqlar chizilgan (3-rasm). Sterjenga P prizma yengil M mufta o'rnatilgan bo'lib, unda sterjenni siljitish mumkin. Prizmaning T tayanchga o'rnatilgan qirrasini mayatnikning aylanish o'qi bo'lib xizmat qiladi. Shu qurilmadan foydalangan holda eksperimental yo'l bilan mayatnikning tebranish davri bilan b orasidagi bog'lanish topiladi.



3-rasm

So'ngra T^2 bilan b orasidagi bog'lanishni ifodalovchi grafik chiziladi. Grafikdan bir necha tebranish davriga mos keluvchi keltirilgan uzunliklar topiladi va

$$g = \frac{4\pi^2 l_p}{T^2} \quad (19)$$

formuladan foydalanib og'irlik kuchi tezlanishi hisoblab topiladi.

O'lchashlar

O'lchashlar quyidagi tartibda olib boriladi:

1. Prizmalı qo'zg'aluvchan mufta mayatnikning biror uchiga mahkamlanadi va mayatnikning uchidan prizma qirrasigacha bo'lgan masofa x yozib olinadi (3-rasmga qarang). Agar

mayatnikning uzunligi l ga teng bo'lsa, u vaqtda prizma qirrasidan mayatnik markazigacha bo'lgan masofa quyidagicha aniqlanadi:

$$b = \frac{l}{2} - x$$

2. Mayatnik tebranma harakatga keltirilib, 25 ta tebranish uchun ketgan vaqt t o'lchanadi. Bunda maksimal og'ish burchagi 10° - 12° atrofida bo'lishi kerak.

3. Muftani har doim 5 sm dan siljitib, har bir holat uchun yuqorida ko'rsatilgan o'lchashlar bajariladi. Bu ishlar prizmaning qirrasidan mayatnik markazigacha yaqinlashguncha davom etadi.

4. Mufta og'irlik markaziga yaqinlashgach, mayatnik ag'dariladi va mufta uning ikkinchi uchiga mahkamlanadi va yuqoridagi o'lchashlar takrorlanadi.

4. O'lchash natijalari quyidagi ko'rinishdagi — javdalga yoziladi

1-jadval

№	x_i , sm	b_i , sm	25 ta tebranish uchun ketgan vaqt			T_i	T_i^2
			t_{1i} , S	t_{2i} , S	\bar{t}_i , S		
1.							
2.							
3.							
n...							

Hisoblashlar

1. 1-jadval asosida T^2 ning x_i yoki b_i ga bog'liq grafiqi chiziladi, absissa o'qining chap va o'ng tomoniga mos ravishda og'irlik markazida 1-chi va 2-chi tomonga to'g'ri keluvchi b kattaliklar qo'yiladi (2-rasm).

2. Absissa o'qiga parallel chiziqlar (kamida 3 ta) o'tkazilib, har bir tebranish davrining kvadratiga mos keltirilgan uzunlikning qiymati (2-rasmga qarang) AD va BE kesmalarining o'rtacha qiymati olinadi:

$$l_{0i} = \frac{l_{1i} + l_{2i}}{2}$$

Olingan natijalar 2-jadvalga yoziladi va (19) formula asosida g_i lar aniqlanadi

2-jadval

№	$T_{i, s}$	l_{1i}, sm	l_{2i}, sm	\bar{l}_0, sm	$\bar{g}_i, \text{m/s}^2$	$\Delta g_i, \text{m/s}^2$
1.						
2.						
3.						
n...						

3. Hisoblab topilgan g_i - lar asosida uning o'rtacha arifmetik qiymati va o'rtacha kvadratik xatoligi topiladi:

$$\Delta g_i = g_i \sqrt{\left(\frac{2\Delta\pi}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l_i}{l_{0i}}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta T_i}{T_i}\right)^2}$$

$$\Delta \bar{g} = t_{\alpha}(n) \sqrt{\frac{\sum \Delta g_i^2}{n(n-1)}}$$

Bu yerda n o'lchashlar soni.

4. Oxirgi natija quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$g = \bar{g} \pm \Delta \bar{g}.$$

Nazorat savollari:

1. Mayatnik nima? Fizik mayatnik nima?
2. Tebranish davri va chastotasini ta'riflang.
3. Fizik mayatnik uchun tebranish davrining og'irlik kuchi tezlanishiga bog'liqligini ko'rsatuvchi ifodani keltirib chiqaring.
4. Fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi deb nimaga aytiladi?
5. Gyugens va Gyugens - Shteyner-Guygens teoremlarini isbotlang.
6. Og'irlik kuchi tezlanishi g ning qiymati geografik kenglikka qanday bog'liq?
7. Ishqalanish kuchlarining mavjudligi mayatnikning tebranishiga va tebranish davriga qanday ta'sir qiladi?

Adabiyotlar:

1. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. Механика. «Ўқитувчи». 1981 й. 39-41 § лар.

2. С.П.Стрелков. Механика. «Ўқитувчи». 1979 й. 123, 124 § лар.

3. Дж. Сквайрс. Практическая физика. М.: «Мир», 1971, стр. 46-48; 52-53.

4. Э.Н. Назиров ва бошқалар. Механика ва молекуляр физикадан практикум. «Ўқитувчи». 1- лаборатория иши.

5. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. «Наука». М. 1971.

6. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.:2011. V, VI, VII. (102-152 p).

7- LABORATORIYA ISHI SO'NUVCHI TEBRANISHLARNI O'RGANISH VA SO'NISHNING LOGARIFMIK DEKREMENTINI ANIQLASH QURULMASI

Kerakli asbob va uskunalar: Tebranuvchi qurilma; sekundomer; mashtabli chizg'ich; go'shimcha yuklar; tarozi.

Ishdan maqsad: so'nuvchan tebranishlarni tavsiflovchi fizik kattaliklar (amplituda, chastota, tebranishlar davri, so'nish koeffitsienti, so'nish dekrementi, relaksatsiya vaqti, asllik) ni va bu kattaliklar orasidagi o'zaro bog'lanishni; mexanik so'nuvchi tebranishlarning differensial tenglamasini; yuqorida ko'rsatilgan kattaliklarni aniqlash va olingan natijalarni tahlil qilish.

Qisqacha nazariya

Agar tebranuvchi tizimga muhitning ta'siri sezilarli bo'lsa, tebranish amplitudasi vaqt o'tishi bilan kichrayib boradi. Bunday tebranishlar so'nuvchan tebranishlar deyiladi. Tebranish sekin so'nsa va tebranish amplitudasi kichik bo'lganda, so'nuvchi tebranishlarni davriy, muhit qarshilik kuchining momenti esa tebranuvchi jism burchak tezligiga proporsional deb hisoblash mumkin:

$$I\epsilon = M - M_y \quad \text{va} \quad M_y = -I \frac{d\omega}{dt} = -Cr\dot{\alpha} \quad (1)$$

bu yerda M_q – qarshilik kuchining momenti, r – esa qarshilik koeffitsiyenti, C -berilgan qurilma uchun doimiy kattalik. Tebranuvchi sistemaga ta'sir etuvchi kuch momenti.

$$M = -mgb \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

ta'sir etganida, so'nuvchi tebranayotgan sistemani harakat tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$I \cdot \varepsilon = -mgb \cdot \sin \alpha - M_q \quad (2'),$$

bu yerda $\varepsilon = \ddot{\alpha} = \frac{d^2\alpha}{dt^2}$ va $\omega = \dot{\alpha} = \frac{d\alpha}{dt}$

(2') ifodani nolga tenglab, I – ga bo'lsak,

$$\ddot{\alpha} + \frac{mgb \sin \alpha}{I} + \frac{Cr \cdot \dot{\alpha}}{I} = 0 \quad (3)$$

Belgilashlar kiritamiz: $\sin \alpha \approx \alpha$,

$$2\beta = \frac{Cr}{I}, \text{ bundan } \beta = \frac{Cr}{2I} \quad (4)$$

ga so'nish koeffitsiyenti deyiladi,

$$\omega^2 = \frac{mgb}{I} \quad (5)$$

tebranishning siklik (davriy) chastotasi. U holda (3) ni quyidagicha yozish mumkin.

$$\ddot{\alpha} + 2\beta \dot{\alpha} + \omega^2 \alpha = 0 \quad (6)$$

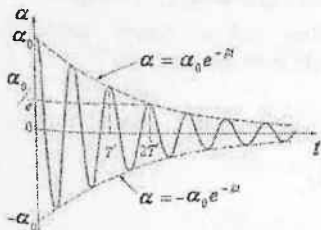
Bu ifoda, so'nuvchi tebranishning differensial tenglamasi deyiladi. Differensial tenglamalar nazariyasida bu ko'rinishdagi tenglamani yechimi

$$\alpha = \alpha_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \phi_0) \quad (7)$$

ko'rinishga ega ekanligi isbotlanadi (bunday yechim ko'rinishi (1.4.-§.da keltirilgan). Bu tenglamadagi ko'paytma

$$\alpha = \alpha_0 e^{-\beta t} \text{ (yoki } A_t = A_0 e^{-\beta t}) \quad (8)$$

so'nuvchi tebranishning muvozanat holatidan maksimal og'ish burchagi yoki amplitudasi deb ataladi. U vaqt o'tishi bilan eksponentsial qonuniyati bo'yicha kamayadi (1-rasm). Bunda β -so'nish koeffitsienti bo'lib, so'nuvchi tebranish amplitudasi α_1 ni



1 - rasm

2,718 marta kamayishi uchun kerakli vaqtga teskari kattalik. Tebranish davri (5) ifodadan

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{mgb}} \quad (9) \text{ ga}$$

teng bo'ladi. Bu yerda b-mayatnikni osilish nuqtasidan og'irlik markazigacha bo'lgan masofa. Bir-biridan bir marta to'la tebranish davriga farq qiluvchi amplitudalar

nisbatiga so'nish dekrementi deyiladi:

$$D = \frac{\alpha(t)}{\alpha(t+T)} = \frac{\alpha_0 e^{-\beta t}}{\alpha_0 e^{-\beta(t+T)}} = e^{\beta T} \quad (10)$$

Amplitudalar nisbatidan olingan natural logarifimga - so'nishning logarifmik dekrementi deyiladi:

$$\theta = \ln \frac{\alpha(t)}{\alpha(t+T)} = \beta T \quad (11)$$

Vaqt bo'yicha bir to'la tebranish davriga farq qiluvchi amplitudalar bir-biridan oz farq qilganidan, so'nish koeffitsientini kam xato bilan aniqlash uchun, bir-biridan n ta davr oraliqdagi amplitudalar o'lchanadi. Haqiqatdan:

$$\frac{\alpha_0}{\alpha_1} = e^{\beta T}, \quad \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = e^{\beta T}, \quad \frac{\alpha_{n-1}}{\alpha_n} = e^{\beta T}.$$

Bu ifodalarni ko'paytirib, so'ng logarifmlansa,

$$\frac{\alpha_0}{\alpha_1} \cdot \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \cdot \frac{\alpha_2}{\alpha_3} \cdot \dots \cdot \frac{\alpha_{(n-1)}}{\alpha_n} = (e^{\beta T})^N, \quad \ln \frac{\alpha_0}{\alpha_n} = N \beta T \quad (12)$$

$$\text{yoki } \theta = \beta T = \frac{1}{N} \ln \frac{\alpha_0}{\alpha_n} \quad (13)$$

Demak, N - tebranishlar soni qancha ko'p bo'lsa, so'nish dekrementini hamda koeffitsientini shuncha kichik xatolik bilan aniqlash mumkin. Shuningdek, so'nuvchan tebranma harakat

qiluvchi sistemalar so'nish doimiysi – relaksatsiya vaqti $\tau = \frac{1}{\beta}$ bilan ham xarakterlanadi va bu kattalik tebranish amplitudasining e marta kamayishi uchun ketgan vaqtni bildiradi. r ni $\theta = \beta T = \frac{T}{r}$ munosabatdan aniqlash mumkin, ya'ni $r = \frac{T}{\theta}$. Shu bilan birga tebranuvchi sistemalarning aslligi parametri ham mavjud bo'lib, u $Q = \frac{\pi}{\theta}$ munosabatdan aniqlanadi.

2. Qurilmaning tavsifi va tajribani o'tkazish tartibi

Eksperimental qurilma fizik mayatnikning bir turi bo'lib, u asosan uzunligi $l = 78 \text{ sm}$ va massasi $m_s = 0,77 \text{ kg}$ po'lat sterjenga o'rnatilgan massasi $m_{sh} = 0,635 \text{ kg}$, radiusi $R = 6 \text{ sm}$ bo'lgan chinor yog'ochidan tayyorlangan sharchadan iborat. So'nish bo'lmaganda

bunday mayatnikning tebranish davri $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgb}}$ ifodadan

aniqlanadi. Bu yerda sistemaning inersiya momenti $I = I_s + I_{sh}$ – sterjenning va sharning osilish nuqtasiga nisbatan inersiya momentlarining yig'indisiga teng; $m = m_s + m_{sh}$ – sistemaning massasi, b – esa sistemaning og'irlik markazidan osilish nuqtasigacha bo'lgan, masofa uni umumiy fizik tamoyil asosida aniqlash mumkin va bu qurilma uchun

$b = \frac{0,5m_s \cdot l + m_{sh}(l - R)}{m_s + m_{sh}} \approx 0,53 \text{ m}$. Sharning mayatnikning osilish

nuqtasiga nisbatan inersiya momentini Shteyner-Guygens teoremasiga asosan aniqlaymiz:

$$I_{sh} = \frac{2}{5} m_{sh} \cdot R^2 + m_{sh} (l - R)^2 \approx 0,316 \text{ kg} \cdot \text{m}^3;$$

Sterjenning osilish nuqtasiga nisbatan inersiya momenti

$$I_s = I_0 + m_s \left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{1}{12} m_s l^2 + \frac{m_s l^2}{4} = \frac{1}{3} m_s l^2 = 0,153 \text{ kg} \cdot \text{m}^3.$$

U holda sistemaning inersiya momenti

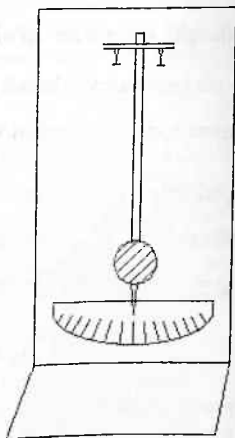
$$I = I_s + I_{sh} \approx 0,469 \text{ kg}\cdot\text{m}^2.$$

Bunday mayatnikning tebranish davrini nazariy hisoblash qiymatini -

$$T_N = 2\pi \sqrt{\frac{I_s}{mgb}} \quad \text{bo'yicha hisoblash}$$

mumkin.

Ishni bajarish uchun 2 - rasmda ko'rsatilgan qurilmadan foydalaniladi. Qurilma po'lat sterjenga osib qo'yilgan 6 sm diametrli yog'och shardan iborat bo'lib, mayatnik uchiga ko'rsatkich strelka mahkamlangan. Ko'rsatkich strelka masshtabli shkala bo'ylab harakatlanib, tebranish amplitudasining o'zgarishini kuzatish va o'lchash imkonini beradi.



2 - rasmi

Tajribani o'tkazish tartibi quyidagicha bo'ladi:

1. Tebranuvchi sistemani, muvozanat vaziyatidan chiqarib, boshlang'ich burchak amplituda α_0 (10° - 12°) shkala bo'yicha o'lchanadi.
2. Sistema qo'yib yuboriladi va sekundomer ishga tushiriladi. Tebranish amplitudasi $4-6^\circ$ ga kamayguncha tajriba davom etadi. Tebranish amplitudasi $4-6^\circ$ ga kamaygach, sekundomer to'xtatiladi va tebranishning oxirgi amplitudasi α_1 o'lchanib hamda tebranishlar soni N yozib olinadi.
3. Tajribani kamida ikki boshlang'ich amplituda uchun takrorlash kerak.
4. Tajriba natijalarini quyida keltirilgan 1-jadvalga yozib borish tavsiya etiladi.
5. Tajribada o'lchanganlar asosida tebranishning davri, so'nishning logarifmik dekrementi, so'nish koeffitsienti relaksatsiya vaqti τ va tebranish aslligi Q aniqlanadi.

6. So'nishning logarifmik dekrementini aniqlashda yo'l qo'yilgan absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.

1-jadval

$N_{\bar{Q}}$	α_0 , gra- dus	N	α_N gra- dus	t, s	$T = t/N$, s	$\theta = \frac{1}{N} \ln \frac{\alpha_0}{\alpha_N}$	$\beta = \frac{\theta}{T}$	τ, s	Q
1.									
2.									
3.									
O'rt. qiym									

Tajriba natijalari quyidagi ko'rinishlarda yoziladi:

$$\theta = \bar{\theta} \pm \Delta \bar{\theta}, \quad \beta = \bar{\beta} \pm \Delta \bar{\beta}, \quad r = \bar{r} \pm \Delta \bar{r} \quad \text{va} \quad Q = \bar{Q} \pm \Delta \bar{Q}.$$

Shuningdek, qarshilik kuchining koeffitsientini (4) munosabatdan aniqlab, $r = \frac{2I\beta}{C}$ va qarshilik kuchi asosan Stoks kuchidan iborat deb faraz qilib, undan havoning ichki ishqalanish koeffitsientli η ni baholash mumkin: $6\pi R\eta = \frac{2I\beta}{C}$ va bundan $\eta = \frac{2I\beta}{6\pi RC}$. Amalda bu ifoda bo'yicha aniqlangan kattalik jadvalda keltirilgan qiymatlardan farq qiladi. Chunki, mayatnik sterjenida ta'sir qiluvchi qarshilik kuchlarini hisobga olmadik.

Nazorat savollari:

1. So'nish dekrementi nima?
2. So'nish koeffitsientini tavsiflang.
3. Sistemaning aslligi nima?
4. Qovushqoqlikni tavsiflang.
5. Qovushqoqlik koeffitsienti deb nimaga aytiladi?
6. Stoks fo'rmulasini tavsiflang.
7. Stoks kuchi jism ho'llanishiga bog'liqmi?
8. Qovushqoqlik koeffitsientini nima uchun modda tabiyatiga va temperaturasiga bog'liq?

Adabiyotlar:

1. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. Механика. «Ўқитувчи». 1981 й. 39-41 § лар.
2. С.П.Стрелков. Механика. «Ўқитувчи». 1979 й. 123,124 § лар.
3. Дж.Сквайрс. Практическая физика. «Мир», 1971, стр. 46-48; 52-53.
4. Э.Н.Назирова ва бошқалар. Механика ва молекуляр физикадан практикум. «Ўқитувчи». 1- лаборатория иши.
5. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. «Наука». М. 1971.
6. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.:2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

8- LABORATORIYA ISHI

TEBRANISHLARNING SO'NISHIDAN QATTIQ JISMLAR

ORASIDAGI DUMALANISH ISHQALANISH

KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1. Qurilma (Lebedov mayatnigi). 2. Tekshiruvchi materiallardan yasalgan plastinkalar to'plami.

Qisqacha nazariya

Qattiq jismlarning suyuqliklarda, gazlarda yoki boshqa biror jism yuzasi bo'ylab nisbiy harakat qilganda va suyuqlik yoki gazning biror qatlami uning qatlamlariga nisbatan harakat qilganida shu qatlam harakatiga to'sqinlik qiluvchi kuchlar vujudga keladi. Bu kuchlar ishqalanish kuchlari deyiladi.

Ishqalanish ikki xil: tashqi va ichki bo'ladi. Bir qattiq jismning ikkinchi qattiq jism yuzasi bo'ylab harakati natijasida vujudga keladigan ishqalanish tashqi ishqalanish deyiladi.

Agar ishqalanish ayni bir jismning turli qismlari, masalan tezliklari har xil bo'lgan qatlamlari orasida namoyon bo'lsa, u vaqtda ishqalanish ichki ishqalanish deyiladi. Biroq ichki va tashqi ishqalanishlarga ajratish shartli xarakterga ega. Masalan: qattiq

jismning suyuqlik va gazdagi harakatida yuzaga kelayotgan ishqalanish kuchi va qattiq jismlar orasidagi tashqi ishqalanish hisoblanmasdan, balki suyuqlikdagi yoki gazdagi ichki ishqalanish kuchi hisoblanadi. Sababi, tajribalarning ko'rsatishicha, suyuqlik yoki gazning jism sirtiga bevosita tegib turgan qatlamlari unga yopishib oladi va jism bilan birgalikda harakatlanadi. Ishqalanish esa jisnni o'rab olgan muhitda uning bir-biriga tegib turgan turli qatlamlari orasida yuzaga keladi.

Bir-biriga tegib turgan ikki qattiq jism sirtlari orasida suyuqlik yoki gaz qatlami bo'lgandagi ishqalanish – ho'l ishqalanish, bo'lmagandagi esa quruq ishqalanish deb ataladi. Ishqalanish jismlarning nisbiy harakati turiga bog'liq holda, ishqalanishlar tinch, sirpanish va dumalanish ishqalanishlarga ajratiladi.

Bir jisnni ikkinchi jism yuzasi bo'ylab sirpantirish uchun urinishda vujudga keladigan ishqalanish tinch holatdagi ishqalanish yoki tutinish ishqalanish deb ataladi. Tinch holatdagi ishqalanishning mavjudligi quruq ishqalanishning xarakterli xususiyatidir.

Tinch holatdagi ishqalanish kuchi jismning harakati boshlanishi momentida unga ta'sir etuvchi tashqi kuch qiymatiga teng deb qabul qilinadi. Agar jism biror f tashqi kuch ta'sirida boshqa bir jism yuzasi bo'ylab tekis sirpanib harakat qilsa, u hoda sirpanish ishqalanish kuchi $f_{\text{ishq}} = \mu P_n$ ga teng. Bu yerda μ - ishqalanish koeffitsienti va P_n - bir jismning ikkinchiga ta'sir qilayotgan normal bosim kuchi.

Bu qonuniyat birinchi bo'lib, G.Amonton tomonidan 1699 yilda qayd qilingan va Sh.Kulon (1785 yil) tomonidan tajriba yo'li bilan tadqiqot qilinib, jismning harakat tezligi uncha katta bo'lmagan hollarda ishqalanish kuchining koeffitsientining kattaligi, ishqalanuvchi sirt yuzining kattaligiga bog'liq bo'lmay, ularning tabiatiga, materiallar turiga bog'liqligi isbot qilingan.

Quruq ishqalanishning mavjudligi asosiy sabablaridan biri ishqalanuvchi sirtlarning g'adir-budirligidadir. Yuzalarning silliqatlanishi ishqalanish kuchini kamaytiradi, lekin ishqalanish kuchi to'la yo'qolmaydi. Bunga sabab, birinchidan, ishqalanuvchi yuzalarni ideal ravishda silliqlash mumkin emasligi bo'lsa,

ikkinchidan, ishqalanuvchi jism sirtlardagi jismlarning atom va molekulari orasidagi tutinish kuchlarining mavjudligidir.

Atom yoki molekular orasidagi ta'sir kuchlari elektromagnit tabiatiga ega. Shuning uchun ishqalanish kuchlari elektromagnit tabiatga ega. Ishqalanuvchi har xil jismlarning yuzalari bir xilda silliqansa ham, ular orasidagi ishqalanish kuchlari qiymati har xil bo'ladi. Sababi, ishqalanuvchi jismlar sirtidagi ularning atom yoki molekulari orasidagi ta'sir kuchlari turlichadir.

Agar ishqalanuvchi sirtlar orasiga suyuqlik (moy) kiritilsa, ishqalanish keskin kamayadi, lekin to'la yo'qolmaydi. Chunki suyuqlik molekulari bilan jism atom yoki molekulari orasidagi ta'sir kuchlari nisbatan kichikligi ishqalanuvchi sirtlar orasidagi tutinishni kamaytiradi.

Ishqalanishning yana bir turi – dumalanish ishqalanish bo'lib, u dumalanuvchi jism (silindr, shar, sharsimon jism) ning, masalan, yassi tekislikdagi harakatida vujudga keladi va namoyon bo'ladi. Bu harakatdagi ishqalanish Sh.Kulon tomonidan o'rganilib, dumalanish ishqalanish kuchi F_d - dumalanuvchi jismning normal bosim kuchiga yoki siquvchi P_n kuchga to'g'ri proporsional va dumalanuvchi jismning radiusi r ga teskari proporsional ekanligi aniqlangan. Ya'ni,

$$F_d = \mu_d \frac{P_n}{r}$$

Bu yerda μ_d - dumalanishdagi ishqalanish koeffitsientidir. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, dumalanishdagi ishqalanish koeffitsienti sirpanishdagi ishqalanishdan bir necha yuz marta kichik. Shuning uchun texnikada sirpanish ishqalanish sharikli yoki rolikli podshipniklar yordamida dumalanish ishqalanishga aylantiriladi.

Laboratoriya qurilmasi

Laboratoriya ishida dumalanish ishqalanishni o'rganish uchun S.F.Lebedev metodikasi qo'llaniladi. Tebranma harakat qiluvchi mayatnik po'lat yoki latun (jez) silindrdan (1), unga o'rnatilgan AB sterjendan, sterjening pastki uchiga o'rnatilgan R yukdan iborat bo'lib, mayatnikning asosi – metall silindr tekshiriluvchi yassi turli materiallardan yasalgan plastinkalardan biriga qo'yiladi. AB

Bu yerda α_1 - bir marta to'la tebrangandan keyingi mayatnikning muvozanat holatidan og'ish burchagi. Bu holda potensial energiyaning o'zgarishi:

$$\Delta E = 2Pl_0 \left(\sin^2 \frac{\alpha_0}{2} - \sin^2 \frac{\alpha_1}{2} \right) \quad (6)$$

ga teng, chunki:

$$\sin^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{1 - \cos \alpha}{2}$$

Agar $\alpha_1 < 0,1$ radianga teng deb hisoblasak,

$$\Delta E = 0,5Pl_0 (\alpha_0^2 - \alpha_1^2) \quad (7)$$

bo'ladi.

Agar havoning qarshiligini hisobga olmasak, u holda energiyaning o'zgarishi dumalanish ishqalanish kuchlariga qarshi bajarilgan ishga teng. Bir marta to'la tebranishda bajarilgan ish

$$\Delta A = \mu P (\alpha_0 + \alpha_{1/2} + \alpha_{1/2} + \alpha_1) \quad (8)$$

Bu yerda $\alpha_{1/2}$ - bitta yarim tebranish davridagi og'ish burchagi, μ -dumalanish ishqalanish koeffitsienti. μR -dumalanishdagi ishqalanish kuchining momenti.

Agar bitta yarim tebranishdagi sterjen og'ish burchagining o'zgarishini $\Delta\alpha$ ga teng desak, u holda

$$\alpha_{1/2} = \alpha_0 - \Delta\alpha \quad \text{va} \quad \alpha_1 = \alpha_{1/2} - \Delta\alpha \quad (9)$$

bo'ladi. Bu tenglikdan foydalanib, bajarilgan ish formulasi (8) ni soddalashtiramiz:

$$\Delta A = 2\mu P (\alpha_0 + \alpha_1) \quad (10)$$

Potensial energiyaning o'zgarishi ΔE bajarilgan ishga teng ekanini hisobga olsak, ya'ni $2\mu P (\alpha_0 + \alpha_1) = 0,5Pl_0 (\alpha_0^2 - \alpha_1^2)$ va bundan

$$\mu = \frac{1}{4} l_0 (\alpha_0 - \alpha_1) \quad (11)$$

bo'ladi. N marta to'la tebranganda keyingi hol uchun:

$$\mu = \frac{1}{4} l_0 (\alpha_0 - \alpha_N) \quad (12)$$

ga teng. (2) va (3) formulalardan α_0 va α_N ning ifodalarini (12) ga qo'yib, ishqalanish koeffitsientini hisoblash formulasini hosil qilamiz:

$$\mu = \frac{1}{4} \frac{l_0}{N} \frac{S_0 - S_N}{R + l} \quad (13)$$

O'lchashlar va hisoblashlar

Tebranishlarning so'nishidan dumalanish ishqalanish koeffitsientini hisoblash uchun: (1) silindrning radiusi uning bir necha qismidan o'lchanib, uning o'rtacha qiymati aniqlanadi. l va l_0 masofalar qurilmadan yozib olinadi. Mayatnik tebranishga keltirilib, boshlang'ich holat uchun S_0 - o'lchanadi. N marta to'la tebranishdan so'nggi sterjenning og'ishi S_N - o'lchanadi, N - to'la tebranishlar soni yozib olinadi. Avvaldan S_0 va S_N lar qiymatlarini shkaladan tanlagan holda tebranishlar soni N ni aniqlash ish bajarish jarayonini osonlashtiradi. Masalan: $S_0=3$ sm va $S_N=1$ sm deb, shu qiymatlari intervalidagi og'ishlar bo'lishi uchun kerak bo'lgan tebranishlar soni N o'lchanadi. Tebranish boshlanishidan avval mayatnik sterjenining yuqorgi uchi shkalaning noliga to'g'irlab olinadi va har bir o'lchashda tebranishlarning boshlang'ich og'ishi bir xil qilib olinishi kerak.

O'lchashlar har bir plastinka - silindr materiallar jufti uchun kamida besh martadan bajarilib, har bir juft uchun ishqalanish koeffitsienti aniqlanadi va o'zaro taqqoslanadi. O'lchashlar va hisoblash natijalari jadvalga yoziladi. Standart xatolik

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\mu_i - \mu)^2}{n \cdot (n-1)}}$$

formula bilan hisoblanadi. O'lchashlar soni $n=5$ uchun Student koeffitsienti ishonchilik intervali $\alpha = 0.95$ bo'lganda

$\Delta\mu = t_\alpha(n) \cdot \sigma$ ga teng va nisbiy xatolik $\varepsilon = \frac{\Delta\mu}{\mu} \cdot 100\%$ bilan

hisoblanadi. Natijalar har bir ishqalanuchi jismlar juftlari uchun

$$\mu = \bar{\mu} \pm \Delta\bar{\mu}$$

ko'rinishda jadvalga yoziladi.

№	N	S_0 , sm	S_N , sm	$S_0 - S_N$, sm	μ_0 , sm	$\bar{\mu}$, sm	$\Delta\bar{\mu}$, sm	$\varepsilon\%$	$\bar{\mu} \pm \Delta\bar{\mu}$, sm
1.									
2.									
3.									
n...									

Nazorat savollar:

1. Ishqalanish nima?
2. Tashqi ishqalanish va ichki ishqalanish nima?
3. Ishqalanish kuchining tabiati qanday?
4. Nima uchun ho'l ishqalanish kuchi quruq ishqalanish kuchidan kichik?
5. Ishqalanish koeffitsienti nima?
6. Nima uchun ishqalanish koeffitsienti ishqalanuvchi jismlarning materialiga bog'liq?
7. Dumalanish ishqalanish sirpanish ishqalanishdan qanday farq qiladi?
8. Dumalanish ishqalanish kuchi formulasini keltirib chiqaring.
9. Dumalanish ishqalanish koeffitsientiga ta'rif bering.
10. Dumalanish ishqalanish kamaytirish omillarini tavsiflang.

Adabiyotlar:

1. А.И.Матвеев. Механика и теория относительности. «Выс. школа» 1981, § 34,36.
2. В.В.Сивухин. Общий курс физики . т. 1, Механика, М, «Наука» 1989, §17.
3. С.Е.Хайкин. Физические основы механики. М.: «Наука», 1971, §69.
4. С.А.Стрелков. Механика. «Учитувчи», 1964, §72-79, (123-126 б.)
5. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.:2011. V, VI, VI. (102-152 p.).

9-LABORATORIYA ISHI TEBRANISHLARNING SO'NISHIDAN QATTIQ JISMLARDAGI DUMALANISH ISHQALANISH KOEFFITSIENTINI «MAKSVELL MAYATNIGI» YORDAMIDA ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) Qurilma, 2) tekshiriluvchi jismlar (har hil moddalardan yasalgan silindr va koaksial silindrlar).

Laboratoriya ishi qurilmasi

Laboratoriya ishida dumalanish ishqalanishni o'rganish uchun Maksvell «mayatnigi» qo'llaniladi. Tebranma harakat qiluvchi mayatnik po'lat yoki latun silindrdan va shu silindr harakat qiluvchi radiusi R bo'lgan silindrik sirtidan iboratdir (1-rasm). Silindrik sirt materiali doimiy bo'lib, bu sirt bo'ylab tebranma harakat qiluvchi silindrlar esa har xil materialdan tayyorlangan. Silindrik sirt qirrasining pastki qismiga silindrning muvozanat vaziatidan og'ishini o'lchash uchun darajalarga bo'lingan shkala o'rnatiladi. Silindr silindrik sirt bo'yicha muvozanat vaziyat atrofida sirpanishsiz kichik amplitudalarda g'ildirab, tebranma harakat qiladi. Ishqalanishni hisobga olsak, uning tebranish so'nuvchan tebranishlar qonuniyatlariga bo'ysinadi.

Metodning nazariyasi

Dumalanish-ishqalanish qisqacha nazariyasi avvalgi 8 laboratoriya ishida keltirilgan. Shuning uchun bu yerda faqat metodning nazariyasini bayon qilamiz.

Mazkur ishda dumalanishdagi ishqalanishni aniqlash uchun Maksvell mayatnigi qurilmasidan foydalanamiz (1-rasm). Bu mayatnik radiusi R bo'lgan silindrik sirtida sirpanishsiz g'ildirab tebranma harakat qiluvchi r radiusli silindrdan iboratdir. Agra mayatnikning tebranishi kichik amplitudalarda (ya'ni muvozanat holatidan og'ish burchagi $\alpha < 0,1$ radian bo'lganda), ishqalanishni hisobga olmagan holda uning tebranish davri:

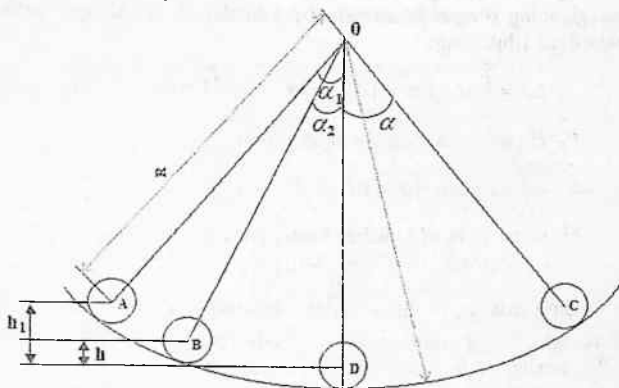
$$T = 2\pi \sqrt{\left(1 + \frac{I}{mr^2}\right) \frac{R-r}{g}} \quad (1)$$

ga teng. Agar silindrning inertsiya momenti $I = \frac{3}{2}mR^2$ ifodasini bu formulaga qo'ysak,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{3}{2} \frac{R-r}{g}} \quad (2)$$

bo'ladi. Bu mayatnikning harakat tenglamasi o'quv qo'llanmalarida keltirilgan (masalan: Стрелков С.П. ва бошқалар. Умумий физика курсидан масалалар тўплами. Т.1, № 588-масала).

Agar ishqalanishni hisobga olsak, u holda tebranish davomida og'ish burchagi kamayib boradi, bu esa dumalanishdagi ishqalanishda koeffitsientini hisoblash imkon beradi. Ishqalanish koeffitsientini hisoblash formulasini 1-rasmdan foydalanilgan holda keltirib chiqaramiz.



1-rasm

Ishqalanish koeffitsientini tezlikka bog'liq emas deb faraz qilib, energiya saqlanish qonunidan foydalanamiz. Silindrning muvozanat holatidan α_0 burchakka og'gandagi potensial energiyasi

$$E_0 = Ph_0 = P(R-r)(1 - \cos \alpha_0) \quad (3)$$

ga teng. Bu yerda h_0 - silindr og'irlilik markazi vaziyatining o'zgarishi, P -uning og'irligi. Silindr bir marta to'la tebrangandan keyingi hol uchun:

$$E_1 = P(R-r)(1 - \cos \alpha_1) \quad (4)$$

Bu yerda α_1 - bir marta to'la tebranishda silindrning muvozanat holatidan og'ish burchagi. Bu holda potensial energiyaning o'zgarishi

$$\Delta E = 2P(R-r)\left(\sin^2 \frac{\alpha_0}{2} - \sin^2 \frac{\alpha_1}{2}\right) \quad (5)$$

ga teng, chunki

$$\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos \alpha}{2} \quad (6)$$

ga teng. Agar $\alpha < 0,1$ radianga teng hisoblasak:

$$\Delta E = 0,5P(R-r)(\alpha_0^2 - \alpha_1^2) \quad (7)$$

Agar havoning qarshiligini hisobga olmasak, u hola energiyaning o'zgarishi dumalanish ishqalanish kuchlariga qarshi bajarilgan ishga teng:

$$\Delta A = \int_0^{\alpha_0} M_{\text{ishq}} d\alpha = \int_0^{\alpha_0} F_{\text{ishq}} r d\alpha = \int_0^{\alpha_0} \mu \frac{P}{r} r d\alpha \quad (8)$$

$P_n = P \cos \alpha$ ga teng. Shuning uchun

$$\Delta A = \int_0^{\alpha_0} \mu P \cos \alpha d\alpha = \mu P \sin \alpha_0 \approx \mu P \alpha_0 \quad (9)$$

bir marta to'la tebranishda bajarilgan ish

$$\Delta A = \mu P(\alpha_0 + \alpha_{1/2} + \alpha_{1/2} + \alpha_1) \quad (10)$$

Bu yerda $\alpha_{1/2}$ - bitta yarim tebranishdagi sterjening og'ish burchagi, μ - dumalanish ishqalanish koeffitsienti. μP - dumalanishdagi ishqalanish kuchining momenti.

Agar bitta yarim tebranishdagi sterjenning og'ish burchagining o'zgarishini $\Delta \alpha$ ga teng desak, u holda $\alpha_{1/2} = \alpha_0 - \Delta \alpha$ va $\alpha_1 = \alpha_{1/2} - \Delta \alpha$ bo'ladi. Bu tenglikdan foydalanib, bajarilgan ish formulasi (10) soddalashtiramiz:

$$\Delta A = \mu P(\alpha_0 + \alpha_1) \quad (11)$$

Potensial energiyaning o'zgarishi ΔE bajarilgan ishga teng ekanligini hisobga olsak, ya'ni

$$2\mu P(\alpha_0 + \alpha_1) = 0,5P(R-r)(\alpha_0^2 - \alpha_1^2)$$

va bundan

$$\mu = \frac{1}{4}(R-r)(\alpha_0 - \alpha_1) \quad (12)$$

bo'ladi. N marta to'la tebranganda keyingi hol uchun

$$\mu = \frac{1}{4} \frac{(R-r)}{N} (\alpha_0 - \alpha_N) \quad (12^a)$$

ga teng bo'ladi. Agar tebranish amplitudalari o'lchansa, u holda

$$\mu = \frac{1}{4} \frac{R-r}{NR} (S_0 - S_N) \quad (13)$$

bo'ladi.

O'lchashlar va hisoblashlar

1-usul

Tebranishdan dumalanish ishqalanish koeffitsientini hisoblash uchun:

1) Tebranna harakat qiluvchi silindrning radiusi uning bir necha qismidan o'lchanib, \bar{r} o'rtacha qiymat aniqlanadi;

2) Silindrik sirtning radiusi R qurilmadan yozib olinadi;

3) Mayatnik tebranishga keltirilib, boshlang'ich holat uchun α_0 yoki S_0 aniqlanadi;

4) N - to'la tebranishlar soni yozib olinadi.

Avvaldan α_0 va α_N lar qiymatlarini shkaladan tanlagan holda tebranishlar soni N ni aniqlash ish bajarish jarayonini osonlashtiradi. Masalan $S_0=4,5$ sm va $S_N=3$ sm yoki $\alpha_0=6^\circ$ va $\alpha_N=3^\circ$ deb shu qiymatlar intervalidan og'ishlar bo'lishi kerak bo'lgan tebranishlar soni N sanaladi.

Tebranish boshlanishdan avval silindr asosidagi belgi sanoq shkalasining aniq bir qiymati S_0 (yoki α_0) ga joylashtirib, keyin

qo'yib yuboriladi. Bunda tebranuvchi silindr o'qi va silindrik sirt o'qlari o'zaro parallel bo'lishi kerak.

O'lchashlar har bir silindrik sirt-silindr materiallari jufti uchun kamida besh marta o'lchashlar bajarilib, har bir juft material uchun 1-jadval to'ldiriladi, ishqalanish koeffitsientlari hisoblanadi va ishqalanish koeffitsientlarining o'rtacha qiymati topiladi. O'lchash va hisoblash natijalari jadvalga yoziladi. Standart xatolik

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\mu_i - \bar{\mu})^2}{n(n-1)}}$$

formula bilan hisoblanadi. O'lchashlar soni $n=5$ uchun Student koeffitsienti ishonchlilik intervali $\alpha = 0,95$ bo'lgandagi $t_p(k)$ ning qiymati jadvaldan topiladi. U holda absolut xatolik

$\Delta\mu = t_p(k)\sigma$ formula bilan nisbiy xatolik $\varepsilon = \frac{\Delta\bar{\mu}}{\bar{\mu}} \cdot 100\%$ bilan

hisoblanadi. Natijalar har bir ishqalanuvchi jismlar juftlari uchun

$$\mu = \bar{\mu} \pm \Delta\bar{\mu} \quad (14)$$

ko'rinishda jadvalga yoziladi.

Xuddi shuningdek, boshqa ishqalanuvchi jismlar juftlari uchun 1-jadvalga o'xshash jadvallar to'ldiriladi va hisoblanadi. Turli jismlar juftlari uchun μ lar o'zaro taqqoslanadi.

									1-jadval
No	N	α_0	α_N	$\alpha_0 - \alpha_N$	μ_i	$\bar{\mu}$	$\Delta\mu$	$\varepsilon, \%$	$\bar{\mu} \pm \Delta\bar{\mu}$
1.									
2.									
3.									
n...									

II-usul

1. Bu usulda mayatnikning boshlang'ich holatidagi og'ishi $\alpha_0 = 6^\circ - 12^\circ$ sm doimiy qilib olinadi.

2. Tebranishlar soni $N_i = 10, 15, 20, 25, 30, 35$, sanalib, tebranishlar uchun α_{N_i} lar aniqlanib, 2-jadvalga kiritiladi.

2-jadval

K	N(1)	α_0	α_{Ni}	$\Delta\alpha_i$
1.	10	6 ⁰		
2.	15	6 ⁰		
3.	20	9 ⁰		
4.	25	9 ⁰		
5.	30	12 ⁰		
6.	35	12 ⁰		
7.	40	12 ⁰		

3. Formula (13) ni quyidagicha yozamiz:

$$N_i = \frac{R-r}{4\mu} (\alpha_n - \alpha_m) \quad (15)$$

$A = \frac{R-r}{4}$ deb belgilasak,

$$N_i = 0 + \frac{A}{\mu} \Delta\alpha_i \quad (16)$$

Quyidagi belgilashlar kiritib: $x_i = \alpha_i$, $y_i = N_i$, $b = A/\mu$, $a = 0$,

$$y_i = a + bx_i \quad (17)$$

ko'rinishdagi to'g'ri chiziq tenglamasiga keltiramiz.

4. O'lchashlarda olingan 2-jadval natijalarini (17) formula qo'yib, eng kichik kvadratlar usuli yordamida a , b , $\mu = A/b$ va ularning xatoliklarini hisoblaymiz.

5. Formula (17) ga binoan 2-javdaldagi o'lchashlarga asosan ordinata o'qiga y_i larni, absissa o'qiga esa x_i larni qo'yib, y_i bilan orasidagi bog'lanish grafigini chizamiz va grafikdan $tg\gamma = b = A/\mu$ ni vanihoyat μ ni hisoblaymiz.

Nazorat savollar

1. Ishqalanish nima?
2. Tashqi ishqalanish va ichki ishqalanish nima?
3. Ishqalanish kuchining tabiati qanday?
4. Nima uchun ho'l ishqalanish kuchi quruq ishqalanish kuchidan kichik?
5. Ishqalanish koeffitsienti nima?
6. Nima uchun ishqalanish koeffitsienti ishqalanuvchi jismlarning materialiga bog'liq?

7. Dumalanish ishqalanish sirpanish ishqalanishdan qanday farq qiladi?

8. Ishqalanish uchun Kulon formulasini izohlab bering.

9. Dumalanish ishqalanish koeffitsentini hisoblash formulasini keltirib chiqaring.

10. Nima uchun dumalanish ishqalanishui mavjudligini tushuntiring.

11. Mayatnikda silindr va sharning tebranish davrini keltirib chiqaring.

Adabiyotlar

1. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. М.: «Наука», 1971, 69, стр. 135-137.

2. А.Н.Матвеев. Механика и теория относительности. М.: «Выс. Школа», 1981. § 34, 36.

3. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. Т.1. Механика Т.: Ўқитувчи, 1981, §27.

4. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

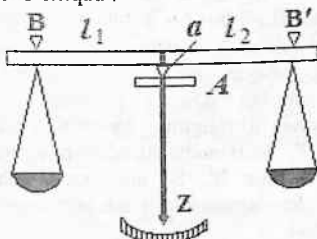
10-LABORATORIYA ISHI ANALITIK TAROZIDA TORTISH

Kerakli asbob va materiallar: 1) analitik tarozi, 2) tarozi toshlari, 3) reyter, 4) tortiluvchi jismlar.

Tarozining tavsifi. Bu ishda, kimyoviy tahlillarda ishlatiladigan analitik tarozi bilan tanishamiz. Odatda, bunday tarozi chang, shamol kirmasligi va yorug'lik ko'proq tushishi uchun oynavand qilinadi. Bu oynalarni kerak vaqtda ochib, yopish mumkin.

Jismining massasi yelkalari teng bo'lgan shayinli tarozi yordamida etalon massa bilan taqqoslab topiladi. Bunday tarozining sxematik tuzilishi I-rasmda keltirilgan. Bunday tarozi teng yekali BB' richag (shayn)dan iborat bo'lib, uning o'rtasida uning tekisligiga perpendikular o'rnatilgan po'lat prizmaning (α) qirasi, (A) agat plastinkaga qo'yilgan. Shayinning o'rtasidagi

prizmadan teng uzoqlikda ($l_1=l_2$) tarozi pallalarini osish uchun ilmoqlar va prizmachalar o'rnatilgan. Shayinda, 10 mgr li reyterni osish uchun, 10 ta bo'limli arrasimon chuqurchalar qilingan (reyter to'g'risida keyinchalik aytib o'tamiz). Reyter maxsus moslama yordamida shayinga ilinib yoki olinib qo'yiladi. Chap pallaga tortiladigan jism m_1 ni qo'yib, m_2 etalon tarozi toshlari bilan, z - strelka, uning tagidagi shkala bo'lib jism qo'yilmasdan oldingi vaziyatga kelguncha muvozanatlanadi. Bu holatga to'g'ri keluvchi kuch momentlarining $P_1l_1=P_2l_2$ va yelkalarining tengligidan $P_1=P_2$ bo'ladi. Ayni bir geografik kenlikda erkin tushish tezlanishning doimiyligidan $P = mg_a$ formulaga asosan $P_1 = m_1g_a$ bo'lib, $m_1=m_2$ ekanligi kelib chiqadi.



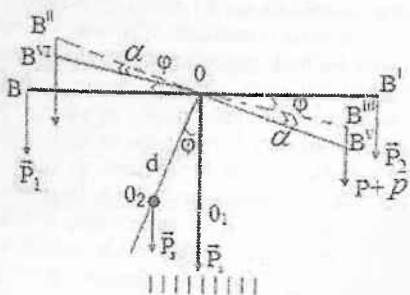
1-rasm

Tarozining sezgirligi

Tarozining sezgirligi deb strelkaning og'ish burchagi tangensi ($\text{tg}\phi$) ni, shu og'ishni yuzaga keltirgan qo'shimcha yuk P ga nisbatiga aytiladi (2 - rasm), ya'ni

$$\omega = \frac{\text{tg}\phi}{P} \quad (1)$$

Tarozining sezgirligini topish uchun 2-rasmdan foydalanamiz. BB' shayin O o'qi atrofida aylanadi. B va B' nuqtalarga tortiladigan yuk bilan tarozi pallalari P osilgan. Agar biror pallaga qo'shimcha P yuk qo'yilsa, shayin tebranilardan so'ng $B''B'$ muvozanat holatni oladi.



2-rasm

Tarozining strelkasi biror φ burchakka og'adi. Qo'yilgan yuk ta'sirida shayin to'g'ri yelkasining egilish burchagini α ni e'tiborga olsak, shayin $B^{IV}B^V$ muvozanatni oladi. Kichik og'ishlarda og'ish burchagining tangensi qo'shimcha yukka proporsional. Shayin uzunligining yarmini l_1 va shayin strelkasi bilan og'irligini P_s va O nuqtadan shayin og'irlik markazigacha masofani d deb olamiz. $B^{IV}B^V$ muvozanat holat uchun og'irlik kuchi momentlar tenglamasidan og'ish burchagi va yelkalar orqali quyidagini yozamiz:

$$pl_1 \cos(\varphi - \alpha) + P_s d \sin \varphi = (P + p) \cos(\varphi + \alpha) \cdot l_1 \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{pl_1 \cos \alpha}{(2P + p) \sin \alpha + P_s d} \quad (3)$$

ni hosil qilamiz. Bundan tarozining sezgirligi (1) tenglamadan

$$\omega = \frac{l_1 \cos \alpha}{(2P + p) \sin \alpha + P_s d} \quad (4)$$

ga teng bo'ladi.

Agar tortiladigan jism P juda og'ir bo'lmaganda shayinni egilish burchagini e'tiborga olmasak, $\alpha \approx 0$, $\cos \alpha \approx 1$, $\sin \alpha \approx 0$ ekanligidan tarozini sezgirligi

$$\omega = \frac{l_1}{P_s d} \quad (5)$$

ga teng bo'ladi.

Shunday qilib, tarozining sezgirligi tortiladigan jismga bog'liq bo'lmay, asosan shayin uzunligi va shayinning osilish nuqtasi bilan uning og'irlik markazi orasidagi masofa (d) ga bog'liq ekan. Tarozining sezgirligini oshirish uchun tarozilarda d kichik qilib olinadi. Lekin bunday olish tarozi strelkasini tebranish davrini oshiradi va shu bilan birgalikda muvozanat holatiga yetib kelish vaqtini oshiradi. Shuning uchun bunday sezgir tarozilarda o'lchash vaqtini kamaytirish, muvozanat holatiga to'g'ri keluvchi qiymatni topish maqsadida strelkaning tebranishidagi og'ish amplitudalarining qiymatlarini topib aniqlanadi.

Tortishda 10 mgr dan kichik toshlardan foydalanish noqulay bo'lganligi sababli reyterdan foydalaniladi. Reyter massasi 10 mgr bo'lgan, simdan yasalgan va ilish uchun qulay shaklga keltirilgan ilmoqsimon yukdan iborat. Reyter shayinning teng bo'limli yelkalarining birini ustiga ilib qo'yiladi. Odatda shayinning yelkasi 10 ta teng bo'limga bo'lingan bo'ladi. Agar reyter shayinning o'rtasidan boshlab hisoblangan birinchi, ikkinchi va uchinchi va hokazo bo'limlarga ilib qo'yilsa, u tarozi pallasiga qo'yilgan 1, 2, 3 mgr yuklarga mos keladi.

Tarozida tortishning asosiy qoidalari

1. Tarozini ishlatishdan oldin, uning pallasiga yuk va toshlarni qo'yish va olish paytida, u arretirlangan holatda bo'lish kerak.

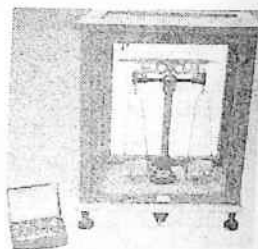
2. Pallaga yuk qo'yilganda uning umumiy massa markazi mumkin qadar pallaning o'rta qismiga to'g'ri kelsin.

3. Tortiladigan jismni biror pallaga va tarozi toshlarini ikkinchi pallaga qo'yib, muvozanat holatga kelmaguncha, arretirdan to'la bo'shatmasdan asta-sekin qisman bo'shatib, strelkaning ko'rsatishidan qaysi palladagi yuk yengil ekanligini aniqlab va shunga qarab tarozi toshlarini olish yoki unga qo'yish kerak. Tarozni toshlari va tortiladigan yuk orasida farq juda oz bo'lganda, strelka mayatnik singari tebrana boshlaydi.

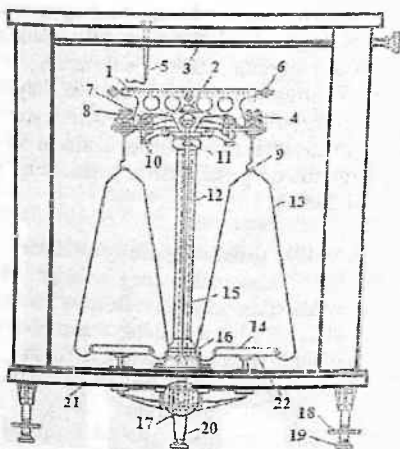
4. Tarozni pallasiga yuk qo'yilmagan holda to'g'ri o'rnatilgan va pallalar va tarozni prizmalariga to'g'ri osilgan bo'lsa, tarozni arretirdan bo'shatilgan bo'lsa, strelka tarozni 0 nuqtasi atrofida tebrana boshlaydi. Agar strelka bunday holda, 0 atrofida

tebranmasa, pallalar to'g'ri o'rnatilganligini tekshirish kerak yoxud shayin uchidagi gaykalarni burab, nuvozanat holatga erishiladi.

5. Tarozida o'lchashlar paytida va strelkaning tebranishlarini kuzatish (0 nuqtani va sezgirigi aniqlash) vaqtida tarozining eshiklari yopiq bo'lishi kerak.



3-rasm. Analitik tarozning umumiy ko'rinishi



4-rasm. 1 – tarozi yelkasi; 2 – markaziy tayanch prizma; 3 – reyterni ilish moslamasi; 4 – chekka prizma; 5 – reyter ilmog'i; 6 – gorizontal balansirlash gaykasi; 7 – tarozini arretirlash tayanchi; 8 – ilmoq plankasi; 9 – ilmoq ilgichi; 10 – arretirlash richagi; 11 – vertikal balans gaykasi; 12 – kolonka-tayanch; 13 – palla ilgagi; 14 – tarozi pallasi; 15 – strelka; 16 – strelka shkalasi; 17 – arretir dastagi; 18 – tarozning oldingi oyoqlari; 19 – oyoqning tagligi; 20 – tarozning orqa oyog'i; 21 – tarozning asosiy tagligi; 22 – pallalarning arretirlovchi qo'zg'aluvchi taglik.

O'lchashlar

Tarozida tortish uchun avval tarozida nol nuqtasi so'ngra tarozining sezgirligi aniqlanadi. Shundan so'ng tortiladigan jism oddiy maxsus uch xil usullar bilan o'lchanadi.

Tarozining nol nuqtasini aniqlash

Yuk qo'yilmagan tarozining muvozanat vaziyatini, ya'ni shkaladagi strelka to'xtaydigan l_0 chiziqni topish kerak. Ishqalanish ta'sirini hisobga olmaslik maqsadida nol nuqta tebranish metodidan foydalanib topiladi. Shayin tebranganda tarozining strelkasi mayatnikka o'xshab tebranadi. Faraz qilaylik, strelka chap tomonga og'ganda uning uchi shkalaning α_1 bo'limiga, o'nga og'ganda α_2 , bo'limiga kelsin. Strelkaning keyingi og'ish amplitudasi vaqt o'tish bilan kamayib boradi. Amplituda vaqtga proporsional o'zgarmasdan, eksponensial qonun bo'yicha o'zgargani uchun ketma-ket muvozanat holatdan og'ishlarini, masalan $\alpha_1\alpha_2$, α_3 , α_4 va α_5 deb muvozanat holatidan og'ishlarini olamiz. Bulardan uchtasi $-\alpha_1$, α_3 , α_5 - chap tomonga, ikkitasi $-\alpha_2$ va α_4 esa o'ng tomonga bo'lgan og'ishlari. Chap va o'ng tomonga og'ishlarining o'rtacha qiymatlari olinib va ularni ayirib ikkiga bo'linib topilgan nol nuqta vaziyati

$$l_0 = \frac{\frac{\alpha_1 + \alpha_3 + \alpha_5}{3} - \frac{\alpha_2 + \alpha_4}{2}}{2} \quad (7)$$

haqiqiy muvozanat vaziyatga yanada yaqinroq keladi. Agar α og'ishlar shkalaning markaziy nol vaziyatdan chapki chizig'idan hisoblansa, u holda chap tomonga og'ishlarni oldiga minus ishora qo'yish kerak yoki aksincha. Shkala bo'yicha hisoblanganda o'ngdan bo'limlarning o'ndan bir ulushicha aniqlikda ko'z bilan chamalab olinadi. Tarozining nol nuqtasi shu tartibda kamida uch marta topib va ularning o'rtacha arifmetik qiymatini aniqlash lozim.

Tajribalar soni									Nol nuqtaning o'rtacha qiymati, (\bar{l}_v)
I- tajriba			II- tajriba			III-tajriba			
Chap og'ish	O'ng og'ish	l_{v1}	Chap og'ish	O'ng og'ish	l_{v2}	Chap og'ish	O'ng og'ish	l_{v3}	
$\alpha_1 =$	$\alpha_2 =$		$\alpha'_1 =$	$\alpha'_2 =$		$\alpha'_1 =$	$\alpha'_2 =$		
$\alpha_3 =$	$\alpha_4 =$		$\alpha'_3 =$	$\alpha'_4 =$		$\alpha'_3 =$	$\alpha'_4 =$		
$\alpha_5 =$			$\alpha'_5 =$			$\alpha'_5 =$			

Tarozining sezgirligini aniqlash

Arretirlangan yuksiz tarozi shaynining birinchi bo'limiga (o'ng tomonga) reyter osilib, arretirdan chiqarilsa, u holda tarozining o'ng pallasiga 1 mgr tosh qo'yilgandek bo'ladi. Reyter osilgandan keyin tebranishlarni kuzatib, yuqoridagi nol nuqtani topgandek 3 marotaba tajriba o'tkazib l'_1, l''_1, l'''_1 larni topamiz va bu topilgan qiymatdan o'rtacha arifmetik qiymatni (\bar{l}_1) aniqlaymiz. Bu topilgan qiymatlardan tarozining pallasiga 1 mg yuk qo'yganda, muvozanat vaziyatidan shkala $(\bar{l}_1 - \bar{l}_v)$ bo'linga siljiganligini ko'rsatadi. Buning absolut qiymati tarozining sezgirligini ifodalaydi: $\omega = |\bar{l}_1 - \bar{l}_v|$

Tarozining nol nuqtasi (\bar{l}_v) va (ω) sezgirligi topilgandan so'ng tortiluvchi jismlarni turli usullarda o'lchashga kirishiladi.

Yukni analitik tarozida tortish (0,1 mgr aniqlik bilan)

Tortiladigan jismlar tarozining chap pallasiga, tarozi toshlari esa o'ng pallasiga qo'yiladi. (Tarozi toshlarining massalari 20, 10, 5, 2, 1gr; 500, 200, 100, 50, 20, 10 mgr ketma-ketlikda bo'ladi). Yuklar qo'yilayotganda yoki olinayotganda tarozi arretirlangan bo'lishi kerak. Tarozi toshlari ma'lum ketma-ketlikda avval kattalari, so'ngra kichiklari (orasidagilarni o'tkazmasdan) qo'yiladi. Har gal arretirdan to'liq chiqarilmasdan, tarozining pallasini qaysi tomonga

og'ishi kuzatilib boriladi. Agar tarozi toshlari og'ir bo'lsa (strelka chap tomonga og'adi), tarozi toshi olinib, uning o'rniga undan keyingi bo'lgan tarozi toshi qo'yiladi. Shu yo'l bilan strelka chap tomonga muvozanat holatdan og'ishiga erishiladi. Shundan so'ng milligrammli tarozi toshlariga o'tiladi. Tarozi toshlari yordamida jismning massasini (eng kichigi 10 mgr gacha) o'lchash mumkin. Bundan kichik qiymatlari strelkaning muvozanat holati l_2 (nol holatidan chapga (l_2') yoki o'nga (l_2'')) bo'limlarga og'ishi), tebranish usuli orqali topiladi.

Demak, shayindagi qo'shimcha yuk 1 mg ga oshirilganda shkaladagi qiymat $\omega = |\bar{l}_1 - \bar{l}_0|$ ga mos keladi (bu yukli hol uchun tarozining sezgirligidir). U holda yukning milligrammning o'ndan bir ulushi qiymatidagi massasi

$$m_x = 1 \text{ mgr} \cdot \frac{l_2 - l_0}{l_1 - l_0} \quad (8)$$

proporsiyadan topiladi. Shunday qilib, tortiladigan jismlarning massasi

$$m = m_1 + m_x \quad (9)$$

(9) formula orqali aniqlanadi. Bu yerda m_1 - tarozi toshlarining massasini qiymati, m_x - milligramni o'ndan bir ulushlaridagi tuzatma massa. Bundan ko'rinadiki, tarozining tebranishi bilan jismning massasi yuqori aniqlik bilan o'lchanar ekan.

Jismning havoda yo'qotgan og'irligiga tuzatma kiritish

Faraz qilaylik, tortiladigan jismning haqiqiy og'irligi P_0 , uning solishtirma og'irligi $d=8,4 \text{ gr.kuch/sm}^3$ va P_0' - tarozi toshlari og'irligi va uning zichligi (agar tarozi toshlari latundan yasalgan bo'lsa). Arximed qonuniga asosan jism havoda o'z hajmiga teng bo'lgan havoning og'irligicha o'z og'irligini yo'qotadi. Jismning hajmi $V_1 = P_0'/8,4$ ga teng (hajmlar sm^3 larda hisoblanadi). Agar λ -havoning solishtirma og'irligi bo'lsa, ($\lambda=0,0012 \text{ gr.kuch/sm}^3$), u holda tarozi havoda muvozanat vaziyatida bo'lganda

$$P_o - V\lambda = P_o' - \frac{P_o' \lambda}{8,4} \quad \text{yoki} \quad P_o' - \frac{P_o'}{d} \lambda = P_o' - \frac{P_o'}{8,4} \lambda \quad (10)$$

dan

$$P_o = P_o' - \frac{P_o' \lambda}{8,4} + \frac{P_o \lambda}{d} \quad (11)$$

deb yozish mumkin. Lekin jism va tarozi toshlarining zichligi bir-biriga yaqin bo'lganida P_o ni P_o' ga taxminan teng deb olsa bo'ladi va jismning haqiqiy og'irligini

$$P_o = P_o' \left(1 + \frac{\lambda}{d} - \frac{\lambda}{8,4} \right) = P_o' \left(1 + \frac{0,0012}{d} - 0,00014 \right) \quad (12)$$

formuladan topsa bo'ladi. Bu formuladagi P_o - jismning tortish natijasida topilgan (grammlarda ifodalangan) jismning og'irligi. Lekin amaliyotda tortilayotgan jism va tarozi toshlarining zichligi va hajmlari juda yaqin bo'lgani uchun bu tuzatma etiborga olinmaydi

Tortishning maxsus usullari

Yuqorida bayon qilingan ma'lumotlarning hammasi oddiy usulda tortishga, ya'ni shayinning ikkala yelkasi bir-biriga ideal ravishda teng bo'lgan tarozida tortishga taalluqlidir. Agarda shayinning yelkalari teng bo'lmasa, jismning og'irligi tarozi toshlarini og'irligiga teng bo'lmaydi. Bunday hollarda, oddiy tortish usuliga o'xshagan boshqacha maxsus tortish usullari qo'llaniladi. Bunday usullarning uchtasi bilan tanishamiz:

- 1) ikki yoqlama tortish usuli;
- 2) taralash usuli;
- 3) doimiy yuk usuli.

Lekin avval tortilayotgan jismni oddiy usulda tortib $m_f = m_x$ ni aniqlaymiz va keyinchalik bu kattalikni maxsus tortish usulida aniqlangan qiymatlar bilan taqqoslaymiz (m_x -ning qiymati manfiy bo'lishi ham mumkin).

Ikki yoqlama tortish usuli (Gauss usuli)

Bu usulda shayin yelkaları teng bo'lmashligi tortish natijalariga ta'sir qilmaydi. Shayinni chap va o'ng yelkalarining uzunligini l_1 va l_2 bilan belgilaymiz. Tortiladigan m - jismni o'ng pallaga qo'yib, yuqoridagi aytilgan oddiy tortish usulini qo'llab, chap pallaga tarozi toshlarini qo'yib, jism m_1 ni aniqlaymiz, tarozini muvozanatlaymiz va tarozini tebrantirib, l'_2 aniqlaymiz.

Bunda jismni tortishda, pallalarining tebranishidan $m_{x1} = \frac{l'_2 - l_0}{l_1 - l_0}$ ni aniqlaymiz va chap palla uchun l'_2 ni aniqlaymiz.

Undan $m_1 = m_{1r} + m_{x1}$ ni hisoblab topamiz.

Yelkalar teng bo'lmaganidan $m_1 = m$ - teng bo'lmaydi. Sababi, osilish nuqtasiga ta'sir qiluvchi kuchlarning momentlari tengligidan $m_2 g l_2 = m_1 g_1 l_1$ (13) yelkalar $l_1 \neq l_2$ bo'lgani uchun $m \neq m_1$. Endi jismni chap pallaga, tarozi toshlarini o'ng pallaga qo'yib tortamiz. Bunda jismni muvozanatlovchi toshlarning massasi m_2 bo'lsin. Bu hol uchun kuchlar momentlari tengligidan

$$m g l_1 = m_2 g l_2 \quad \text{va} \quad m_2 \neq m. \quad (14)$$

Ong pallada tortishda ham pallalarning tebranishidan ong palla uchun l''_2 ni aniqlaymiz va u asosda $m_{x2} = \frac{l''_2 - l_0}{l_1 - l_0}$ ni hisoblab,

$m_2 = m_{2r} + m_{x2}$ ni topamiz.

Jismning massasi $m = \sqrt{m_1 \cdot m_2} = \sqrt{(m_{1r} + m_{x1})(m_{2r} + m_{x2})}$ dan aniqlanadi. Bu yerda m_{1r} va m_{2r} - o'lichshdagi tarozi toshlarining massalari.

Taralash usuli (Bord usuli)

O'ng pallaga jism qo'yilib, chap pallaga tara - deb ataluvchi mayda qo'rg'oshin bo'laklari qo'yilib, tarozi muvozanatlanadi (shayinning tebranishlarida topilgan noliga yaqin bo'lguncha qo'rg'oshining mayda bo'lakchalari qo'yiladi). Tarozining muvozanat vaziyati l'_2 shayinlarning tebranishidan topiladi. Shundan so'ng jism olinib, uning o'rniga tarani muvozanatlab

oluvchi tarozi toshlari qo'yiladi. Bunda muvozanat vaziyati l_2'' tarozi shayinning tebranishlaridan topiladi. Jismning massasi

$$m_1 = m_1 + m_2 \text{ ifoda bo'yicha hisoblanadi. } m_2 \text{ esa } m_2 = \frac{(l_2'' - l_2') - l_0}{l_1 - l_0}$$

formula bo'yicha hisoblanadi. Bu metodda tarozi yelkalarining tengsizligi olingan natijaga ta'sir qilmaydi. Bunday usul bilan tortilganda, o'lchash aniqligi tarozining sezgirligiga yaqin bo'ladi.

Doimiy yuk usuli (Mendeleyev usuli)

Bu usulda chap pallaga tarozida tortish mumkin bo'lgan maksimal og'irlikdagi ($M=20\text{gr}$) tosh qo'yiladi, o'ng pallaga esa tortilayotgan hism va tarozi toshlari qo'yiladi. Aniq muvozanatlashga erishiladi. Shainlarning tebranishidan tarozning muvozanat vaziyati l_2 aniqlanadi va u asosida tuzatma massa m_x aniqlanadi.

Shunda jism massasi oldin qo'yilgan toshdan, keyin jism yoniga qo'yilgan yuk tenglashtirish uchun qo'yilgan toshlarning farqiga teng bo'ladi. Bu usulda sezgirlik doimiy qolish bilan faqat bir marta tortish bilan kifoyalanadi. Jismning massasi $m_1 = M - (m_1 + m_x)$ ifoda bo'yicha hisoblanadi.

Hisoblashlar

Jismni havoda yo'qotgan og'irligini aniq o'lchash natijalariga ta'sirini baholang. Hamma usullardan topilgan jismning massasidan o'rtacha qiymati aniqlanadi. So'ngra o'lchashdagi absolut va nisbiy xatoliklar topiladi. Natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

2-jadval

No	Usullar	m	\bar{m}	$\Delta m_1 = \bar{m} - m_1$	$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{m}}{\bar{m}} \cdot 100\%$
1.	Oddiy usul	m_1			
2.	Gauss usuli	m_2			
3.	Bord usuli	m_3			
4.	Mendeleyev usuli	m_4			

Bu natijalar asosida aniq tortish usuli aniqlanib tahlil qilinadi.

Nazorat savollar:

1. Tarozning nol nuqtasi nimani bildiradi va uni nima uchun shayinlarning tebranishidan aniqlanadi?
2. Tarozining aniqligi va sezgirligi nima?
3. Tebratish usulida tarozining muvozanat holati qanday aniqlanadi?
4. Reyter nima va nima uchun u analitik tarozida ishlatiladi?
5. Tarozining sezgirligi nimalarga bog'liq?
6. Massa va og'irlik nima, qaysi biri doimiy va qaysi biri qanday hollarda o'zgaradi?
7. Yerning o'z o'qi atrofidagi aylanma harakati tortish natijasiga ta'sir qiladimi?
8. Nima uchun muvozanat holatida tarozi mayatnik kabi tebranadi? Tebranish davri nimaga bog'liq?

Adabiyotlar:

1. V.I. Iverenova. Fizikadan praktikum. «O'qituvchi», 1973. 5-vazifa, 64-77 bet.
2. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. М: «Наука», 1971, стр. 418.
3. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.:2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

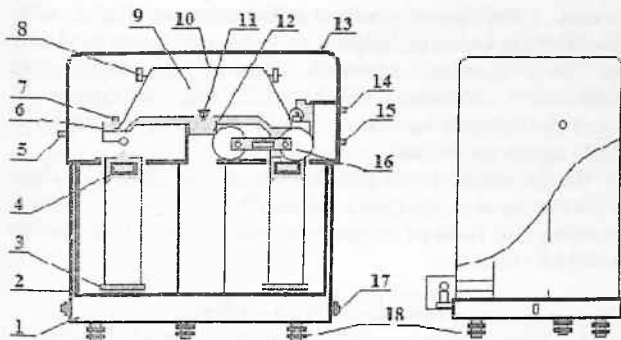
11 – LABORATORIYA ISHI ELEKTROMEXANIK - ANALITIK TAROZIDA TORTISH

Kerakli asbob va uskunlar : 1) BJP-200 analitik tarozi, 2) tarozining toshlari, 3) tortiluvchi jismlar.

Tarozining tuzilishi

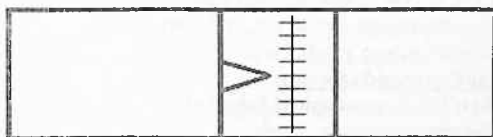
BJP-200 turdagi tarozi kimyoviy va fizikaviy tajribalarda jismlarning massasini aniq o'lchash uchun ishlatiladi (1-rasm). Uni asosiy qismi shayin (1) deb ataluvchi teng yelkali BB' richagdan iborat bo'lib, shayin uning o'rtasiga perpendikulyar o'rnatilgan (2) qirrasini orqali ustunchadagi (3) tekis agat plastinkaga (4) tayanadi. Shayinning tebranishini kamaytirish maqsadida maxsus

tinchlalgich (dempfer) (5) o'rnatilgan. Bu tinchlalgich ikki juft yengil metall stakanlardan iborat. Ularning ikkita ostki stakan tarozining ustunchasiga mahkam qotirilgan, ikkita ustki stakan esa prizma orqali shayinga osilgan(6). Shayin harakat qilganda unga osilgan stakanlar tinch turgan stakanlar ichida ishqalanishsiz harakatlanadi. Bu stakanlar ichidagi havoning siqilishi natijasida qo'shimcha kuchlar yuzaga kelib, ular shayinning harakatini susaytiradi va unda hosil bo'ladigan tebranishni so'ndiradi. Bunday tarozida tortish ma'lum darajada avtomatlashtirilgan. Tarozni pallasi (7) ga 1 gr va undan katta tarozni toshlari qo'yiladi. 1 g dan kichiklari esa, ya'ni tarozni ichida joylashgan 100, 200, 300, 500 mgr alyumin halqalar bo'lib, ularni maxsus moslama yordamida tarozining o'ng yelkasiga ketma-ket osib, 100 mgr dan 900 mgr gacha qiymatlar avtomatik ravishda o'rnatiladi. Ularni ilib va olib qo'yish tarozining ustki qopqog'ini o'ng tomonida, tepa qismida joylashgan (4) ruchka bilan amalga oshiriladi. Ruchkani burganda tarozining old tomonidagi chap ekran (9)da osilgan halqachaning qiymati diskda (shkalada) paydo bo'ladi. Tarozining optik qurilmasi yoritkichini yoqish uchun uning ikki yonidagi (10) ruchkalaridan biri yuqori tomonga ko'tariladi. Bir vaqtning o'zida tarozni ishlamaydigan holatdan (arretirlangan) (2) knopka yordamida chiqariladi. Shayin pastki qismining o'rtasiga uni muvozanat holatidan og'ishini ko'rsatish uchun (12) strelka va uning uchida shkala o'rnatilgan. Tarozni asosining o'rtasidagi (14) ruchka ekran shkalasini ravshanligini sozlash uchun xizmat qiladi. Ekrandagi shkala bo'limlar qiymatini aniqlash uchun, ekranda ikkita uchburchaklar orasi belgi bo'lib xizmat qiladi. Shkala ko'rsatkichini nolga keltirish (15) ruchka bilan bajariladi. Tarozida 0,05 mgr gacha aniqlikda o'lchash uchun ekranning o'ng tomonidagi ikkinchi diskning ko'rsatgan qiymatidan foydalaniladi. Bu diskda har biri 5 birlik bo'linga ortib, 00 dan 95 gacha yigirmata bo'lakka bo'linadi. Diskning bitta aylanishi 1 mgr ga to'g'ri keladi va u (16) ruchka bilan bajariladi.



1-rasm

1 – Taroz asosi, 2-arretir, 3 – osma (подвеска), 4 – demfer shayinning tebranishlarini so‘ndiradi, 5 – skalani nolinch vaziyatini sozlovch ruchka, 6 - palla ko‘targich (измер ричкаги), 7 – palla ko‘targich yostiqlashi, 8 – shayinning muozanatini to‘g‘irlaydigan gaykalar, 9-shayin, 10 – tarozining yuqori qiamini og‘irlik markazini roslovchi gayka, 11 – ta’sir prizma, 12 – kovak ustun, 13 – tarozi ko‘pusi, 14 – shayinga xalqalarni ilib tushirish mexanizimini ruchkasi, 15 – ekrandagi shkalalarni siljituvchi ruchka – nolga to‘g‘irlagich, 16 – eng mayda bo‘limlarni o‘zgartiruvchi ruchka, 17 – tarozining og‘irlik markazini o‘zgartiruvchi gayka, 18-tarozining asosini gorizontol vaziyatini rostlash vintli oyoqchalari, 19 – strelka, 20 – yoritqich manbai.



2-rasm

Ekrandagi qiymatni bilish uchun: tashqi limba, ichki limba va eng mayda bo‘limlarni ko‘rsatuvchi disk shkalasi xizmat qiladi

(2-rasm). Tashqi limba - osilgan halqachalar, og'irligini, ichki limbada undan kichik og'irliklarni va tashqi shkalasida esa 1 mgr dan kichik qiymatini ko'rsatadi. Masalan, Ekraning chap teshikchasi 7, o'rtacha teshikchasi 25, o'ng teshikchasi 35 raqamlarini ko'rsatayotgan bo'lsa, u holda ekrandagi yig'indi hisob 725,35 mgr ga teng bo'ladi.

Shunga e'tibor berish kerakki, har gal har qanday yuklarni qo'yib olayotgan paytda (halqachalarni ilib olayotgan paytda ham) tarozining (10) ruchkasi arretirlangan yoki o'chgan holda pastga qarab turish kerak.

Tarozida tortish qoidalari

1. Tarozi toshlarini qo'l bilan ushlab yaramaydi. Ular pinset yordamida pallaga qo'yiladi va olinadi.

2. Tortiladigan jismini va tarozi toshlarini shunday qo'yishi kerakki, ularning og'irlik markazi taxminan pallaning o'rtasida bo'lsin.

3. Tarozi ishlaydigan holatiga keltirilganda tebranma harakat yuzaga kelmasligi uchun (10) ruchka asta-sekin yuqoriga ko'tariladi.

4. Ish boshlashdan avval ekrandagi tashqi limba va disk shkalasini nol qiymatlariga (8), (15) ruchkalar orqali qo'yiladi. O'rtadagi ekranda 00' ni (14) ruchka yordamida keltirish mumkin. Tajribani tezlashtirish maqsadida shkaladagi sonni nolinchi holat deb olish mumkin.

5. Tarozining pasportida ko'rsatilgan yuk chegarasidan ortiqcha yuk qo'yib tortish mumkin emas.

6. Tajriba tugagandan keyin, tarozi arretirlanib, tarozi toshlari va halqachalar olib qo'yilishi kerak.

Analitik tarozida tortish.

Aniq o'lchash quyidagicha bajariladi:

1. Tarozining nolini aniqlash;
2. Tarozi sezgirligini aniqlash;
3. Jismini tortish (har xil usullarda)

Tarozining nolinchii vaziyatini aniqlash

Yuk qo'yilmagan tarozi yoqilganda ekran shkalasidagi ikki uchburchak orasidagi belgi ko'rsatgan qiymatni— dempferli tarozilarida nolinchii holat n_0 ni tebranishlar to'xtaganidan keyingina olinadi. Buning uchun tarozni 5 marta asta-sekin arretirdan chiqarib (yoqib), so'ngra arretirlab (o'chirib) amalga oshiriladi. Olingan 5 ta qiymatdan o'rtachasi aniqlanadi:

$$\bar{n}_0 = \frac{\sum n_{0i}}{5}$$

Tarozi sezgirligini topish

Ushbu BJP-200 turidagi tarozida tortishdagi aniqlik avvalombor uning sezgirligi bilan belgilanadi. Tarozini xarakterlovchi asosiy kattalik sezgirlik bo'lib, u taroziga qo'shimcha p yuk (odatda 1 mgr) qo'yilganda strelkaning og'ish burchagi tangensining shu yuk og'irligiga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\omega = \frac{l \cos \alpha}{(2P + p) \sin \alpha + kh}$$

Bu yerda l - shayin yelkalarining uzunligi, P -taroziga qo'yilgan yuk, h -to'g'ri yelkaning pastki qirrasii bilan shayinning og'irlik markazi orasidagi masofa. K nima? Uchta prizma qirralari bir tekislikda yetsa va yelkalar egilishlari hisobga olinmasa, u holda sezgirlik ω doimiy bo'lib quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\omega = \frac{l}{kh}$$

Ushbu tarozini uning og'irlik markazini faqat vertikal o'rnatilgan (17) gayika orqali o'zgartirsa bo'ladi. Ushbu laboratoriya ishida BJP-200 tarozining sezgirligi aniqlanmaydi. Lekin bu tarozida jismning massasini o'lchashdagi diskning eng kichik shkala bo'limining qiymati 0,05 mgr teng bo'lganidan jismning og'irligini 0,05 mg aniqlik bilan o'lchash mumkin, deb hisoblaymiz.

Jismini tortish

Tarozining chap pallasiga tortilgandan yukni qo'ying. O'ng pallasiga esa tarozi toshlarini qo'yib, tarozini asta arretirdan chiqarib va halqachalarni (8) ruchka bilan ilib muvozanatga keltiring. Agar yoqilgandan so'ng shkala ekranda ko'rinmasa, u holda qo'shimcha yuk halqachalarini qo'yib (olib) ekran o'rtasida shkalani ko'rinishni hosil qilishga erishing. So'ngra (15) ruchka yordamida ekrandagi uchburchak belgisini shkala chizig'i bilan to'g'irlang. Tortiladigan jismining og'irligi

$$P_0 = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

bilan aniqlanadi. Bu yerda: P_1 - pallaga qo'yilgan tarozi toshlarining qiymati. P_2 - tashqi limbadan hisoblanuvchi osilgan barcha halqachlarning og'irligi, P_3 - ichki limbadan hisoblanuvchi tarozi strelkasi ko'rsatgan qiymati. P_4 - eng kichik bo'limli shkaladan olingan qiymat.

Tortishning maxsus usullari

1. Ikki yoqlama tortish (Gauss) usuli.

Bu usulda tortiladigan jism P_0 avval tarozining chap pallasiga qo'yilib, o'ng pallasiga esa tarozi toshlari, halqachalarni ilib uning qiymati:

$$P_{01} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

formuladan aniqlanadi. So'ngra tortiladigan jism o'ng pallaga qo'yilib chap pallaga tarozi toshlari qo'yiladi. Tarozidagi halqachalar o'ng palla yelkasiga ilinganligidan strelka shkalasining noli chap tomondan boshlanganligidan tashqi limba, disk shkalasidagi bu ko'rsatishlar tarozi toshlari ko'rsatgan qiymatidan ayiriladi

$$P_{02} = P_1 - (P_2 + P_3 + P_4)$$

yoki birinchi usul bo'yicha $P_{02} = p'_1 + p'_2 + p'_3 + p'_4$

Birinchi holat uchun kuch momentlarining tengligidan

$$P_{01}l_1 = P_0l_2$$

va ikkinchi holat uchun esa

$$P_{02}l_1 = P_0l_2$$

Bu yerda l_1 va l_2 chap va o'ng shayin yelka uzunliklari.

kalar nisbati tengligidan

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{P_{o1}}{P_o} + \frac{P_o}{P_{o2}}$$

Bu yerda P_{o1} va P_{o2} bir - biridan kam farq qilganligi uchun

$$P_o = \sqrt{P_{o1} P_{o2}}$$

deb olish mumkin.

Olingan natijalar jadvalga yoziladi:

1 - Jadval

Nol qiymat	chap pallada tortish			o'ng pallada tortish		
	n	$n-n_0=p_3$	$p_{01}=p_1+p_2+p_3+p_4$	n'	$n'-n_0=p_3'$	$p_{01}=p_1'+p_2'+p_3'+p_4'$

Jismning og'irligi $p_o = \sqrt{p_{o1} \cdot p_{o2}}$ formula bo'yicha aniqlanadi.

2. Taralash (Bord) usuli

Tarozi arretirlagan holatda ekran hamma ko'rsatkichlariga "0" qiymatlar o'rnatiladi. Avval tarozining o'ng pallasiga tortiladigan jism chap pallasiga esa taralar (qo'rg'oshin mayda bo'laklari) qo'yilib n_0 ning qiymatida muvozanatlanadi. So'ngra o'ng palladagi jism olinib urning o'rniga tarozi toshlari va halqachalarni ilib tarozining ko'rsatgan qiymatidan

$$p_{o3} = p_1' + p_2' + p_3' + p_4'$$

tortilayotgan jisrn og'irligi aniqlanadi.

Bu usulda tortganda shayin yelkalari teng bo'lmisligi olingan natijaga ta'sir qilmaydi. Tortish aniqligi tarozining sezgirligi yaqin bo'ladi.

3. Doirniy yuk (Mendelejev) usuli.

Bu usulda tarozining o'ng pallasiga tortiladigan yukdan og'irroq lekin tarozda tortish mumkin bo'lgan maksimal yuk massasidan kichik tarozi toshi, so'ngra tarozi toshlari qo'yilib masalan $P_o=50$ gr lik tarozi toshi qo'yilib, chap pallasiga tortiladigan jism qo'yib, aniq muvozanat keltiriladi. Uning muvozanati diqqat bilan puxta o'rnatiladi. Qo'shimcha tarozi toshlari va iling'm halqachalar, tarozining ko'rsatkichi

$$p_1 = p_1 + p_2 + p_3 + p_4$$

aniqlab olinadi. Tortiladigan jism og'irligini topish uchun tortilishi mumkin bo'lgan tosh qiymatidan bu usul bilan aniqlangan qiymat ayriladi.

$$P_{o4} = P_n - (P_1 + P_2 + P_3 + P_4)$$

Bu usul bilan jismni tortganda sezgirlik doimiyligidan tortishni bir marta bajarish mumkin va ko'p marta o'lchashdagi sodir bo'lishi mumkin bo'lgan xatoliklar kamayadi.

Nazorat savollari:

1. Jismning massasi nima?
2. Jismning og'irligi deb nimaga aytiladi?
3. Tarozining nol nuqtasi nima?
4. Tarozining sezgirligi deganda nimani tushunasiz?
5. Analitik tarozida tortish qanday aniqlikda bajariladi?
6. Nima uchun richagli tarozilarda massa va prujinali tarozilarda og'irlik o'lchanadi deb xulosa chiqarish mumkin?
7. Tortishlar qutbda va ekvatorda bajarilsa, o'lchash natijalariga ta'sir qiladimi?
8. Har xil tortish usullarining yutuq va kamchiliklarini tavsiflang.
9. Jismning va tarozi toshlarining havoda yo'qotgan og'irliklari e'tiborga olib tuzatma kiriting.

Adabiyotlar

1. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. М.: «Физматгиз», 1963, гл. IV, § 41, §93
2. Физикадан практикум: Механика ва молекуляр физика. В.И.Иверонова тахрири остида. Ўқитувчи, 1973, 64-67 бетлар.
3. Н.М.Рудо. Весы. Теория, устройство, регулировка и проверка. М.: Машгиз, 1957.
4. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.:2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

12 – LABORATORIYA ISHI

QATTIQ JISMNING ZICHLIGINI GIDROSTATIK TORTISH USULI BILAN ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) Tarozi, 2) tarozi toshlari, 3) tarozi o'rnatilgan stol, 4) zichligi aniqlanadigan qattiq jismlar, 5) silindrik suvli idish, 6) ilgakli ingichka sim.

Qisqacha nazariya

Birlik hajmdagi jismning massasiga zichlik deyiladi, ya'ni

$\rho = \frac{m}{V}$. Bu yerda ρ – jismning zichligi, m – massasi, V – uning

hajmi. SI sistemasida jismning zichligi kg/m^3 larda, SGS sistemasida esa gr/sm^3 larda o'lchanadi.

Jismning massasi uni tarozida tortib, ya'ni ma'lum miqdordagi toshlar massasiga taqqoslab topiladi. Lekin unda jism og'irligining havoda kamayishini hisobga olishga to'g'ri keladi. Shu bilan birga, jismning zichligini aniqlash uchun uning hajmini aniq o'lchash yoki hisoblash kerak. Bu esa amalda ko'pincha murakkab bo'lgani uchun jismning hajmi Arximed qonunidan foydalanib aniqlanadi. Bunda jism havodagi massasi m_1 va suvdagi massasi m_2 o'lchanadi. Jismning og'irligini o'zgarishi $\Delta P = m_1g - m_2g = (m_1 - m_2)g$ Arximed kuchi $F_A = \rho_s V_j g$ ga teng bo'ladi. Bundan jismning hajmi $V_j = \frac{m_1 - m_2}{\rho_s}$ ga teng, ya'ni jismning hajmi uning siqib chiqargan suvning hajmiga teng.

Suvning shu tajriba o'tkazilgan temperaturadagi zichligi ρ_s jadvaldan olinadi.

Jismning tuzatilmagan zichligi, ya'ni jismning havoda tortganda og'irligining kamayishini hisobga olmasdan aniqlangan zichligi $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{m_1 - m_2} \rho_s$ ga teng yoki $m_1 - m_2 = W$ ekanligini

hisobga olsak $\rho = \frac{m}{W} \rho_s$ ga teng bo'ladi. Bu yerda m – tekshirilayotgan jismning masasini tuzatilmagan qiymati, m_1 – jism bilan ilgakli simning havodagi massasi.

Tuzatilgan zichlikni topish uchun quyidagi mulohazalardan foydalanamiz. Jisning havodagi og'irligi $P = m_1 g$ ga teng bo'lsa, uning haqiqiy og'irligi $P_0 = m_1 g + F_A = m_1 g + \lambda V g = (m_1 + \lambda V) g = m_0 g$. Bu yerda λ - havoning zichligi bo'lib, normal sharoit uchun $0,0012 \text{ g/sm}^3$ deb olish mumkin. Havoning zichligi λ ni Mendeleyev-Klayperon tenglamasidan foydalanib aniqlasa ham bo'ladi. Bunda P havo bosimi barometrdan ko'rsatishidan yozib olinadi va T - xona temperaturasi termometrdan aniqlanadi. U holda, jisning haqiqiy tuzatilgan massasi $m_0 = m_1 + \lambda V$ ga teng bo'ladi. Demak, jisning tuzatilgan massasi uning havoda aniqlangan massasi m_1 bilan u siqib chiqargan havoning massasi λV ning yig'indisiga teng ekan.

Shu mulohazadan $W = m_1 - m_2$ - siqib chiqarilgan suvning massasi $W = V(\rho_s - \lambda)$ ga teng bo'ladi. U holda jisning tuzatilgan zichligi $\rho = \frac{m + V\lambda}{W + V\lambda} \rho_s$ ga teng bo'ladi.

Siqib chiqarilgan suvning hajmi (bu jisning hajmiga teng)

$$V = \frac{W}{\rho_s - \lambda} \text{ bo'lgani uchun } \rho = \frac{m + \frac{W\lambda}{\rho_s - \lambda}}{W + \frac{W\lambda}{\rho_s - \lambda}} \rho_s = \frac{m}{W} (\rho_s - \lambda) + \lambda \text{ ga}$$

teng bo'ladi.

Simning massasini hisobga olmasak ham bo'ladi, chunki u nisbatan juda kichik va $m = m_1$ desak, hisoblash formulasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} (\rho_s - \lambda) + \lambda$$

Eslatma: Havoning zichligini hisoblashda barometrdan ko'rsatishi mm.sim.ust. ustunida bo'lgani uchun SI sistemasidagi birligi P_0 ga o'tkazish kerak

Ishning bajarilish tartibi

1. Silindrik idishga suv soling va uning temperaturasini o'lchab yozib oling.

2. Zichligi o'lganadigan jismlardan birini simli ilgakka ilib, u tarozi ilgagiga ilinganda suvga to'la botishini tekshirib ko'ring.

3. Tarozining muvozanat holatini aniqlang va uni arretirlab qo'ying.

4. Tekshirilayotgan jismni sim ilgak yordamida tarozi shayiniga osib, uni havodagi massasi m_1 ni uch marta aniqlang.

5. Jism suvga botirilgan holdagi massasi m_2 ni uch marta aniqlang.

6. Tajriba sharoitidagi temperaturaga mos kelgan suvning zichligi ρ , ni jadvaldan aniqlang va havoning zichligi λ ni Mendeleev-Klapeyron tenglamasi bo'yicha aniqlang.

7. Tajribani kamida yana ikki marta takrorlang va jismning zichligini hisoblash formulasi yordamida aniqlang.

8. Yana ikki jism uchun tajribani kamida uch martadan o'tkazing.

9. Tajriba natijalarini va zichliklarni o'rtacha qiymati hamda tajriba xatoliklarini hisoblab, hisobot jadvaliga yozing.

1 - Jadval

No	Jism	m_1 , kg	m_2 , kg	ρ , kg/m ³	λ , kg/m ³	ρ , kg/m ³	$\bar{\rho}$, kg/m ³	$\Delta\bar{\rho}$, kg/m ³	$\epsilon = \frac{\Delta\bar{\rho}}{\bar{\rho}} \cdot 100\%$
1-jism									
1									
2									
3									
2-jism									
1									
2									
3									
3-jism									
1									
2									
3									

Hisoblash formulasini keltirib chiqarishning II-usuli

Tuzatilgan zichlikni hisoblash ifodasini quyidagicha keltirib chiqarish ham mumkin. Tekshirilayotgan jismning hajmi V va uning haqiqiy zichligi ρ berilsin. Havoning zichligini λ

($\lambda = 0,0012 \frac{g}{sm^3}$), tarozi toshlar moddasining zichligini ρ_T bilan

belgilaymiz. U holda $V \cdot \rho = m$ – tekshirilayotgan jismning haqiqiy massasi, $m_s = V \cdot \rho_s$ – jism siqib chiqargan suvning haqiqiy massasi, $\frac{m}{\rho_1} \lambda$ – muvozanatlovchi tarozi toshlarining siqib

chiqargan havoning massasi $\frac{W}{\rho_1} \lambda = \frac{m_1 - m_2}{\rho_1} \lambda$ – suvni muvozanatlovchi toshlar siqib chiqargan havoning massasi bo‘ladi.

Shu sababli $V \cdot \rho - V \lambda = m - \frac{m}{\rho_1} \lambda$ yoki

$$V(\rho - \lambda) = m \left(1 - \frac{\lambda}{\rho_1} \right) \quad (1)$$

Siqib chiqarilgan suv uchun

$$V(\rho_s - \lambda) = W - \frac{W}{\rho_1} \lambda = W \left(1 - \frac{\lambda}{\rho_1} \right) \quad (2)$$

va (2) tenglamalarni hadma-had bo‘lib V ga qisqartirsak $\frac{\rho - \lambda}{\rho_s - \lambda} = \frac{m}{W}$, bundan

$$\rho = \frac{m}{W}(\rho_s - \lambda) + \lambda \text{ yoki } \rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2}(\rho_s - \lambda) + \lambda \quad (3)$$

kelib chiqadi.

Nazorat savollari:

1. Massa deb nimaga aytiladi?
2. Inert massa va gravitatsion massa nima?
3. Inertlik deb nimaga aytiladi?
4. Zichlik deb nimaga aytiladi?
5. Og‘irlik deb nimaga aytiladi?
6. Solishtirmæ og‘irlik nima?
7. Zichlik va solishtirmæ og‘irlik orasida qanday bog‘lanish bor?
8. Arximed qonunini ta’riflang.
9. Arximed qonunini isbotlang.
10. Nima uchun mo‘daning zichligi temperaturaga bog‘liq?

Adabiyotlar:

1. Физикадан практикum. В.И.Иверенова тахрири остида. Тошкент.: Ўқитувчи, 1975. 67-85 б.
2. U.Nazarov, K.A.Tursunmetov. Mexanika va molekulyar fizika. Тошкент.: O'zbekiston, 1996 yil.
3. С.П. Стрелков. Mexanika. Тошкент.: Ўқитувчи, 1977. 274 - 278 б.
4. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.:2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

13-LABORATORIYA ISHI ELASTIK TO'QNASHISH UCHUN IMPULSNING VA ENERGIYANING SAQLANISH QONULARNINI TEKSHIRISH

Kerakli asbob va materiallar: 1) Qurilma, 2) sharlar to'plami, 3) chizg'ich.

Qisqacha nazariya

Bizga mexanikadan ma'lumki, bir jismga boshqa biror jism ta'sir qilsa va bu ta'sir kuchi bizga ma'lum bo'lsa, jismlarning harakat qonuniyatlarini Nyuton qonunlaridan foydalanib aniqlash mumkin edi. Lekin jismga ta'sir etuvchi kuchining qiymatini aniqlash ko'p hollarda ancha qiyin. Chunki, biz ikki jismning to'qnashishini ko'rganimizda ularning bir-biriga elastik kuchlari bilan o'zaro ta'sir qilishini bilamiz. Lekin bu kuchning qiymatini aniqlash qiyin, ko'pincha aniqlab ham bo'lmaydi.

Bundan tashqari, ko'p hollarda, bir jismni harakatini emas, balki bir necha jismning harakatini tekshirishga to'g'ri keladi, ya'ni jismlar sistemasi harakatini o'rganishga to'g'ri keladi.

Bunday hollarda masalani yechish uchun boshqa fizik kattalik va boshqa qonunlardan foydalanishga to'g'ri keladi. Bunday qonunlar jumlasiga jismlarning impuls va energiyalarining saqlanish qonuni kiradi. Bu fizik kattaliklar faqat mexanika uchun muhim bo'lib qolmasdan, balki fizikaning boshqa hamma bo'limlari uchun ham zarurdir.

Uslubning nazariyasi va eksperimental qurilma

Ikkita sharning elastik to'qnashishiga impulsning va energiyaning saqlanish qonuni tatbiq etamiz. Faraz qilaylik, massalari m_1 va m_2 bo'lgan sharlarning to'qnashuvdan oldingi tezliklari mos ravishda \vec{u}_1 va \vec{u}_2 , to'qnashuvdan keyingi tezliklari \vec{u}'_1 va \vec{u}'_2 bo'lsin.

Bu sharlarning absolut elastik to'qnashuvgacha bo'lgan impulslarini mos ravishda \vec{K}_1 va \vec{K}_2 , to'qnashuvdan keyingi impulslarini \vec{K}'_1 va \vec{K}'_2 deb belgilaylik. Unda impulsning saqlanish qonuniga binoan quyidagi tenglamani yozamiz:

$$\vec{K}_1 + \vec{K}_2 = \vec{K}'_1 + \vec{K}'_2 \quad (1)$$

Energiyaning saqlanish qonuniga asosan esa quyidagi tenglamani yozamiz:

$$\frac{m_1 \vartheta_1^2}{2} + \frac{m_2 \vartheta_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}$$

yoki
$$\frac{K_1^2}{2m_1} + \frac{K_2^2}{2m_2} = \frac{K_1'^2}{2m_1} + \frac{K_2'^2}{2m_2} \quad (2)$$

Faraz qilaylik, ikkinchi shar to'qnashuvga qadar tinch turgan bo'lsin, ya'ni $K_2 = 0$ bo'lsin. U holda (1) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\vec{K}_1 = \vec{K}'_1 + \vec{K}'_2 \quad (3)$$

Bu tenglamani qanoatlantirish uchun uchta vektor, \vec{K}_1 , \vec{K}'_1 , va \vec{K}'_2 lar aniq uchburchak OBA ni hosil qilishi kerak (1-rasm). Endi quyidagi holni ko'rib chiqamiz. Qaysiki, to'qnashuvdan keyin ikkinchi sharning harakat yo'nalishi qanday bo'lishidan qat'iy nazar, B nuqta, ya'ni \vec{K}'_2 -vektorning oxiri aylanada yotadi. Koordinata boshi O nuqtada joylashgan sanoq sistemaga nisbatan B nuqtaning koordinatalari quyidagi tenglamani qanoatlantiradi:

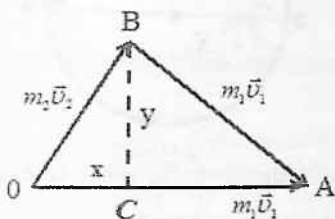
$$x^2 + y^2 + K_1^2 \quad (4)$$

Uchburchak BCA dan quyidagi tenglikni yozamiz:

$$(K_1 - x)^2 + y^2 = K_1^2 \quad (5)$$

Energiyaning saqlanish qonuni $\vec{K}_2 = 0$ bo'lgan hol uchun quyidagicha yoziladi:

$$\frac{K_1^2}{2m_1} = \frac{K_1'^2}{2m_1} + \frac{K_2^2}{2m_2} \quad (6)$$



1-rasm

(4), (5) va (6) tenglamalardan, oddiy algebraik almashtirishlardan so'ng, quyidagi tenglamani yozishimiz mumkin:

$$x^2 + y^2 - 2 \frac{m_2}{m_1 + m_2} K_1 x = 0$$

yoki

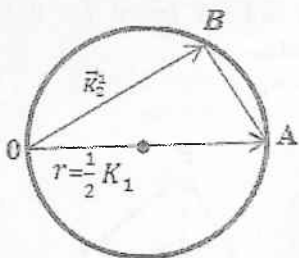
$$\left(x - \frac{m_2}{m_1 + m_2} K_1\right)^2 + y^2 = \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} K_1\right)^2 \quad (7)$$

Bu esa B nuqtadan o'tuvchi va radiusi

$$r = \frac{m_2}{m_1 + m_2} K_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{m_1}{m_2}\right)} K_1 \quad (8)$$

ga teng bo'lgan aylananing tenglamasi. Endi quyidagi xususiy hollarni ko'rib chiqamiz:

1) $m_1 = m_2$ bo'lsin. U holda (8) dan ko'rinadiki, $r = \frac{1}{2} K_1$, ya'ni aylananing diametri harakatlanib kelayotgan birinchi sharning impulsiga teng. Bu holda aylanada nafaqat B nuqta, balki A nuqta ham yotadi. Bundan ko'rinadiki, (2-rasm) to'qnashuvdan so'ng sharlar impulsarlari diagrammada to'g'ri burchak hosil qilib sochiladi.



2-rasm

2) $m_1 > m_2$, masalan, $m_1 = 4m_2$ bo'lsin. U holda (8) ga asosan

$$r = \frac{1}{5} K_1$$

Unda 3-rasmdan ko'rinadiki, $K_2 < K_1$ bo'ladi. Bu amaliy ishni bajarishdan maqsad shu chizmalarni tajribada olib, saqlanish qonunlarini tekshirishdan iborat. Buning uchun oldin koordinata boshi 0 nuqtani belgilab olish va birinchi sharni impulsini aniqlash kerak. Chunki (8) dan ko'rinadiki, aylana radiusini birinchi sharning impulsi aniqlaydi. Uni ma'lum balandlikdan gorizontaal otilgan jism harakatini kuzatish usuli bilan aniqlaymiz. H_1 balandlikdan g tezlik bilan otilgan jism harakat tenglamalarini yozamiz:

$$H_1 = \frac{gt^2}{2} \quad (9)$$

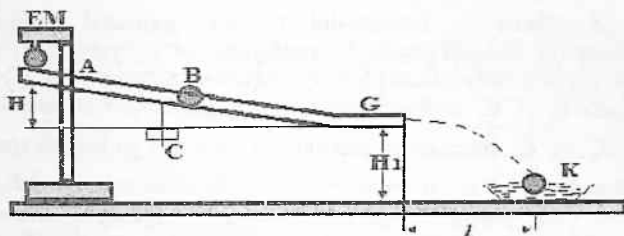
$$l = g_1 \cdot t \quad (10)$$

Bu yerda l -jismning uchish uzoqligi, t -uchish vaqti, (9) va (10) dan

$$g_1 = l \sqrt{\frac{g}{2H_1}} \quad (11)$$

bo'ladi.

Endi bizga jism (shar) massasi ma'lum bo'lsa, K_1 ni hisoblab topishimiz va u orqali aylana radiusi r ni aniqlashimiz mumkin. Buning uchun



3-rasm

quyidagi tajriba qurilmasidan foydalanamiz (3-rasm). Shtativ A va C vint yordamida ma'lum H balandlikda B qiya novni mahkamlaymiz. C vint yordamida qiya novning qiyaligini o'zgartirish mumkin. Qiya nov oxirida joylashgan G gorizantal gismi ostiga shovun osamiz va u bilan pastda turgan K qumli yashikka nisbatan koordinata boshi 0 nuqtani belgilaymiz. Endi qiya nov bo'ylab birinchi sharni qo'yib yuboramiz va uni uchish uzoqligi- l ni aniqlaymiz va bizga H_1 balandlik ma'lum bo'lsa, (11)ga asosan \mathcal{G}_1 ni hisoblab K_1 ni topamiz. Keyin G nov qismiga stolchaga ikkinchi sharni qo'yib birinchi sharni qiya nov tepasidan qo'yib yuboramiz va sharlar to'qnashib qumli yashikka tushgan joylarini belgilab ularni o'lchab olamiz. l_1 va H_1 lar hamda l_2 larni bilgan holda u_1 , u_2 larni, so'ngra K'_1 va K'_2 larni hisoblagan holda 1 va 2 rasmda ko'rsatilgan chizmalarni chizamiz.

O'lchash va hisoblashlar

1. Qumli yashikka nisbatan koordinata boshi 0 ni belgilaymiz (4-rasm).
2. Qiya nov oxirida joylashgan G nov qismi ostidagi shovun osilgan va uning uzunligi, H_1 hamda H balandliklar o'lchanadi.
3. Qiya nov bo'ylab birinchi sharni elektromagnit (4-rasmga qarang) yordamida qo'yib yuborib, sharni uchish uzoqligini aniqlaymiz. H_1 va l ni bilan holda \mathcal{G}_1 ni va K_1 ni aniqlaymiz.
4. Sharlar massalari m_1 va m_2 larni tarozida tortish usuli bilan aniqlaymiz.

5. Sharlardan ikkinchisini G nov gorizontal qismiga joylashtirib, birinchi sharni 3 banddigidek qo'yib yuboramiz va ularning uchish uzoqliklari l_1 va l_2 aniqlanadi. So'ngra u_1 va u_2 lar hamda K_1 va K_2 lar hisoblanadi. K_1 ni bilgan holda r hisoblanadi va \vec{K}_1 va \vec{K}_2 chizmalarga chizilib, ular radiusi r ga teng bo'lgan aylanada \vec{K}_1 va \vec{K}_2 vektorlarning uchlarini yotish yoki yotmasligi tekshiriladi. Barcha o'lchash va hisoblash natijalari 2-jadvalga yoziladi. Agar bu vektorlar uchlari shu aylanada yotsa, demak, bu to'qnashish uchun impuls va energiyaning saqlanish qonuni bajarilar ekan.

Impuls saqlanish qonunining bajarilish sharti (3) formula orqali tekshirilishi mumkin. Bu holda \mathcal{G}_1 , u_1 va u_2 larni l , l_1 va l_2 orqali ifodalab amalga oshirish mumkin.

Tajribalar har hul massali sharlar juftli (masalan: $m_1 = 25$ gr va $m_2 = 15$, $m_1 = 20$ gr va $m_2 = 10$ gr) uchun bajarish tavsiya etiladi.

2 – jadval

No	l	H_1	\mathcal{G}_1	l_1	u_1	l_2	u_2	K_1	K_1'	K_2'	1
1											
2											
3											

II – mashq. Energiya saqlanish qonunini tekshirish.

1. Dastlabki jadvallardagi ma'lumatlarga asoslanib birinchi sharnung kinetik energiyasini hisoblaymiz:

$$W_{1k} = \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1}{2} l^2 \cdot \frac{g}{2H} = \frac{m_1 g l^2}{4H_1}, \text{ chunki } \mathcal{G}_1 = l \sqrt{\frac{g}{2H_1}}$$

2. To'qnashishdan so'nggi sharlarning kinetik enerliyalari

$$\text{hisoblaymiz: } W'_{1k} = \frac{m_1 u_1^2}{2} \text{ yoki } W'_{1k} = \frac{m_1 g l_1^2}{4H_1}$$

$$\text{Ikkinchi shar uchun } W'_{2k} = \frac{m_2 u_2^2}{2} \text{ yoki } W'_{2k} = \frac{m_2 g l_2^2}{4H_1}$$

Hisoblash natijalhti 2 – jadvalga yoziladi.

№	m_1	m_2	l	H_1	l_1	u_1	l_2	U_2	W_{1k}	W'_{1k}	W'_{2k}
1											
2											
3											
n...											

Har bir sharchaning jufti uchun tajribalar ich martadan o'tkazilib, \bar{W}_{1k} , \bar{W}_{2k} lar bo'yicha energiya saqlanish qonuni bajarish tekshiriladi:

$$\bar{W}_{1k} = \bar{W}'_{1k} + \bar{W}'_{2k}$$

III mashq. Energiya saqlanish qonunini sharchalarning ilgarilanma va aylanma harakati hisobga olgan holda tekshirish. Ham ilgarilanma va ham aylanma harakat qilayotgan sharchaning kinetik energiyasi uning ilgarilanma va aylanma harakat kinetik

$$\text{energiyasining yig'indisiga teng: } W_{1k} = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2};$$

Bu yerda $I = \frac{2}{5}mR^2$ - sharchning inertsia momentini va $v^2 = \omega R$ ekanligini hisobga olsak,

$$W_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5}mR^2\omega^2 = \frac{7}{10}mv^2 \text{ kelib chiqadi;}$$

(11) formula $v = l \sqrt{\frac{g}{2H_1}}$ hisobga olsak,

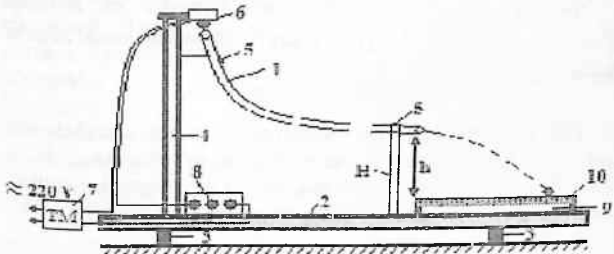
$$W_k = \frac{7}{10} \frac{ml^2 g}{2H_1} = \frac{7ml^2 g}{20H_1} mv^2; \text{ ifoda olinadi.}$$

Bu erda l sharchaning uchish uzoqligi va m - ning massasi har sharchalar juftlari uchun olingan va 1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar asosida $W_{1k} = \frac{7m_1 l_1^2 g}{2H_1}$; $W'_{1k} = \frac{7m_1 l_1^2 g}{2H_1}$; va $W_{2k} = \frac{7m_2 l_2^2 g}{2H_1}$ lar hisoblanadi va 3 - jadvalga yoziladi.

$\bar{W}_{1k} = \bar{W}'_{1k} + \bar{W}'_{2k}$ - energiya saqlanish qonuni bajarilish tushuntiriladi.

№	m_1	m_2	l	l_1	l_2	l_3	\bar{W}_{1k}	\bar{W}'_{1k}	\bar{W}'_{2k}	\bar{W}_{kk}	$\bar{W}'_{1k} + \bar{W}'_{2k}$
1											
n...											

II – mashqda tekshirib ko'rilgan energiya saqlanishning bu mashig'idagi energiya saqlanish darajasi taqqoslash talab qilinadi.



4 – rasm.

1 – metall nay, 2 – yog'och taglik, 3 – taglik yoqlar, 4 – tayanch ustunlar, 5 – xomutlar, 6 – elektromagnit, 7 – doimiy tok manbai, 8 – kalit, 9 – qumli nov idish, 10 – metall chizg'ich.

Nazorat savollari:

1. Jismning impulsi nima?
2. Impulsning saqlanish qonunini ta'riflang?
3. Elastik va noelastik to'qnashuv nima?
4. Elastik va noelastik to'qnashishlar uchun energiya saqlanish tenglamalarini yozing va izohlang.
5. Gorizontaal biror balandlikdan otilgan jismning harakat tenglamasini keltirib chiqaring.
6. To'qnashish to'la elastik bo'lishi uchun qanday fizik shartlar bajarilish kerak.

Adabiyotlar

1. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. Механика, «Укитувчи», 1981, §26- 28. (133-156 б.).

2. С.П.Стрелков. Механика, «Ўқитувчи», 1977. § 24-28 (90-108 б.), § 32-35 (115-127 б.), §162 (568-574 б.).

3. И.В.Савельев Умумий физика курси. 1- том Тошкент: Ўқитувчи, 1984. §30 (86-89 б.).

4. Хайкин. Физические основы механики. М.: Наука, 1971, Гл.VI, § 26. (107-111 с.).

5. С.Э.Фриш, Тиморева А.И. Умумий физика курси. 1-том. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. § 53-62 (303-334 б.).

6. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.:2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

14-LABORATORIYA ISHI

ELASTIKLIK MODULINI CHO'ZILISHDAN TOPISH

Kerakli asbob va materiallar: 1) qurilma, 2) chizg'ich, 3) katetometr, 4) mikrometr

Qisqacha nazariya

Tashqi kuch ta'sirida qattiq jism shakli yoki o'lchamining o'zgarishiga deformatsiya deyiladi yoxud tashqi kuch ta'sirida jism zarrachalarning bir-biriga nisbatan siljishi, shuningdek, zarrachalar orasidagi masofaning o'zgarishiga deformatsiya deb ataladi. Agar deformatsiyani vujudga keltiruvchi kuch ta'siri yo'qolgach, jism o'zining avvalgi shakli va o'lchamini tiklay olsa, bunday deformatsiya elastik deformatsiya, to'la tiklay olmasa noelastik deformatsiya deyiladi.

Deformatsiyalovchi kuch ta'siri to'xtagach, deformatsiyalangan jismning shakli va o'lchamlarini tiklay olish qobiliyati mazkur jismning elastikligi deb ataladi. Elastik deformatsiyalanish jarayonida jismning deformatsiyalanishiga qarshilik ko'rsatadigan kuchlar vujudga keladi. Mazkur kuchlar elastiklik kuchlari deyiladi.

Elastiklik kuchlarining vujudga kelishining sababi quyidagicha: deformatsiya jarayonida deformatsiyalanuvchi jism zarralarining orasidagi masofa va ularning o'zaro joylashishi o'zgaradi. Buning natijasida jism zarralari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining muvozanati buzilib, elastiklik kuchlari vujudga

keladi. Bu kuchlar zarralarning deformatsiya jarayonidagi avvalgi, dastlabki vaziyatini (konfiguratsiyasini) tiklashga harakat qiladi. Elastiklik kuchlari deformatsiyalanayotgan jismning ichida, uning qismlari orasida vujudga kelib, zarralarning vaziyatini o'zgartirgan tashqi kuchlarga qarshi yo'nalgan bo'lib, uni muvozanatlaydi. Bunday deformatsiya statik deformatsiya deyiladi (1-adabiyotga qarang).

Elastik deformatsiyada deformatsiya chiziqli kattaligi Δx bilan deformatsiya natijasida vujudga kelgan elastiklik kuchlari F_e orasidagi munosabat Guk qonuni bilan aniqlanadi:

$$F_e = -k\Delta x \quad (1)$$

Bu yerda k - elastiklik (bikrlk) koeffitsienti bo'lib, u jismning elastiklik xususiyatlariga va o'lchamlariga bog'liq. Minus ishora esa elastiklik kuchi deformatsiyalangan jism zarralarining siljishiga teskari yo'nalgan ekanligini ko'rsatadi yoxud elastiklik kuchlari deformatsiyalovchi F_t tashqi kuchlarga qarshi yo'nalganligini bildiradi, ya'ni

$$\vec{F}_e = -\vec{F}_t \quad (2)$$

(1) ifodani

$$\vec{F}_t = k\Delta x \quad (3)$$

deb yozishimiz mumkin. Demak, jismning uzunligini bir birlikka o'zgartirish uchun kerak bo'lgan kuchga shu jismning elastiklik koeffitsienti deyiladi.

Faraz qilaylik, uzunligi l_0 va ko'ndalang kesim yuzi S bo'lgan sim yoki sterjen P yuk ta'sirida Δl qadar cho'zilsin. Natijada jism zarralari orasida jism avvalgi vaziyatiga qaytarishga harakat qiluvchi kuchlar paydo bo'ladi. Bu kuchlar ichki elastik kuchlar deyiladi. Jismni deformatsiyalovchi tashqi kuchlar (F_t) ichki elastik kuchlar (F_e) bilan muvozanatlashadi. Ko'ndalang kesimning yuza birligiga ta'sir qiluvchi kuchga mehanik kuchlanish deb ataladi:

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{F_t}{S} \quad (4)$$

Jismning o'lchamlari o'zlariga nisbatan necha marta ortganligini yoki kamayganligini ko'rsatuvchi kattalikka nisbiy deformatsiya deb ataladi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (5)$$

Ingliz fizigi Robert Guk deformatsiyalangan jismdagi kuchlanishi nisbiy deformatsiyaga proporsional ekanligini topadi:

$$\sigma \sim \frac{\Delta l}{l_0}$$

Demak, cho'zilishini yoki siqilish deformatsiyasi bo'layotgan sterjen uchun Guk qonunini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{\Delta l}{l_0} = k \frac{F_t}{S} \quad (6)$$

Bunda $k = \frac{1}{E}$ bo'lib, bu yerda E Yung moduli yoki elastiklik moduli deb ataladi va jismning elastik xossalarini asosiy xarakteristikasidir. (6) formulani quyidagicha yozamiz:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad \text{bundan} \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (7)$$

Agar sterjenning chiziqli o'lchamini nisbiy o'zgarishi $\varepsilon = 1$ bo'lsa, $E = \sigma$ bo'ladi.

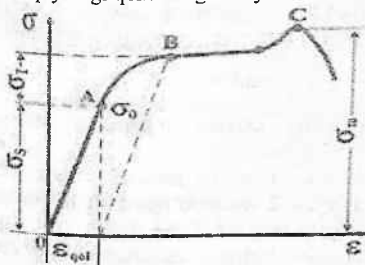
Demak, Yung moduli mexanik deformatsiyalanuvchi sterjenning uzunligini 2 marta o'zgartirish uchun zarur bo'lgan kuchlanish kattaligiga teng ekan.

Yung modulining birligi – kuchlanish birligi (bosim birligi) bilan bir xil bo'lib, N/m², SGS da dn/sm² va texnikada kg.kuch/sm² birliklarda o'lchanadi. Tajribaning ko'rsatishicha, elastik deformatsiya har bir jism uchun kuchlanishning ma'lum bir aniq qiymatigacha ro'y beradi. Deformatsiya elastik bo'lib qoladigan eng maksimal kuchlanish elastiklik chegarasi deyiladi. Guk qonuni kuchlanishning elastiklik chegarasiga to'g'ri keladigan qiymatidan kichik qiymatlarda o'rinli bo'ladi. 1-rasmdan ko'rinib turibdiki, kuchlanish σ bilan nisbiy deformatsiya ε orasidagi bog'lanish (0÷ σ_0) intervalda chiziqli bo'ladi. Kuchlanishning σ_0 dan yuqori qiymatlarida σ bilan ε orasidagi bog'lanish chiziqli bo'lmay grafik egri chiziqqa aylanadi (1-rasm). Bu holda noelastik, ya'ni plastik

deformatsiya kuzatiladi, ya'ni kuchlanish 0 ga qadar kamayganda ham jism o'zining avvalgi o'lchamini (shaklini) tiklamaydi.

Kuchlanish oshira borilsa, uning qandaydir $\sigma = \sigma_m$ qiymatida jism yemirila boshlaydi. Bu kuchlanish kattaligi (σ_m) jismning mustahkamlik chegarasi deyiladi. $\sigma = \sigma(\epsilon)$ bog'lanish har xil jismlar uchun har xil bo'lib, ularning ko'rinishi turli materiallar uchun turlicha bo'ladi. Sababi, deformatsiya jarayoni deformatsiyalanuvchi jismning tabiatiga, ya'ni uning strukturasi, zarrachalarning orasidagi ta'sir kuchiga va jismning tarkibiga bog'liqdir. $\sigma = \sigma(\epsilon)$ bog'lanishning eng sodda ko'rinishlaridan biri 1-rasmda tasvirlangan.

Deformatsiyaning turlari ko'p. Masalan: cho'zilish, siqilish, siljish, egilish, burilish va boshqalar. Barcha turdagi elastik deformatsiyalar quyidagi qonunlarga bo'ysunadi:



1-rasm

Elastiklik sohasida deformatsiya tashqi kuch kattaligiga proporsional bo'ladi (ya'ni $\Delta x \sim F_T$ yoki $\epsilon \sim \sigma$).

1. Elastiklik sohasida tashqi kuchning yo'nalishi o'zgarsa, deformatsiyaning ham yo'nalishi o'zgaradi, ammo absolut qiymati o'zgarmaydi.

2. Bir necha tashqi kuchlar ta'sir qilgan holda umumiy deformatsiya har bir kuch ta'sirida vujudga keladigan deformatsiyalar yig'indisiga teng.

Agar tajriba natijasida Δl , l_0 , S va $F_t = P$ larning qiymatlari ma'lum bo'lsa, u holda (6) ga asosan E quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$E = \frac{Pl_0}{S\Delta l} \quad (8)$$

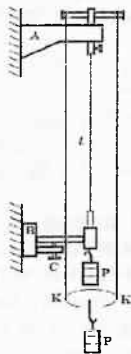
Mazkur ishdan maqsad po'lat simning cho'zilishini tajribada tekshirish orqali uning elastiklik modulini aniqlashdan iboratdir.

Asbobning tavsifi

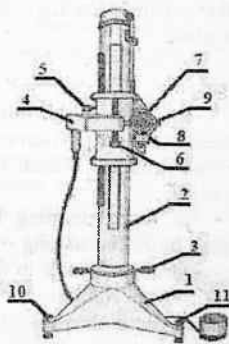
Bu ishdan qo'llaniladigan asbob ustma-ust joylashgan ikkita A va B kronshteyndan iborat bo'lib, bu kronshteynlar tekshirilayotgan materialdan yasalgan simni qisib turadi. (2-rasm). Pastki B kronshteynda f arretir bor. Simga yuk osgan paytda ham, undan yukni olgan paytda ham arretirni C vint yordamida ko'tarib qo'yish kerak. Simga osilayotgan yuklar yuqoridagi kronshteynga osilib qo'yilgan maxsus KK osmadan olinadi.

Shunga e'tibor qilish kerakki, yuklarni simdan olganda ham ularni yana shu osmaga qo'yish kerak. Mana shunday qilinganda yuqorigi kronshteynga ta'sir qiladigan nagruzka o'zgarmaydi. Shu tufayli yuqorigi kronshteyn hamma vaqt birday egilib turadi. Simning uzunligi f arretir tushib turgan holda chizg'ich yordamida, yuk ta'sirida uzayishi Δl esa «KM» turdagi katetometr vositasida o'lchanadi (3-rasm).

KATETOMETRNING TUZILISHI



2-rasm



3-rasm

Katetometr yaxlit uchoyoqqa (1) o'rnatilgan kolonnadan (2), o'lchov karetkasidan (8), ko'rish trubasidan (9) va o'lchov mikroskopidan iborat (3-rasm). Kollonnani 3-kallak yordamida vertikal o'q atrofida aylantirish mumkin. O'lchov karetkasini vertikal bo'yicha katta siljitishlar 5- vint bo'shatilgan holda qo'l bilan amalga oshiriladi. Uni aniq siljitishlar esa 5- vintni mahkamlagan holda 6-vint yordamida bajariladi.

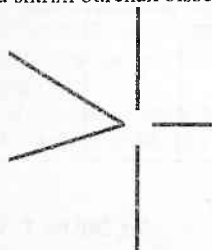
Ko'rish trubasini obyektning tanlangan nuqtasiga fokuslash 4-maxovikni burash orqali amalga oshiriladi. Tubusning yon tomonida o'qi ko'rish trubasining vizir o'qiga parallel bo'lgan (8) silindrik vaterpas (shayton) joylashgan. Vaterpasdagi pufakcha uchlari tasvirlarini okulyar (7) orqali qarab, mikrometrik vint (9) yordamida mos keltiriladi. Mana shunday holatda vaterpas gorizontaal o'rnatilgan bo'ladi. Ko'rish trubasini gorizontaal tekislikning tanlangan nuqtasiga aniq o'rnatish 10-vint mahkamlangan va 11-vint bo'shatilgan holda amalga oshiriladi. Katetometrning o'lchov karetkasida masshtab to'rga ega bo'lgan o'lchov mikroskopi o'rnatilgan.

Karetkani kolonna bo'ylab vertikal siljitish va vertikal o'q atrofida kollonnani burish orqali obyektning tanlangan nuqtasiga vizirlash amalga oshiriladi. Tegishli hisoblashlarni mikrometrning okulyari orqali shkaladan va masshtab to'rdan olinadi. Vertikal kesmalarning uzunligi tegishli hisoblashlarning ayirmasi sifatida topiladi.

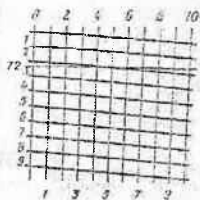
O'lchashlar

1. Arretir tushib turgan holda sinning uzunligi l , chizg'ich bilan o'lchanadi. Mikrometr yordamida sinning diametri d ni bir necha joyidan o'lchanib, ularning o'rtacha arifmetik qiymati olinadi.
2. Katetometrning ko'rish trubasini sinning pastki uchini qisib turuvchi vintning o'rtasiga to'g'rilanadi. Ko'rish trubasining okulyarini masshtab to'rining aniq tasviri hosil bo'ladigan qilib, fokuslovchi linzani esa obyektning aniq (keskin) tasviri hosil bo'ladigan qilib o'rnatiladi. Shundan so'ng 5-vint mahkamlangan holda 6-vint yordamida ko'rish trubasini obyektning tantangan

nuqtasiga aniq qilib to'g'rilanadi. Ko'rish trubasining ko'rish maydonida kesishgan chiziqlar bo'lib, uning chap tomonidagi ikkita shtrixi burchak bissektori ko'rinishida bo'ladi (4-rasm).



4-rasm



5-rasm

Trubani to'g'rilashda obyekt nuqtasi vertikal shtrixlarning chap tomonida, burchak bissektorining aniq o'rtasida gorizontal shtrix sathida joylashishi lozim. Shundan so'ng, mashtab to'r bo'yicha birinchi hisob-tekshirilayotgan simning unga yuk osilmagan paytdagi pastki uchi vaziyati x_0 aniqlanadi. O'lchov mikroskopining ko'rish maydonida bir vaqtda og'ma va vertikal shtrixlardan tashkil topgan masshtab to'r va odatda biri shu to'g'ri kesib o'tuvchi millimetrli shkalaning raqam bilan belgilangan ikkita gorizontal shtrixi tasviri ko'rinib turadi. Og'ma shtrixlar oralig'i millimetrning 0,1 ulushiga, vertikal shtrixlar oralig'i esa millimetrning 0,01 ulushiga mos keladi. Bunda 72 mmga mos keluvchi gorizontal chiziq, 2-raqamga mos keluvchi og'ma shtrix 5 chi va 6 chi vertikal shtrixlarning o'rtasiga to'g'ri keluvchi nuqtasida kesib o'tadi. Hisoblash natijasi 72,255 mm qiymatni beradi (5-rasmga qarang).

3. Simga birin-ketin yuklarni osa borib, har gal katetometr yordamida simning pastki uchining vaziyati x_i topiladi. Shundan so'ng bu ish teskari tartibda bajariladi, ya'ni simga osilgan yuklarni birin-ketin kamaytira boramiz va har gall simning pastki uchining vaziyati x_i ni qayd qilib boramiz. Natijalar 1-jadvalga yoziladi.

Katetometr yaxlit uchyoqqa (1) o'rnatilgan kolonnadan (2), o'lchov karetkasidan (8), ko'rish trubasidan (9) va o'lchov mikroskopidan iborat (3-rasm). Kollonnani 3-kallak yordamida vertikal o'q atrofida aylantirish mumkin. O'lchov karetkasini vertikal bo'yicha katta siljitishlar 5- vint bo'shatilgan holda qo'l bilan amalga oshiriladi. Uni aniq siljitishlar esa 5- vintni mahkamlagan holda 6-vint yordamida bajariladi.

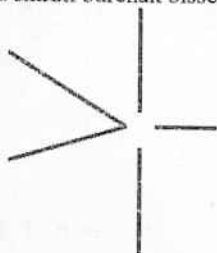
Ko'rish trubasini obyektning tanlangan nuqtasiga fokuslash 4-maxovikni burash orqali amalga oshiriladi. Tubusning yon tomonida o'qi ko'rish trubasining vizir o'qiga parallel bo'lgan (8) silindrik vaterpas (shayton) joylashgan. Vaterpasdagi pufakcha uchlari tasvirlarini okulyar (7) orqali qarab, mikrometrik vint (9) yordamida mos keltiriladi. Mana shunday holatda vaterpas gorizontol o'rnatilgan bo'ladi. Ko'rish trubasini gorizontol tekislikning tanlangan nuqtasiga aniq o'rnatish 10-vint mahkamlangan va 11-vint bo'shatilgan holda amalga oshiriladi. Katetometrning o'lchov karetkasida masshtab to'rga ega bo'lgan o'lchov mikroskopi o'rnatilgan.

Karetkani kolonna bo'ylab vertikal siljitish va vertikal o'q atrofida kollonnani burish orqali obyektning tanlangan nuqtasiga vizirlash amalga oshiriladi. Tegishli hisoblashlarni mikrometrning okulyari orqali shkaladan va masshtab to'rdan olinadi. Vertikal kesmalarning uzunligi tegishli hisoblashlarning ayirmasi sifatida topiladi.

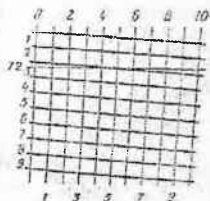
O'lchashlar

1. Arretir tushib turgan holda simning uzunligi l_0 chizg'ich bilan o'lchanadi. Mikrometr yordamida simning diametri d ni bir necha joyidan o'lchanib, ularning o'rtacha arifmetik qiymati olinadi.
2. Katetometrning ko'rish trubasini simning pastki uchini qisib turuvchi vintning o'rtasiga to'g'rilanadi. Ko'rish trubasining okulyarini masshtab to'ringa aniq tasviri hosil bo'ladigan qilib, fokuslovchi linzani esa obyektning aniq (keskin) tasviri hosil bo'ladigan qilib o'rnatiladi. Shundan so'ng 5-vint mahkamlangan holda 6-vint yordamida ko'rish trubasini obyektning tanlangan

nuqtasiga aniq qilib to'g'rilanadi. Ko'rish trubasining ko'rish maydonida kesishgan chiziqlar bo'lib, uning chap tomonidagi ikkita shtrixi burchak bissektori ko'rinishida bo'ladi (4-rasm).



4-rasm



5-rasm

Trubani to'g'rilashda obyekt nuqtasi vertikal shtrixlarning chap tomonida, burchak bissektorining aniq o'rtasida gorizontal shtrix sathida joylashishi lozim. Shundan so'ng, mashtab to'r bo'yicha birinchi hisob-tekshirilayotgan simning unga yuk osilmagan paytdagi pastki uchi vaziyati x_0 aniqlanadi. O'lchov mikroskopining ko'rish maydonida bir vaqtda og'ma va vertikal shtrixlardan tashkil topgan masshtab to'r va odatda biri shu to'g'ri kesib o'tuvchi millimetrli shkalaning raqam bilan belgilangan ikkita gorizontal shtrixi tasviri ko'rinib turadi. Og'ma shtrixlar oralig'i millimetrning 0,1 ulushiga, vertikal shtrixlar oralig'i esa millimetrning 0,01 ulushiga mos keladi. Bunda 72 mmga mos keluvchi gorizontal chiziq, 2-raqamga mos keluvchi og'ma shtrix 5 chi va 6 chi vertikal shtrixlarning o'rtasiga to'g'ri keluvchi nuqtasida kesib o'tadi. Hisoblash natijasi 72,255 mm qiymatni beradi (5-rasimga qarang).

3. Simga birin-ketin yuklarni osa borib, har gal katetometr yordamida simning pastki uchining vaziyati x_i topiladi. Shundan so'ng bu ish teskari tartibda bajariladi, ya'ni simga osilgan yuklarni birin-ketin kamaytira boramiz va har gall simning pastki uchining vaziyati x_i ni qayd qilib boramiz. Natijalar 1-jadvalga yoziladi.

No	m_i kg	P_i, N	$x_{i\downarrow}$ mm	$x_{i\uparrow}$ mm	\bar{x}_i	Δl_i mm	E_0 $10^{11} N/m^2$	\bar{E} $10^{11} N/m^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta E}{E} 100\%$
1.	0.5								
2.	1.0								
3.	1.5								
4.	2.0								
5.	2.5								

Hisoblashlar

1. Olingan natijalardan foydalanib, simning har bir P_i yukka mos kelgan cho'zilishi Δl_i topiladi:

$$\Delta l_i = \bar{x}_i - x_0$$

Bundagi x_i –simga birday yuk qo'ygandagi har ikkala qiymatining o'rtachasi, x_0 –simning nol nuqtasiga mos keluvchi vaziyatining o'rtachasi.

2. P ning Δl ga bog'lanish grafigi chiziladi va bu bog'lanish chiziqli bog'lanish ekanligi tekshiriladi.

3. (8) formula yordamida elastiklik modulining simga turli yuk qo'yilgandagi qiymati hisoblab topiladi.

4. E ni o'lchashdagi xatolik differensiallash usuli bilan topiladi:

$$\Delta E = \bar{E} \sqrt{\left(\frac{\Delta P}{P}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l_0}{l_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(\Delta l)}{\Delta l}\right)^2}$$

5. Tajriba natijasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$E = \bar{E} \pm \Delta E$$

Nazorat savollari:

1. Deformatsiya nima?
2. Elastik va noelastik diformatsiya nima?
3. Guk qonunini ta'riflang.
4. Yung modulini ta'riflang.
5. Deformatsiyalanuvchi jismda elastiklik kuchlari nima uchun vujudga keladi?

6. Mexanik kuchlanishning nisbiy deformatsiyaga bog'lanishini tushuntirib bering.
7. Mustahkamlik chegarasi nima?
8. Mustahkamlik zapasi nima?
9. Elastik deformatsiya energiya zichligi formulasini keltirib chiqaring.
10. Buralish moduli deb nimiga aytiladi?
11. Siljish moduli deb nimiga aytiladi?

Adabiyotlar:

1. А.К.Кикоин, И.К.Кикоин. Молекуляр физика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1978. X боб. §122-127 (438-454-б).
2. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1965. X боб. §87.
3. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси: Т.1 Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1981. X боб. §73-80, (328-413 б.)
4. Физикадан практикum: Механика ва молекуляр физика. Профессор В.И. Иверонова таҳрири остида. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1973, 85-90 б.
5. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. Москва.: Наука, 1971, §105-114 (с. 460-496).

15-LABORATORIYA ISHI

ELASTIKLIK MODULINI EGILISHDAN ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) elastik modulini egilishdan aniqlash uchun qo'llaniladigan qurilma, 2) to'g'ri to'rtburchak kesimli sterjenlar to'plami, 3) vertikal masofalarni o'lchashga moslangan mikrometr, 4) shtangensirkul, 5) uzunligi 1 m va millimetrlilik shkalasi bo'lgan temir chizg'ich.

Qisqacha nazariya

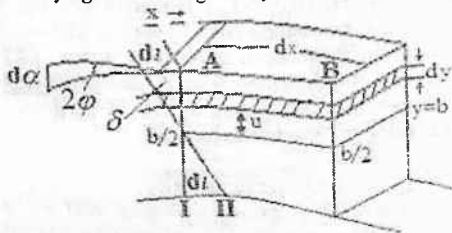
Tashqi kuch ta'sirida qattiq jism shakli yoki o'lchamining o'zgarishiga deformatsiya deyiladi yoxud tashqi kuch ta'sirida jism zarrachalarning bir-biriga nisbatan siljishi, shuningdek, zarrachalar orasidagi masofaning o'zgarishiga deformatsiya deb ataladi.

Agar deformatsiyani vujudga keltiruvchi kuch ta'siri yo'qolgach, jism o'zining avvalgi shakli va o'lchamini tiklay olsa, bunday deformatsiya elastik deformatsiya, to'la tiklay olmasa noelastik deformatsiya deyiladi.

Quyidagi deformatsiyalar – cho'zilish, qisilish, siljish, buralish va egilishlar deformatsiyaning muhim turlari hisoblanadi. Deformatsiyaning tavsifi avvalgi laboratoriya ishida keltirilgan. Mazkur ishda faqat egilish deformatsiyasi bilan tanishamiz.

Agar elastik to'g'ri sterjenning bir uchini biror vertikal ustunga yoki devorga mahkamlab, uning ikkinchi uchiga m yuk qo'yilsa, sterjenning yuk qo'yilgan uchi pasayadi, ya'ni sterjen egiladi. Bu holda sterjenning ustki qatlami cho'ziladi, pastki qatlami siqiladi, neytral deb ataluvchi o'rta qatlamining uzunligi o'zgarmaydi, u faqat biroz egiladi. Sterjenning yuk qo'yilgan uchining siljishi λ - egilish strelasi deyiladi.

Egilish strelasining qiymati sterjenning o'lchamlariga va uning materialiga bog'liq bo'lib, deformatsiya elastik bo'lganda berilgan sterjen uchun qo'yilgan yukka proporsional ekan. Egilish strelasini nazariy hisoblash uchun uzunligi L , eni a va qalinligi b bo'lgan sterjenning egilish deformatsiyasi jarayonida uning biror elementar dx qismini ko'rib chiqaylik. Bu ko'rilyotgan «kesim» sterjenning erkin uchidan x masofada bo'lsin. Bu kesimni sterjen egilgandan keyingi «kesimning» vaziyati I-rasmda tasvirlangan.



I-rasm

Deformatsiyalanuvchi sterjenning o'rta qatlami, ya'ni «neytral» qatlamidan u masofada bo'lgan va qalinligi dy bo'lgan

ixtiyoriy qatlamning uzayishini topaylik. Chizmaga asosan qatlamning uzayishini quyidagi nisbatdan topamiz:

$$\frac{dl}{y} = \frac{\delta}{b/2}, \text{ bundan } dl = \frac{2\delta \cdot y}{b} \quad (1)$$

Bu qatlamni dl qadar uzaytirish uchun kerak bo'lgan kuch df ni Guk qonuniga asosan topamiz:

$$\frac{df}{x} = \frac{1}{E} \frac{df}{dS} \text{ bundan } df = \frac{E \cdot dS \cdot dl}{x} \quad (2)$$

Bu yerda E - sterjen materialining elastiklik moduli. dS - cho'zilayotgan qatlamning yuzi bo'lib, $dS = a \cdot dy$ ga teng. U holda (2) ifodani (1) ifodani hisobga olgan holda quyidagicha yozamiz:

$$df = \frac{2E \cdot \delta \cdot y \cdot a}{x \cdot b} dy \quad (3)$$

bu qatlamga ta'sir etuvchi kuchning aylantiruvchi elementar momenti

$$dM = df \cdot y = \frac{2E \cdot a \cdot \delta \cdot y^2}{x \cdot b} dy \quad (4)$$

Endi deformatsiyalanuvchi sterjenning x qismini butun ko'ndalang kesim yuzasiga to'g'ri keluvchi elastik kuchlarining aylantiruvchi momentini 4-ifodani butun sterjenning qalinligi bo'yicha integralini hisoblash yo'li bilan topamiz:

$$M = \int dM = \int_{-\frac{b}{2}}^{+\frac{b}{2}} \frac{2E \cdot a \cdot \delta \cdot y^2}{b \cdot x} dy = \frac{E \cdot a \cdot \delta \cdot b^2}{2\delta \cdot x} \quad (5)$$

Elastik kuchlar vujudga keltirgan aylantiruvchi moment muvozanat holatda tashqi kuchning aylantiruvchi momentiga teng, ya'ni

$$M = E \cdot a \cdot b^2 \cdot \delta / 6x = P \cdot x \quad (6)$$

Bu yerda P - sterjenning erkin uchiga qo'yilgan yukning og'irligi bo'lib, $P = mg$ ga teng, m -esa yukning massasi, x -yuk qo'yilgan nuqtadan (tekshirilayotgan nuqtadan) tekshirilayotgan kesimgacha bo'lgan masofa.

Deformatsiyagacha va deformatsiya paytidagi ko'ndalang kesimning I va II yo'nalishlari orasidagi burchak $d\phi$ -ko'rilayotgan kesim egilishining o'lchovidir.

Chizmadan ko'rinib turibdiki,

$$d\phi = \frac{\delta}{b/2} = \frac{2\delta}{b} \quad (7)$$

A va B nuqtalardan kesimlarining I va II yo'nalishlariga perpendikulyar o'tkazib, ularni sterjenning uchidan davom ettiramiz. Bu perpendikulyar kesimlarning uzunligi x ga va ular orasidagi burchak 2ϕ ga teng bo'ladi. Bu kesmaning oxirgi uchlari orasidagi masofa $d\lambda$ ga teng bo'lib, egilish strelasining elementidir. Bu element ko'rilayotgan sterjenning egilishidan hosil bo'ladi. Chizmadan ko'rinib turibdiki

$$d\lambda = dx \cdot d\phi \quad (8)$$

Bu ifodaga (7) tenglamadan $d\phi$ qiymatini va δ ning (6) tenglamadan $\delta = \frac{6Px^2}{Eab^2}$ ifodasini qo'ysak,

$$d\lambda = dx \cdot \frac{2\delta}{b} = \frac{12Px^2 dx}{Eab^3} \quad (9)$$

bo'ladi. Egilish strelasining to'la qiymatini quyidagi integral orqali hisoblanadi:

$$\lambda = \int d\lambda = \int_0^L \frac{12Px^2 dx}{Eab^3} = \frac{4PL^3}{Eab^3} \quad (10)$$

Bu yerda λ - bir uchi mustahkamlangan va erkin uchidan yuki P bo'lgan sterjenning egilish strelasidir, L - esa sterjenning uzunligi.

Lekin bu ishda, biz ko'rilayotgan holda sterjenning ikkala uchi qattiq tayanchlar ustiga qo'yilgan va P yuk sterjenning o'rtasiga qo'yilgan (2-rasmga qarang). Bu holda egilish strelasining kattaligi (10) ifodani 0 dan L gacha emas, balki 0 dan $L/2$ gacha chegarada integrallash amali bilan topamiz.

Darhaqiqat, egilishning bu holda har bir tayanch sterjenga $mg/2$ ga teng kuch bilan aks ta'sir qiladi. Ikkala uchi tayanch ustida yotgan sterjenning egilishi o'rtasidan mahkamlanib har ikki uchiga

yuqoriga yo'nalgan $P/2$ kuch ta'sir qilayotgan holdagidek bo'ladi, deb faraz qilamiz (2-rasmga qarang). U holda egilish strelasi:

$$\lambda = \int_0^{L/2} \frac{12(P/2)x^2}{Eab^3} dx = \frac{PL^3}{4Eab^3}$$

ga teng bo'ladi.

Bundan

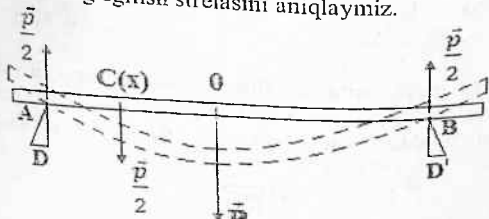
$$E = \frac{L^3}{4ab^3} * \frac{P}{\lambda} \quad (11)$$

Shunday qilib, eni a , qalinligi b , tayanchlar orasidagi masofa L , qo'yilgan yukning og'irligi P va shu yuk ta'sirida ro'y beradigan deformatsiya uchun egilish strelasining qiymati λ ma'lum bo'lsa, shu berilgan sterjen materiali uchun Yung moduli E ni yuqoridagi formula yordamida hisoblash mumkin.

Hisoblash formulasini keltirib chiqarishning

2-usuli

Agar ikki tayanch D1) ustida yotgan sterjenning markaziga pastga qarab yo'nalgan $F=P$ kuch qo'yilgan bo'lsa (2-rasm), shu sterjen markazining egilish strelasini aniqlaymiz.



2-rasm

Sterjenning og'irligi e'tiborga olinmaydigan darajada kichik bo'lsin. P kuch tayanchlar orasida simmetriya tufayli teng taqsimlanadi. Koordinatalar boshini D tayanch ustidagi sterjenning A nuqtasida joylashtiramiz. Sterjenning markazi O nuqtadan chaproqdagi $(L/2)$ ixtiyoriy $C(x)$ nuqta orqali normal o'tkazib, sterjenning chap tomonidan biror qismini fikran kesib olamiz. Sterjenning bu qismiga $P/2$ kuch ta'sir qiladi. Sterjenning bu kesib

olingan qismiga ta'sir qiluvchi tashqi kuch momenti $M=Px/2$ bo'ladi. Muvozanat holati uchun muvozanat tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$E\ddot{y} = -p \frac{x}{2} \quad (12)$$

Bu yerda E – Yung moduli, I – sterjenning inertsiya momenti, y - o'qi pastga yo'nalgan, \ddot{y} – hosila esa manfiy. Shu sababdan tenglamaning o'ng tomoniga minus ishora qo'yilgan. (12) tenglamani x bo'yicha 2 marta integrallaymiz va bunda $x=L/2$ bo'lganda $\dot{y} = 0$, hamda $x=0$ da $y=0$ chegaraviy shartlarni qo'yamiz. U holda

$$\lambda = \frac{Px}{48EI} (3L^2 - 4x^2) \quad (13)$$

Biz ko'rayotgan hol uchun $x=L/2$ deb hisoblab, egilish strelasini topamiz:

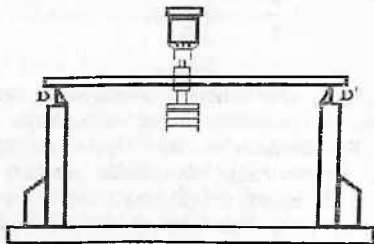
$$\lambda = PL^3/48 EI \quad (14)$$

Sterjenning inertsiya momenti (3-adabiyot. §36). $I = a \cdot b^3/12$ ga teng ekanligini hisobga olsak, egilish strelasini hisoblash formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$\lambda = PL^3/4ab^3 \cdot E \quad (15)$$

Eksperimental qurilma va ishning bajarilishi

Elastik modulini egilishdan topishda ishlatiladigan qurilma 2 ta chetida ikkita ustini bo'lgan DD' og'ir taglikdan iborat (3-rasm).



3-rasm

Har ikki ustunlarning ustiga qirralari o'zaro parallel bo'lgan po'lat prizmalar o'rnatilgan. Shu prizmalardan bir xil masofada, A va B nuqtalar orasidagi masofani o'rtasiga vertikal masofalarni, ya'ni egilish strelasini o'lchash uchun mikrometr o'rnatilgan. Sterjenning o'rtasiga, ya'ni mikrometr o'qining markazi to'g'risiga (0 nuqtaga) yuk osiladigan ilgak osiladi.

Vertikal o'rnatilgan mikrometrning uchi ilgakning yuqori asosiga tekkanda yorug'lik diodi (yoki neon lampochka) yonadi.

Mikrometr dastasini burab, sterjen yuksiz bo'lgan paytdagi lampochka yonish momentiga to'g'ri kelgan mikrometrning ko'rsatishi nolinchi holat - n_0 deb qabul qilamiz. So'ngra P_1, P_2, P_3, \dots yuklar qo'ya borib, shu yuklarga mos kelgan mikrometrning lampochka yongandagi ko'rsatishlari $n_1\downarrow, n_2\downarrow, n_3\downarrow \dots$ lar yozib boriladi. So'ngra o'lchashlar teskari tartibda takrorlanadi, ya'ni sterjen ilgagidagi yuklar birin-ketin olina borib, har bir P_i yukka to'g'ri keluvchi mikrometrning ko'rsatishlari $n_i\uparrow$ lar va yuksiz holati uchun $n_0\uparrow$ yana bir bor yozib boriladi. Yuk qo'yilgandagi mikrometrning ko'rsatishi va yuksiz holatidagi o'rtacha ko'rsatishi \bar{n}_i bo'lsa, $|\bar{n}_i - \bar{n}_0|$ ayirma shu yukka to'g'ri keluvchi egilish qiymati $\bar{\lambda}_i$ ni beradi, ya'ni $\bar{\lambda}_i = |\bar{n}_i - \bar{n}_0|$. O'lchash va hisoblash natijalari 1-jadvalga yoziladi.

1-jadval

N_0	n_0, gr	P, N	$n_1\downarrow$ mm	$n_1\uparrow$ mm	\bar{n}_1 mm	λ_1 mm	E_n N/m ²	E N/m ²	ΔE N/m ²	$\frac{\Delta E}{E}$ N/m ²	$\epsilon = \frac{\Delta E}{E} 100\%$
1											
2											
3											
n											

Natijani hisoblashdan avval, yukning o'zgarishiga mos egilish strelasining kattaligini o'zgarishi orasidagi bog'lanish grafigi $P=P(\lambda)$ chiziladi. Agar bu kattaliklar orasidagi bog'lanish chiziqli bog'lanish bo'lsa, Guk qonuni bajarilgan bo'ladi. Agar bu bog'lanish to'g'ri chiziqli bo'lmasa yoki o'lchash natijalarining

ba'zi birlari to'g'ri chiziqli bog'lanishdan sezilarli darajada chetda yotsa yana, unda bir bor nazorat o'lchashlar o'tkazilishi kerak.

Tajribaning 138eying bosqichida sterjenning prizmalar orasidagi uzunligi L sterjenning eni a va qalinligi b (tomonlari) o'lchanadi. Sterjenning uzunligi L mm li shkalaga ega bo'lgan temir lineyka bilan o'lchanadi, a va b lar esa o'lchash aniqligi 0,1 mm bo'lgan shtangensirkul bilan o'lchanadi. L, a, b lar 3-5 marta o'lchanadi va ularning o'rtachasi topilib, 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

№	Sterjenning o'lchamlari					
	L, cm	\bar{L} , sm	a, sm	\bar{a} , sm	b, sm	\bar{b} , sm
1.						
2.						
3.						
n...						

Hisoblashlar

1-usul. O'lchashlardan aniqlangan natijalardan foydalanib,

$E = \frac{L^3}{4ab^3} * \frac{P}{\lambda}$ formuladan foydalangan holda elastiklik moduli E, uning o'rtacha qiymati va xatoligi hisoblanadi. Elastiklik moduli N/m² larda ifodalanadi.

Elastiklik modulini aniqlashdagi o'rtacha kvadratik absolyut xatolik

$$\Delta E = \bar{E} \sqrt{\left(\frac{\Delta P}{P}\right)^2 + \left(\frac{3\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{3\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda}\right)^2} \quad (16)$$

Bu yerda ΔP , Δa , Δb , ΔL va $\Delta \lambda$ lar o'lchash asboblarning xatoliklaridir.

Nisbiy xatolik $\varepsilon = \frac{\Delta \bar{E}}{\bar{E}} * 100\%$ (17) ifoda bilan hisoblanadi va bu natijalar 1-jadvalga ko'chiriladi.

2-usul. Bu usulda elastiklik moduli va uni aniqlash xatoligi kichik kvadratlar metodi bilan hisoblanadi.

I. Tajriba natijalarini 1-usulda hisoblash. Elastiklik modulini hisoblash formulasi $E_1 = \frac{L^3}{4ab^3} \cdot \frac{P_1}{\lambda_1}$ bo'yicha va uning absolyut xatoligi ΔE (16) formula bo'yicha hisoblanadi.

Izoh: Bu hisoblash usulida qo'yilayotgan yuklarning umumiy massalari o'quvchi tomonidan hisoblab yoziladi.

Nazorat savollari

1. Deformatsiya nima?
2. Elastik va noelastik deformatsiya nima?
3. Guk qonunini ta'riflang.
4. Yung modulini ta'riflang.
5. Elastiklik kuchlar tabiati va uning vujudga kelish sababini tushuntiring.
6. Mexanik kuchlanishning nisbiy deformatsiyaga bog'lanishini tushuntirib bering.
7. Deformatsiya turlarini ta'riflab bering.
8. Egilish strelasi nima?
9. Egilishdan Yung modulini aniqlash formulasini keltirib chiqaring.
10. Mustahkamlik chegarasi nima?
11. Mustahkamlik zapasi nima?
12. Elastik deformatsiya energiya zichligi formulasini keltirib chiqaring.
13. Buralish modulini ta'riflang.
14. Siljish modulini tariflang.

Adabiyotlar

1. А.К.Кикоин, И.К.Кикоин. Молекуляр физика. Ташкент.: «Ўқитувчи», 1978, X боб. §122-127, (438-454 б.).
2. С.П.Стрелников. Механика. «Ўқитувчи» 1977. X боб, §87.
3. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. 1 т. Механика, «Ўқитувчи», 1981, X боб, §73-80, (328-413 б.).

4. Физикадан практикум. Механика ва молекуляр физика. Профессор В.И. Иверонова тахрири остида. Тошкент.: «Уқитувчи», 1973. (85-90 б.).

5. J.Walker. Fundamentals of Physics.N.-Y.:2011.V, VI. VII. (102-152 p.).

6. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. Москва.: Наука, 1971. §105-114 (с.460-496).

16-LABORATORIYA ISHI

TRIFILYAR MAYATNIK YORDAMIDA JISMLARNING INERTSIYA MOMENTINI ANIQLASH VA SHTEYNER- GUYGENS TEOREMASINI TEKSHIRISH

Kerakli asbob va materiallar: 1) trifilyar mayatnik, 2) sekundomer, 3) shtangentsirku.; 4) inertsiya momenti o'ltchanadigan jismlar namunasi.

Metodning nazariyasi

Trifilar mayatnik uchta o'zaro simmetrik iplar (simlar) vositasida biri ikkinchisiga osib qo'yilgan disklardan iborat sistemadir (1-rasm).

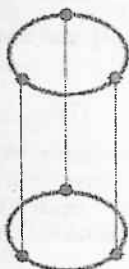
Pastki disk og'irlik markazidan o'tuvchi vertikal o'q atrofida erkin burilma tebranma harakat qila olish imkoniyatiga ega. Sistemaning tebranish davri, diskning unga qo'yilgan yuklar bilan birgalikdagi inertsiya momentiga bog'liq bo'ladi. Bu narsa jismlarning inertsiya momentini aniqlashga va Shteyner-Guygens teoremasini tekshirishga imkon beradi.

Agar disk muvozanat vaziyatiga nisbatan biror φ_0 burchakka buralsa, u biror h balandlikka ko'tariladi va uning potensial energiyasi mgh ga ortadi. Disk ikkinchi tomonga burilib muvozanat vaziyatga kelganda bu potensial energiya (agar ishqalanish kuchlari e'tiborga olmaydigan darajada kichik bo'lsa) butunlay sistemaning kinetik energiyasiga aylanadi, ya'ni:

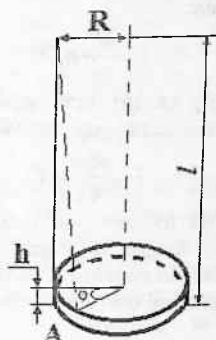
$$\frac{I\omega_0^2}{2} = mgh \quad (1)$$

Bundagi ω_0 - diskning muvozanat holatidan o'tayotgan paytdagi burchak tezligi, I - diskning unga qo'yilgan yuklar bilan

birgalikdagi disk markazidan o'tuvchi vertikal o'qqa nisbatan inertiya momenti.



1-rasm



2-rasm

Agar disk kichik burchakka burilib tebranma harakat qilayotgan bo'lsa, u vaqtda uning tebranishlarini garmonik deb hisoblab, istalgan vaqt uchun burilish burchagini quyidagi

$$\varphi = \varphi_0 \sin(2\pi/T)t \quad (2)$$

ifoda orqali aniqlash mumkin. Bunda φ_0 – tebranish amplitudasi, T – sistemaning tebranish davri, t – vaqt. Diskning burchak tezligi (2) ifodaga asosan quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{2\pi}{T} \varphi_0 \cos \frac{2\pi}{T} t \quad (3)$$

Disk muvozanat holatiga mos keluvchi vaziyatdan o'tayotgan paytlarda uning burchak tezligi maksimal bo'ladi va uning qiymati

$$\omega_0 = (2\pi/T)\varphi_0 \quad (4)$$

ifodadan aniqlanadi.

(1) va (4) ifodalarga kirgan φ_0 va h larni 2-rasmdan aniqlash mumkin. Agar iplarning uzunligi l va disk markazidan iplargacha bo'lgan masofa R ga teng bo'lsa, diskning kichik tebranishlari uchun

$$\varphi_0 \approx \frac{AA'}{R} \approx \sqrt{\frac{l^2 - (l-h)^2}{R}} \quad (5)$$

ifoda o'rinli bo'ladi. Bundan $h^2 \approx 0$ ekanligini hisobga olib h ni topamiz:

$$h \approx \frac{R^2}{2l} \varphi_0 \quad (6)$$

(4) va (5) larni e'tiborga olgan holda (1) dan inertsiya momenti uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I = \frac{mgR^2}{4\pi^2 l} T^2 \quad (7)$$

Bu formula yordamida diskning inertsiya momentini ham, uning ustiga qo'yilgan jismning inertsiya momentini ham aniqlanishi mumkin. Chunki bu ifodaning o'ng tomonidagi barcha kattaliklarni bevosita tajriba jarayonida o'lchash mumkin.

Jismlarning inertsiya momentlarini aniqlash

Diskning massasi m_0 ga va uning tebranish davri T_0 ga teng bo'lsa, u vaqtda (7) formulaga asosi topilgan inertsiya momenti

diskning inertsiya momenti I_d ga teng bo'ladi: $I_d = \frac{m_0 g R^2}{4\pi^2 l^2} T_0^2$

Agar disk markaziga massasi m_j bo'lgan jism qo'yilgandagi formulaning massasi $m = m_0 + m_j$ bo'lib tebranish davri T ga teng bo'lsa, (7) formulaga asosan topilgan inertsiya momenti diskning jism bilan birgalikdagi inertsiya momentiga teng bo'ladi:

$$I_l = I_d + I_{j1}$$

Bundan jism inertsiya momenti

$$I_{j1} = I_l - I_d \quad (8)$$

shu usulda inertsiya momentini aniqlaymiz: ekanligi kelib chiqadi. Shuningdek, ikkinchi jism uchun ham

$$I_{j2} = I_2 - I_d \quad (8')$$

Shteyner-Guygens teoremasini tekshirish

Shteyner-Guygens teoremasi quyidagicha ta'riflanadi: Qattiq jismning ixtiyoriy o'qqa nisbatan inertsiya momenti uning shu o'qqa parallel va jism massalar markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti I_0 bilan jism massasining o'qlar orasidagi masofa kvadrati d^2 ga ko'paytmasi yig'indisiga teng, ya'ni:

$$I = I_0 + md^2 \quad (9)$$

Quyida trifilar mayatnik yordamida Shteyner-Guygens teoremasini tekshirishni qay yo'sinda amalga oshirish mumkinligini ko'rib chiqamiz. Buning uchun imkoniyati boricha massalari, shakllari tamomila bir xil jism olish kerak. Avvalo, bu jismlarni diskning o'rtasiga birining ustiga birini qo'yib, (7) formulaga asosan sistemaning inertsiya momenti topiladi:

$$I_3 = I_d + I_{j1} + I_{j2} \quad (10)$$

Bundagi I_{j1} va I_{j2} lar mos ravishda birinchi va ikkinchi jismning massalar markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momentlari. So'ngra ikkala jismni disk markazidan birday d uzoqlikda bir-biriga nisbatan simmetrik holda o'rnatib, jismlarning shunday vaziyati uchun sistemaning inertsiya momenti topiladi. Shteyner-Guygens teoremasiga asosan sistemaning bunday vaziyatdagi inertsiya momenti quyidagicha yozilishi mumkin:

$$I_4 = I_d + I_{j1} + I_{j2} + (m_1 + m_2)d^2 \quad (11)$$

(10) va (11) dan

$$I_4 - I_3 = (m_1 + m_2)d^2 \quad (12)$$

Bu tenglikning tajriba ma'lumotlari asosida bajarilishi Shteyner-Guygens teoremasining isboti bo'lib xizmat qiladi yani chap tomondagi hadlar ayrim ayrim tajribada aniqlanadi, o'ng tomondagi hadlar esa nazariy hisoblanadi. Agar bu tenglik bajarilsa, Shteyner-Guygens teoremasi bajarilgan deb hisoblanadi.

O'lchashlar va hisoblashlar

1. Inertsiya momenti aniqlanadigan jismlarning massalari m_1 va m_2 tarozida o'lchanadi va o'lchashdagi xatoliklar Δm_1 va Δm_2 aniqlanadi.

2. Bo'sh platformani (diskni) aylanma tebranma harakatga keltirib, uning 100 (yoki 50) marta to'liq tebranishiga ketgan vaqt kamida 3 marta o'lchanadi. O'lchash vaqtida tebranishlar amplitudasi 5^0-6^0 dan ortiq bo'lmasligi kerak. Bu vaqt asosida mayatnikning tebranish davri T_0 va (7) formula yordamida diskning inertsiya momenti I_d topiladi. (7) formulaga kirgan l , R va diskning massasi $m = m_0$ o'zgarmas bo'lib, qurilmada yozilgan.

3. Shundan so'ng diskning markaziga massasi oldin tortib topilgan jismlardan biri o'rnatiladi va yuqoridagidek o'lchashlar bajarilib, (7) formula yordamida sistemaning inertsiya momenti I aniqlanadi. So'ngra (8) formula yordamida jismning inertsiya momenti I_{j1} topiladi. So'ngra xuddi shu tartibda ikkinchi jism uchun I_{j2} aniqlanadi. Tajriba 3 marotaba bajariladi/

4. Birinchi jism ustiga ikkinchi jismini o'rnatib, uchinchi punktdagi o'lchashlar bajarilib, sistemaning shu holatdagi tebranish davri T_3 va inertsiya momenti I_1 aniqlanadi. Bunda (7) dagi m o'rniga $m_0+m_1+m_2$ massa ekanligi hisobga olinadi. Tajriba 3 marta o'tkazilib, o'rtacha natija olinadi.

5. Ikkala jismini disk markaziga nisbatan o'zaro simmetrik holda o'rnatib, yuqoridagidek sistemaning tebranish davri T_4 va inertsiya momenti I_2 topiladi. Tajriba 3 marta o'tkazilib, o'rtacha natija olinadi. O'lchash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

I-jadval

m	50 yoki 100 marta tebranish uchun ketgan vaqt				T, s	$I, kg \cdot m^2$
	t_1, s	t_2, s	t_3, s	t_4, s		
m_0						
$m_0 + m_1$						
$m_0 + m_2$						
$(m_0 + m_1 + m_2)$						
$m_0 + m_1 + m_2$						

I_0, I, I_1 va I_2 larni aniqlashdagi xatoliklar quyidagicha ifodadan foydalanib aniqlanishi mumkin:

$$\Delta I = I \sqrt{(\Delta m / m)^2 + (\Delta l / l)^2 + (2\Delta R / R)^2 + (2\Delta T / T)^2} \quad (13)$$

Bundagi I, m, T lar o'rniga sistemaning yukli va yuksiz holatlariga to'g'ri keluvchi qiymatlari qo'yiladi.

I, I_1, I_2 va $(I_2 - I_1)$ larni aniqlashdagi xatoliklar quyidagi ifodalardan foydalanib topiladi:

$$\Delta I_1 = \sqrt{(\Delta I_j)^2 + (\Delta I)^2} \quad (14)$$

$$\Delta (I_2 - I_1) = \sqrt{(\Delta I_1)^2 + (\Delta I_2)^2} \quad (15)$$

2. ($I_4 - I_3$) ayirmani nazariy yo‘l bilan hisoblashdagi xatolik quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$\Delta(I_4 - I_3) = (m_1 + m_2) d^2 \sqrt{\left(\frac{\Delta m_1 + \Delta m_2}{m_1 + m_2}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta d}{d}\right)^2} \quad (16)$$

Nazorat savollari:

1. Kuch yelkasi nima? Kuch momenti nima?
2. Inertsia momentining fizik ma‘nosi nima?
3. Shteyner-Guygens teoremasini ta‘riflang.
4. Qanday sharoitda trifilar mayatnikning burilma tebranishi gannonik tebranish bo‘ladi?
5. Bu qurilmada qanday jismlarning inertsia momentini aniqlash mumkin?
6. Bu vazifani yana qanday usullar bilan amalga oshirish mumkin?
7. Trifilar mayatnikning po‘lat simlari deformatsiyasi uning tebranish davriga qanday ta‘sir qiladi?
8. Hisoblash formulasini keltirib chiqaring.

Adabiyotlar

1. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1981, 1-т., §42, 44.
2. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1979, §52, 58.
3. Э.Н.Назирова ва бошқалар. Механика ва молекуляр физикадан практикум. «Ўқитувчи», 1979. 4-лаборатория иши.
4. В.И.Иверонова Физикадан практикум. Тошкент.: «Ўқитувчи» 1973. 11-вазифа.
5. J.Walker. Fundamentals of Physics.N.-Y.:2011.V, VI, VII. (102-152 p.).

17 – LABORATORIYA ISHI

G'ILDIRAKNING INERTSIYA MOMENTINI ANIQLASH

(Yuksiz va yukli hollar uchun)

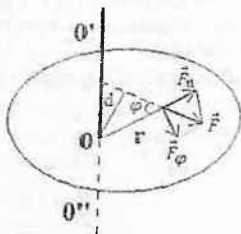
Kerakli asbob va materiallar: 1) gorizontal o'qqa o'rnatilgan g'ildirak (disk), 2) diskning ikki o'yma teshigiga o'rnatilgan juft yuklar, 3) shkiy gardishiga ip yordamida osiladigan yuklar to'plami, 4) ikkita sekundomer, 5) shtangentsirkul, 6) millimertli va santimetrli chizg'ichlar.

Qisqacha nazariya

Qattiq jismni aylanna harakatga keltirish uchun, uning biror nuqtasiga F tashqi kuchni shunday qo'yish kerakki, uning ta'sir chizig'i aylanish o'qiga parallel bo'lmasligi va shu o'qdan o'tmagan bo'lishi kerak. Faraz qilaylik, tashqi ta'sir etuvchi F kuch aylanishi o'qiga perpendikular bo'lgan tekislikda, aylanshi o'qidan r_1 masofada qo'yilgan bo'lsin (1- rasm). Bu holda qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan kuch momenti M shu kuchni kuch yelkasi ko'paytmasiga teng bo'lib, ushbu ifoda orqali aniqlanadi:

$$\vec{M}_1 = [\vec{r}_1 \cdot \vec{F}_1] \quad (1)$$

yoki uning moduli $M = rF\sin\alpha = Fd$. Bundagi $r\sin\alpha = d$ – kuch yelkasi deyiladi. Yoki $M = r \cdot F_\varphi$, bu yerda $F_\varphi = F\sin\alpha$. Qo'yilgan kuch ta'sirida qattiq jism aylanna harakat qilib, β burchak tezlanish oladi. Ma'lumki, burchak tezlanishning qiymati qattiq jismning shakli, xususiyatiga bog'liq bo'lgan va aylanish o'qiga nisbatan inertiya moment deb ataluvchi fizik kattalikda ham bog'liq bo'ladi.



1-rasm

Agar qattiq jismni fikran aylanish o'qida r masofada joylashgan massasi Δm bo'lgan juda ko'p mayda bo'laklarga, moddiy nuqtalarga ajratib qarasa, ajratib olingan ixtiyoriy nuqtaning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti son qiymati jihatidan nuqta massasi Δm_i ning aylanish o'qidan nuqtagacha bo'lgan masofaning kvadrati r_i^2 ko'paytmasiga teng, ya'ni:

$$\Delta I_i = \Delta m_i r_i^2. \quad (2)$$

Qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti esa, shu jismni tashkil etuvchi barcha moddiy nuqtalarning inertsia momentlarini yig'inalisiga teng, ya'ni:

$$I = \Delta m_1 r_1^2 + \Delta m_2 r_2^2 + \dots + \Delta m_n r_n^2 = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2 \quad (3)$$

Shunday qilib, jismning inertsia momenti uning faqat massasigagina bog'liq bo'lmasdan, balki massaning aylanish o'qiga nisbatan taqsimlanishiga (demak, nuqtaning aylanish o'qiga joylashishiga nisbatan) ham bog'liqdir. Qattiq jismning aylanma harakati uchun dinamikaning asosiy qonuniga asosan kuch momenti bilan inertsia momenti o'zaro quyidagicha munosabat orqali bog'langan:

$$\vec{M} = I \frac{d\vec{\omega}}{dt} = I \vec{\beta} \quad (4)$$

bu yerda ω -jismning burchak tezligi, $\beta = \frac{d\omega}{dt}$ -uning burchak tezlanishi. Demak, jismga ta'sir etuvchi kuchning momenti, uning inertsia momenti bilan burchak tezlanish ko'paytmasiga teng ekan. Ikkinchi tomondan kuch momenti harakat miqdori momentidan (impuls momentidan) vaqt bo'yicha olingan hosilasiga teng:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{N}}{dt} \quad (5)$$

Bu yerda $\frac{d\vec{N}}{dt}$ impuls momentining vaqt birligi ichida o'zgarishi. Bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi: agar inertsia momenti o'zgarish bo'lgan jismga, doimiy tashqi kuch momenti qo'yilgan bo'lsa, uning aylanish o'qiga nisbatan harakat miqdori

(impuls) momenti vaqt bo'yicha o'zgarib, jism aylanish o'qiga nisbatan o'zgarmas burchak tezlanish bilan harakatlanadi.

Jismning og'irlik markazidan o'tgan aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti I_0 - aniq bo'lsa, shu o'qqa parallel bo'lgan ixtiyoriy o'q uchun jismning inertsia momenti Shteyner-Guygens teoremasiga asosan

$$I = I_0 + md^2 \quad (6)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bu yerda m - jismning massasi, d - jismning og'irlik markazidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa. Bundan tashqari jismning inertsia momentini unga qo'shimcha m_0 yukni aylanish o'qidan d masofaga qo'yib ham o'zgartirish mumkin. Bu holda jismning inertsia momenti

$$I = I_0 + I_1 + md^2 \quad (7)$$

munosabat bilan aniqlanadi. Bu yerda I_1 - qo'shimcha yukning og'irlik markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inertsia momenti.

Bu ishni bajarishdan asosiy maqsad dinamikaning asosiy qonunini yuksiz va yukli g'ildirak (disk) uchun tajribada tekshirishdir hamda diskning inertsia momentlarining nazariy va tajriba yo'li bilan aniqlab, ularni taqqoslash va Shteyner-Guygens teoremasini tekshirib ko'rishdir.

Nazariy usul

Tajribada gorizontal o'qqa o'rnatilgan R - katta radiusli qalinligi b ga teng bo'lgan bir jinsli diskning va uni harakatga keltirish uchun ip yordamida yuk osilgan qo'shimcha r -radiusli va qalinligi l_1 ga teng bo'lgan shkiv bilan birgalikdagi inertsia momentini aniqlash kerak bo'ladi (1-rasm). Katta radiusli disk ikkita simmetrik aylanish o'qidan d - masofada joylashgan 2 ta R_1 radiusli maxsus o'yma teshik va R_2 radiusli chuqurligi l_2 ga teng bo'lgan o'ymadan iborat. Bunday murakab jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momentini topish uchun avval R va r radiusli yaxlit disk va shkivlarning inertsia momentlarini hisoblab ($I = I_1 + I_2$), so'ngra sistemaning o'ymalar o'rniga mos keluvchi inertsia momentlari I_3 va I_4 ni Shteyner-Guygens teoremasidan foydalangan holda hisoblab sistemaning inertsia momenti I dan ayirib topiladi:

$$I_0 = I - 2(I_3 + m_3 d^2) - I_4 \quad (8)$$

Bu yerda m_2 esa R_1 radiusli teshikchaga mos keluvchi g'ildirak disk materialidan yasalgan sterjenning massasi, d -o'yma teshiklarning markazi bilan diskning aylanish o'qi orasidagi masofa, I_3 -o'yma teshikchaga mos keluvchi sterjenning og'irlik markazidan o'tuvchi aylanish o'qiga nisbatan inertiya momenti. Bu (8) formuladagi inertiya momentlarining o'rniga massalari va radiuslari orqali qiymatlarni qo'yib quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I_o = \frac{1}{2} m_1 R^2 + \frac{1}{2} m r^2 - 2 \left(\frac{1}{2} m_3 R_3^2 + m_3 d^2 \right) - \frac{1}{2} m_2 R_2^2 \quad (9)$$

Bu formulaga kiruvchi massalarni zichlik ρ va hajm ifodalari orqali yozib quyidagini hosil qilamiz:

$$I_o = \frac{1}{2} \pi R^2 l \rho R^2 + \frac{1}{2} \pi r^2 l_1 \rho r^2 - 2 \left(\frac{1}{2} \pi R_1^2 l \rho R_1^2 + \frac{1}{2} \pi R_1^2 l \rho d^2 \right) - \frac{1}{2} \pi R_2^2 l_2 \rho R_2^2 = \frac{1}{2} \pi \rho [l(R^4 - 2R_1^4 - 2R_1^2 d^2) r^4 l_1 - R_2^4 l_2] \quad (10)$$

Bu yerda ρ - disk moddasining zichligi ($\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$),

R - katta diskning radiusi va l qalinligi,

R_1 - o'yma teshikning radiusi,

R_2 - shkiv radiusi va l_1 qalinligi,

R_2 esa l_2 - chuqurikli o'ymaning radiusi.

Disk va shkiv kichik radiusli temirdan yasalgan o'qqa o'rnatilgan va uning inertiya momenti o'qining radiusi r kvadratiga proporsionalligidan va $r \ll R$ bo'lganligidan va dickning inertiya momentiga nisbatan juda kichikligidan uni nazarga olmaymiz. Bundan tashqari shkiv radiusi va o'yma teshikning radiusi ham disk radiusidan kichikligini va ularning disk inertiya momentiga beradigan hissasi 0,5% dan kamligini e'tiborga olib, (10) formulani shu aniqlik bilan quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$I_o = \frac{1}{2} \pi \rho [l(R^4 - 2R_1^2 d^2) - R_2^4 l_2] \quad (11)$$

Shunday qilib, disk va o'yma teshik va o'ymaning radiusi va ularni qalinligini bilgan holda (11) formuladan yuqoridagi uslubga asosan yuksiz diskning inertiya momenti aniqlanadi.

Agar ikki o'yma teshiklar ichiga biror metallardan yasalgan silindr shaklidagi yuklarni joylashtirsak, u holda Shteyner-Guygens

teoremasiga asosan diskning inertsiya momenti ortib quyidagiga teng bo'ladi:

$$I' = I_0 + 2I_3 + 2m_0d^2 \quad (12)$$

Bu yerda I_0 —yuksiz diskning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti, I_3 —diskka o'rnatilgan yukning og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti, m_0 — bitta yukning massasi, d — teshik markazidan aylanish o'qi markazigacha bo'lgan masofa, (12) formuladagi I_0 o'rniga $\frac{1}{2}m_0r_0^2$ ni qo'yib

$$I' = I_0 + m_0r_0^2 + 2m_0d^2 \quad (13)$$

ni hosil qilamiz. Bu yerda r_0 — metall silindrning radiusi. Shunday qilib, o'yma teshikchaga qo'yiladigan yukning massasi va uning radiusini aniqlab, (13) formuladan yukli diskning inertsiya momentini berilgan eksperimental sistema uchun aniqlash mumkin.

Ishda (11) va (13) formulalardagi kattaliklarni o'lchab, shu formulalar yordamida yuksiz disklarning inertsiya momentlari anqlanadi.

Bu kattaliklar dinamik usulda aniqlangan kattaliklar bilan taqqoslanib xulosalar qilinadi.

Dinamik usul

G'ildirak disk ishqalanishni kamaytirish maqsadida podshipniklar yordamida gorizontaal o'qqa o'rnatilgan (2-rasm). Shkivga ip orqali m massali yuk ilinib, maxsus ochilib yopiladigan supachaga qo'yiladi (3-rasm). Supachani ochsak, disk ipning taranglik kuchi

$$F = mg - ma \quad (14)$$

ta'siri ostida aylanma harakatga keladi. Bu yerda a — yukning tushish tezlanishi. Disk burchak tezligi ω vaqt bo'yicha ortib,

$$\beta = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{t} \quad \text{yoki} \quad \beta = \frac{\omega}{t} \quad (15)$$

ga teng bo'lgan o'zgarma burchak tezlanish bilan aylanma harakat qiladi.

Shkiv gardishning chiziqli tezligi

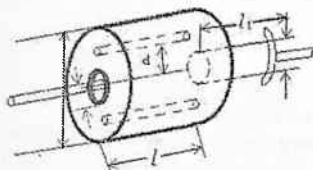
$$v = \omega \cdot r \quad (16)$$

va yukning tushish tezligi

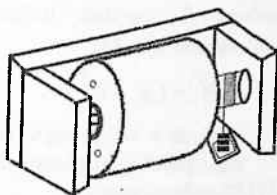
$$v = a \cdot t \quad (17)$$

bir-biriga teng bo'lib, u yukning tushish tezlanishi

$$a = \frac{2h}{t^2} \text{ ni} \quad (18)$$



2-rasm



3-rasm

tushish balandligi va tushish vaqti t ni bilgan holda aniqlab bo'ladi:

$$v = at = \frac{2h}{t^2} t = \frac{2h}{t} \quad (19)$$

Bu (17), (18), (19) formulalardagi a tezlanish r radiusli shkiv gardishidagi nuqtalarning tangensial tezlanishga teng, yoki

$$a = \beta \cdot r \quad (20)$$

Tezlanishning o'rniga (18) formuladagi ifodani qo'yib

$$\beta r = \frac{2h}{t^2} \text{ yoki } \beta = \frac{2h}{r \cdot t^2} \quad (21)$$

formuladan burchak tezlanishini yukning tushish balandligi va tushish vaqti t ni hamda shkiv radiusi o'lchab aniqlanadi.

Aylanma harakat dinamikasi asosiy qonunidan burchak tezlanish

$$\beta = M/I \quad (22)$$

Bu yerda

$$M = M_1 - M_2 \quad (23)$$

bo'lib, M_1 -ipning shkivga ko'rsatilgan taranglik kuchi F ning momenti

$$M_1 = Fr = \left(mg - m \frac{2h}{t^2} \right) r \quad (24)$$

M_2 – esa podshipniklardagi ishqalanish va havoning qarshiligi kuchlarining momenti bo‘lib, M_1 ga qarama-qarshi yo‘nalgan.

Ishqalanish kuchlari yukning tushish tezligiga va g‘ildirakning burchak tezligiga bog‘liq emas deb faraz qilamiz. Yukning ta’sir kuchi to‘xtagandan keyin g‘ildirak - disk faqat ishqalanish kuchi hisobiga β_1 burchak tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan harakatlanadi. U holda

$$M_2 = I_0 \beta_1 = I_0 \frac{\omega}{\tau} \quad (25)$$

bu yerda τ - diskning to‘liq to‘xtashga ketgan vaqt.

Agar yukning polga tushish vaqtidagi burchak tezligi (16) va (19) formulaga asosan

$$\omega = \frac{2h}{\tau t} \quad (26)$$

ga teng bo‘lsa, (22) formulani (21), (23), (24), (26) formulalarni hisobga olgan holda quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{2h}{t^2 r} = \frac{mgr - m \frac{2h}{t^2} r - I_0 \frac{2h}{rtt}}{I_0} \quad (27)$$

Bu (27) formuladan g‘ildirak - diskning inertsiya momenti uchun quyidagi

$$I_0 = \frac{mr^2 \left(g - \frac{2h}{t^2} \right)}{2h \left(\frac{1}{t^2} + \frac{1}{t\tau} \right)} \quad (28)$$

ifodani topamiz. (28) formulaning surat va maxrajini $2h$ ga bo‘lib, tajribadan diskning inertsiya momentini hisoblashni osonlashtirish uchun quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$I_0 = \frac{mr^2 \left(\frac{g}{2h} - \frac{1}{t^2} \right)}{\left(\frac{1}{t^2} + \frac{1}{t\tau} \right)} \quad (29)$$

Ikkinchi holda qo'shimcha yukli holda disk - g'ildrakning inertsia momenti aniqlanadi.

Agar diskdagi teshiklarga yuklar joylashtirilsa, uning inertsia momenti ortadi. Natijada yukning tushish va diskning to'xtash vaqtlari mos ravishda o'zgaradi. U vaqtda inertsia momenti (29) ga binoan quyidagicha aniqlanadi:

$$I_0 = \frac{mr^2 \left(\frac{g}{2h} - \frac{1}{t^2} \right)}{\frac{1}{(t)^2} + \frac{1}{t\tau}} \quad (30)$$

(29) va (30) formula, shkiyga osiladigan har xil massali m yuklar uchun birday o'rindir.

O'lchashlar

(1- dinamik usul)

1. Millimetrlri chizg'ich bilan diskning qalinligi l , katta radiusi R ni va uning o'yma teshikning radiusi R_1 ni, disk yonidagi o'ymaning radiusi R_2 ni va uning chuqurligi l_1 ni shtangensirkul bilan besh martadan o'lchab, ularning o'rtacha qiymati olinadi. Olingan natijalar 1- jadvarga yoziladi.

1-jadval

№	R	l	R_1	R_2	l_1	ΔR	Δl	ΔR_1	ΔR_2	Δl_1
1										
n...										

2. Diskning o'yma teshigiga joylashtiriladigan yukning hamma detallarining massasi m_{oi} yozib olinadi va ularning yig'indisi m_0 aniqlandi. O'yma teshik markazi bilan aylanish o'qi orasidagi masofa

$$d = R_1 + r_1 + l_0$$

formuladan aniqlash qulay. Bu yerda l_0 - o'yma bilan o'q orasidagi masofa, R_1 va r_1 - metall silindrning radiusi 3 marta o'lchanadi va ularning natijalari 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

No	r_1	l	d	m_0	Δr	Δd	Δm	ΔI_0
1.								
n...								

3. Santimetrli chizg'ich bilan supachadan polchaga bo'lgan masofa h uch marta o'lchanadi.

4. Yuksiz va yukli disk uchun har xil massali m yuklarni ipga osib, ularning har birini harakatlantirib polga urilishgacha vaqti t va diskning to'la to'xtash uchun ketadigan vaqti τ kamida uch martadan aniqlanadi. Olingan natijalar quyidagi 3-jadvalga yoziladi.

3-jadval

No	Yuklar massalar	t				τ				I_{oi}	\bar{I}_0	$\Delta \bar{I}_0$	ε
		t_1	t_2	t_3	\bar{t}	τ_1	τ_2	τ_3	$\bar{\tau}$				
1.													
2.													
3.													
n...													

Hisoblashlar

1. Yukli va yuksiz disk uchun 1 va 2-jadvaldan olingan kattaliklarning o'rtacha qiymatlarini (11) va (13) formulalarga qo'yib nazariy yo'l bilan uning inertiya momentlari I_0 va I'_0 hisoblanadi.

2. Yukli va yuksiz disk uchun tajribada o'lchangan kattaliklarning o'rtacha qiymatlarini 3-jadvaldan olib (29) va (30) formulalarga qo'yib, uning inertiya momentlari I_0 va I'_0 hisoblanadi.

3. Inertiya momentlarini aniqlashdagi absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.

4. Nazariy va dinamik usulda topilgan inertiya momentlarining ishonch intervali $(\bar{I}_0 \pm \Delta \bar{I}_0)$ da o'zaro teng bo'lishi tekshiriladi.

5. Natijaning nisbiy xatoligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{I}}{\bar{I}} \cdot 100\%$$

6. Nazariy va dinamik usulda topilgan inertsiya momentlari har ikki hol uchun taqqoslanadi.

Nazorat savollari:

1. Burchak tezlanish nima?
2. Inertsiya momenti deb nimaga aytiladi?
3. Aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti, kuch momenti, harakat miqdori momenti deganda nima tushuniladi?
4. Shteyner-Guygens teoremasini yozing va uni isbotlang?
5. Dinamikaning asosiy qonunining mohiyatini tushuntiring?
6. Diskga ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchi yukning tushish tezligiga qanday bog'langan?
7. Ixtiyoriy geometrik shakldagi jismning inertsiya momenti qanday aniqlanadi?

Adabiyotlar:

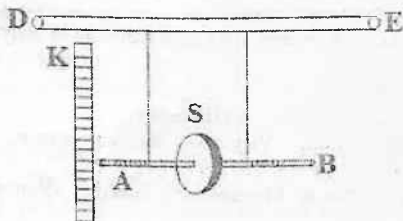
1. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1981, 1т., §42, 44.
2. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1979, §52, 58.
3. В.И. Иверонова. Физикадан практикум: Механика ва молекуляр физика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1973, 85-90 б.
4. Э.Н.Назирова ва бошқалар. Механика ва молекуляр физикадан практикум. «Ўқитувчи», 1979. 4-лаборатория иши.
5. J.Walker. Fundamentals of Physics.N.-Y.:2011.V, VI, VII. (102-152 p.).

18- LABORATORIYA ISHI MAKSVELL MAYATNIGINING HARAKATINI O'RGANISH

Kerakli asbob va materiallar: 1) qurilma, 2) 2 ta sekundomer, 3) mashtabli chizg'ich.

Qisqacha nazariya

Ishning maqsadi - Maksvell mayatnigi misolida qattiq jism yassi harakatining qonuniyatlari bilan tanishishdir. Maksvell mayatnigi ingichka simmetrik AB metall sterjenga mahkamlangan S diskdan iborat (1- rasm). DE plankadagi ikkita teshikcha orqali o'tkazilgan mustahkam kapron ip (yoki maxsus ip) sterjen uchlariga bog'langan. Ip bir tekis ketma-ketlikda (o'q ustidan disk tomon) sterjenga o'raladi. Harakatlanayotgan disk o'qining vaziyati va balandligi K shkala orqali aniqlanadi.

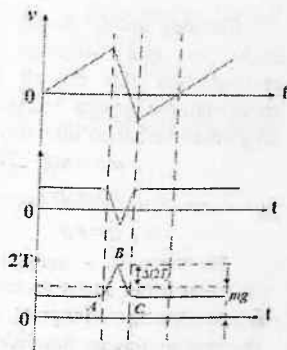


1-rasm

Agar disk yuqori vaziyatdan bo'shatilsa, u og'irlik kuchi ta'sirida pastga qarab ilgari lanma va o'z simmetriya o'qi atrofida aylanma harakat qilib tusha boshlaydi. Disk harakatlanishining pastki nuqtasiga yetganda inertsiya tufayli aylanishda davom etib yuqoriga ko'tarila boshlaydi va ip sterjenga qaytadan o'rala boshlaydi. Ko'tarilish vaqtida disk harakati sekinlashadi, biror balandikka yetganda to'xtaydi va yana pastga qarab harakatlanadi. Shu tariqa inertsiya tufayli disk pastga va yuqoriga qarab mayatnik kabi tebranma harakterga ega bo'lgan harakat qila boshlaydi.

Maksvell mayatnigi harakatining bir siklini shartli ravishda uch bosqichga bo'lish mumkin: pastga tushish (I), urilish (II) va yuqoriga ko'tarilish (III). Harakat vaqtida mayatnik o'qi

nuqtasining tezlik va tezlanish o'zgarishlar 2-rasmda ko'rsatilgan. Shunga asosan, mayatnikka ta'sir qiluvchi kuchlar ikkiga bo'linadi: biri tushishi va ko'tarilishidagi uzoq vaqt ta'sir qiluvchi kuch va ikkinchisi urilishidagi qisqa vaqt ta'sir qiluvchi kuch vaqt bo'yicha o'zgarmaydi. «Urilish» vaqtida esa kuch keskin oshib, so'ng keskin kamayadi. Mayatnik tushayotgan vaqtidagi urilishni oddiy sharchaning polga urilish



2-rasm

bilan taqqoslash mumkin emas. Sharchaning polga urilishidagi kinetik energiyasi elastik deformatsiya potensial energiyasiga to'liq aylanadi. Mayatnik urilayotgan vaqtda esa bu narsa kuzatilmaydi. Urilgandan so'ng aylanma harakat kinetik energiyasi qoladi. Bu energiya urilish oldidan paydo bo'lgan ilgariylanma harakat kinetik energiyasidan ancha kattadir.

Mayatnik harakatining nazariyasi

Mayatnik harakati vaqtida iplarning holatini ko'rib chiqaylik. Harakat og'irlik kuchi va iplarning taranglik kuchlari ta'sirida bo'lgani uchun mayatnikning turg'un harakati (chayqalmasdan) iplar faqat vertikal tekislikda joylashgandagina sodir bo'ladi. (3-rasm). Agar iplar vertikal tekislikdan chetlashsa, taranglik kuchlarining gorizontaal tashkil etuvchisi hosil bo'lib, ipni vertikal holatga qaytaradi, ya'ni tebranma harakat—“lapanglash” yoki chayqalish sodir bo'lib, uning tebranish davri mayatnik ipining uzunligiga bog'liq bo'ladi.

Bu holat mayatnik yuqoriga ko'tarilayotganda sodir bo'ladi. Ya'ni, iplar vertikal tekislikdan chiqib ketadi. Boshlang'ich sozlangan holatda iplar vertikal tekislikda bo'ladi va shuning uchun mayatnikning pastga tushishi tebranishsiz (chayqalishsiz) o'tadi. Bunda mayatnik massa markazi ipning osilish nuqtasi ostida bo'lmaydi.

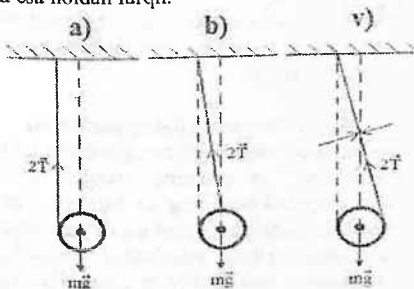
Shunday qilib, mayatnik harakatiga havoning ishqalanish kuchi va ipni yuqoriga harakatlanayotgandagi vertikaldan chetlashishini (bu deyarli kam) hisobga olmasak, Maksvell mayatnigining pastga va yuqoriga qarab qilayotgandan harakat tenglamasi bir xil bo'lib u quyidagiga teng:

$$ma = mg - 2T \quad (1)$$

$$I\beta = 2rT \quad (2)$$

$$a = r\beta \quad (3)$$

Bu yerda m – mayatnik massasi; I –mayatnikning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti; r –mayatnik o'qining radiusi; T –bitta ipning taranglik kuchi; g –og'irlik kuchi tezlanishi; β – mayatnikning burchak tezlanishi. Garchi bu tenglamalar birinchi (I) va uchinchi (III) bosqichlarda o'rinli bo'lsada, boshlang'ich shartlar bu bosqichlarda har xildir. Tushayotganda mayatnik massa markazining boshlang'ich tezligi nolga teng, ko'tarilishda esa noldan farqli.



3 – rasim

Yuqoridagi (1), (2), (3) tenglamalardan

$$a = g / (1 + I/mr^2) \quad (4)$$

kelib chiqadi.

Mayatnik inertsiya momenti $I = kmR^2$ desak ($k = 1/2$ -o'lchamsiz kattaliklar, R – disk radiusi). U holda $I/mr^2 = k(R/r)^2 \gg 1$, chunki $R \gg r$ va mayatnik tezlanish $a \ll g$ bo'lib, iplarning tarangligi esa

$$2T = m(g - a) \quad (5)$$

ga teng bo'lib, mayatnik og'irligi mg ga yaqinroq bo'ladi. Tekis tezlanuvchan harakatda (1 bosqichda) tezlanish

$$a = 2h_1 / t_1^2 \quad (6)$$

bo'ladi. Bunda $t_1 - h_1$ masofani bosib ketgan vaqt, u holda (4) va (6) tenglamalardan tajriba natijalari yordamida mayatnik inertsia momentini aniqlash mumkin:

$$I = mr^2(g/a-1) = mr^2(gt_1^2/2h_1-1) \quad (7)$$

Mayatnik massa markazini urilishidan oldingi tezligi esa

$$g_1 = gt_1 = 2h_1 / t_1 \quad (8)$$

bo'ladi.

Urilishdan so'ng mayatnik ko'tarilayotganda (III-bosqichda) u tekis sekunlanuvchan harakat qilib, xuddi pastga tushayotgan kabi a tezlanishga ega bo'ladi. Ko'tarilishda mayatnik massa markazining harakat tezligi quyidagicha bo'ladi:

$$g = g_2 - at \quad (9)$$

Bunda v_2 - mayatnik yuqoriga ko'tarila boshlagandagi boshlang'ich tezlik, t -shu harakat boshlangandan keyin o'tgan vaqt, v_2 - tezlik aylanayotgan mayatnik harakat trayektoriyasining eng past nuqtasida aylanma harakat inertsiyasi tufayli hosil bo'ladi. Bu aylanish natijasida iplar sterjenga qayta o'rala boshlaydi va mayatnik yuqoriga ko'tarila boradi.

Agar mayatnik ko'tarila borib to'xtaguncha ketgan vaqtni t_2 desak, ko'tarilishidan oldingi boshlang'ich tezlik

$$v_2 = at_2 = 2h_2 / t_2 \quad (10)$$

bo'ladi. Ko'tarilishdagi a tezlanish ko'tarish balandligi h_2 bilan xuddi (6) ga o'xshash bog'langan, ya'ni

$$a = 2h_2 / t_2^2 \quad (11)$$

Tushish va ko'tarilishda tezlanishlar bir xil bo'lishi kerak. h_2 masofa h_1 masofadan albatta kichik bo'ladi. Bu masofalarni farqi harakatning bir sikl davomida mexanik energiyaning kamayishini ko'rsatadi, ya'ni

$$\Delta W_{\text{max}} = mg(h_1 - h_2)$$

Umuman energiyaning kamayishi urilish vaqtidagi iplarda sodir bo'ladigan noelastik proseslar hisobiga va mayatnikning havo bilan ishqalanishi natijasida ro'y beradi. Mayatnikning havo bilan ishqalanish kamligidan energiya asosan urilish momentida

yo'qoladi deyish mumkin va bu yo'qolish kinetik energiyani kamayishiga teng, ya'ni

$$\Delta W_{\text{max}} = \Delta W_{\text{or}} = \bar{W}_{12} - \bar{W}_{12}$$

Mayatnik kinetik energiyasi, uning ilgari lanma va aylanma harakat kinetik energiyalarining yig'indisiga teng, ya'ni

$$W_k = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{I\vartheta^2}{2r^2} = \frac{m\vartheta^2}{2}(1 + I/mr^2) \quad (12)$$

bo'lib, bunda $\omega = \vartheta/r$ – mayatnik burchak tezligi. $I/mr^2 \gg 1$ va ilgari lanma harakat bilan bog'langan kinetik energiya ($m\vartheta^2/2$) aylanma harakat energiyasi ($I\omega^2/2$) dan yetarlicha kichikligi Maksvell mayatnigi harakatning xarakterli (asosiy) belgisidir.

Maksvell mayatnigining yana bir xususiyati urilish vaqtida energiyaning kam yo'qolishidir, ya'ni $\Delta W_{\text{or}} \ll W_k$, bo'lib, tiklanish koeffitsienti $k = v_2/v_1$ ni birga yaqin bo'lishidir. Shuning uchun bu sistema yuqoridan–pastga va pastdan–yuqoriga qarab ko'p marta, siklik ravishda ro'y beruvchi tebranma harakat qiladi.

Endi mayatnik harakatining pastki nuqtasidagi urilish bosqichini ko'raylik. Urilish bosqichida o'zaro ta'sirlashuvchi kuchlar qisqa vaqt ichida keskin o'zgaradi. Bu kuchlar avvaliga oshib, so'ng kamayadi. Bu kuchlarning vaqtida bog'liqligi noma'lumligidan harakat tenglamasini aniq ko'rinida yozish mumkin emas.

Urilish natijasida kuch impulsi bilan mayatnik impulsining o'zgarishi orasidagi munosabatni ifodalovchi formuladan foydalaniladi:

$$S = \int_0^{\Delta t} F(t)dt = \Delta(mv) = m(v_2 - v_1) \quad (13)$$

bunda m – urilayotgan jism massasi, v_1 va v_2 urilishdan oldingi va urilishdan keyingi tezliklar, $F(t)$ – urilish vaqtida jisimga ta'sir qiluvchi kuch, Δt – urilish vaqti.

Biz ko'rayotgan hol uchun urilish vaqtida iplar taranglik kuchi $2T$ ning keskin oshishi kuzatiladi. Bu kuchning o'zgarishi $2a$ –rasmda ko'rsatilgan. Urilish vaqtida mayatnik tezligining yo'nalishi o'zgargani uchun impuls o'zgarishi $m(v_1 + v_2)$ bo'lib, u mayatnika $F(t) = 2(T)_{\text{il}} - mg$ kuchning impulsi ta'siri natijasida sodir

bo'ladi. Mayatnik pastga va yuqoriga (I va III bosqichlar) harakatlangan vaqtida iplarning taranglik kuchi mayatnik og'iriligidan kam farq qiladi, ya'ni $(2T)_{I,III} \approx mg$ va tezlanish $a_{I,III} \ll g$ bo'lgani uchun kuch taqriban

$$F(t) = (2T)_{II} - (2T)_{I,III} \approx \Delta(2T)$$

deyish mumkin. Shunday qilib, urilish vaqtida mayatnikka ta'sir qiluvchi kuch impulsi

$$S = m(v_1 + v_2) = F_{\text{otn}} \Delta t = \int_0^{\Delta t} \Delta(2T) dt \quad (14)$$

bo'lib, 2 - a-rasmdagi ABC egri chiziq bilan chegaralangan yuza orqali ifodalanadi. Urilish vaqtida mayatnik burchak tezligi deyarli o'zgarmaydi (energiya yo'qotish kam). Shu vaqtda mayatnik o'rtacha ω_{otn} burchak tezlik bilan harakatlanadi deyish mumkin, ya'ni

$$\omega_{\text{otn}} = \frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2} = \frac{(\vartheta_1 + \vartheta_2)}{2r} \quad (15)$$

bo'lib, u holda urilish vaqti

$$\Delta t = \frac{\pi}{\omega_{\text{otn}}} = \frac{2\pi r}{\vartheta_1 + \vartheta_2} \quad (16)$$

bo'ladi va (14) va (16) lardan kuchning o'rtacha qiymati esa

$$F_{\text{otn}} = \frac{m(v_1 + v_2)}{\Delta t} = \frac{m(v_1 + v_2)}{2\pi r} \quad (17)$$

ga teng.

Endi urilish vaqtida mayatnik harakatining soddalashtirilgan manzarasini ko'raylik. Iplar sterjendan to'la bo'shatilganda urilish boshlanadi (3-rasm). Bu vaqtda iplar o'tkazilgan sterjendagi teshik gorizontol holatda bo'lib urilish yarimta aylanishda tamom bo'ladi (yoki yangi o'ralish boshlanishda tamom bo'ladi). Iplar cho'zilmas desak, taranglik kuchlarini oshishi natijasida ipning qo'shimcha cho'zilishi h ni sterjeni radiusi r dan ancha kichik deb qarash mumkin:

$$h \ll r \quad (18)$$

Yuqoridagi mulohazalarga asosan mayatnik massa markazi yuqoridan-pastga va pastdan-yuqoriga $h = h_0 \cdot r \sin \omega_{\text{otn}} t$ qonuniyat bilan harakat qiladi. Bunda h_0 urilish boshlanishidan oldingi massa

markazining vertikal koordinatasi. Vaqt urilishi boshlanishidan hisoblanadi. Shuning uchun urilish vaqtida mayatnikka ta'sir qiluvchi kuch

$$F(t) = \Delta(2T) = ma = \frac{m d^2 h}{dt^2} = m \omega_{\omega, \pi}^2 r \sin \omega t \quad (19)$$

$$[\Delta(2T)]_{\max} = m \omega_{\omega, \pi}^2 r = \frac{m(\vartheta_1 + \vartheta_2)^2}{4r} = \frac{\pi F_{\omega \pi}}{2} \quad (20)$$

Demak, urilish iplar taranglik kuchining maksimal oshishi ta'sir kuchi o'rtacha qiymatidan $\pi/2$ marta katta ekan.

Ip o'ralgan sterjen radiusi ip uzunligidan ancha kichikligi natijasida mayatnik iplari vertikal tekislikdan kam og'adi, ya'ni $\varphi_{\max} \leq 2r/h \ll 1$ bo'lib, taranglik kuchi $2T$ kuchining uncha katta bo'lmagan gorizontal tashkil etuvchisi mayatnik massa markazini shu vaqti ichida vertikal vaziyatdan chetlashishiga yo'l qo'ymaydi. 3-rasmda mayatnik o'qining urilish vaqtidagi uchta ketma-ket holatlari ko'rsatilgan: a) urilish boshida, b) urilish o'rtasida, v) urilish oxirida. Urilish natijasida iplarning og'ishi oz bo'lsa ham mayatnik o'qining chayqalishiga sabab bo'ladi (III bosqich ko'tarilishda).

O'lchashlar

1. Qurilma vertikal holdaligiga ishonch hosil qilinadi. Mayatnik vertikal bo'yicha harakatlanganida chayqalishga yo'l qo'ymaslik kerak. Shuning uchun ipni o'ralishi – sterjen uchidan disk tomon ketma-ketlikda bo'lishi kerak. Agar iplar ustma-ust o'raladigan bo'lsa yoki chayqalishlar sodir bo'lsa, o'lchashlarni to'xtatib, qaytadan boshlash kerak.

2. Biror balandlikdan urilishgacha bo'lgan masofa h_1 o'lchanadi. Shu masofadan mayatnik bo'shatilishi bilan oq sekundomer yurgazilib tushish vaqti t_1 o'lchanadi. Mayatnik urilib ko'tarila borish bilan ikkinchi sekundomer yurgaziladi va ko'tarilishning yuqori nuqtasida to'xtatilib, t_2 vaqt o'lchanadi. Sekundomer to'xtalishi bilan birgalikda mayatnik ko'tarilgan balandlik h_2 o'lchanadi (bunda mayatnikni qo'l bilan to'xtatib qolish mumkin). h ni o'zgarimas saqlagan holda t_1 , t_2 va h_2 larni

kamida besh martadan o'lchab, ularning o'rtacha qiymatlari hisoblanadi.

3. (6) va (11) ifodalardan foydalanib, mayatnikni tushish-chiqishidagi tezlanishi a hisoblanadi va uning o'rtacha qiymati topiladi.

4. (8) va (10) dan mayatnikni urilishdan oldingi va urilishdan keyingi tezliklari va tiklanish koeffitsienti $k = v_2/v_1$ topilib, ularning o'rtacha qiymatlari aniqlanadi.

5. (7) ifodadan mayatnikning inertiya momenti I topilib, uning aniqlanishdagi xatoligi hisoblanadi. So'ngra u disk materiali va geometrik o'lchovlarni bilgan holda nazariy usul bilan hisoblangan I_n qiymati bilan taqqoslanadi.

6. (16) tenglamadan urilish vaqti Δt hisoblanadi.

7. (20) tenglamadan urilish vaqtidagi ip taranglik kuchining maksimal o'zgarishi $(\Delta(2T))_{\max}$ topilib, mayatnik og'irligi mg bilan taqqoslanadi.

8. Olingan natijalar 1 va 2 jadvalga yoziladi.

1-jadval

No	h_1	t_{1i}	h_{2i}	t_{2i}	\bar{h}_2	a_i	\bar{a}_i	a_{ch}	\bar{a}_{sh}	$\bar{a} = (\bar{a}_i + \bar{a}_{sh})/2$
1.										
2.										
3.										

2-jadval

No	g_{1i}	\bar{g}_1	g_{2i}	\bar{g}_{2i}	$k = g_{2i} / g_{1i}$	I_i	I	I_{naz}	Δt_i	$\Delta \bar{t}$	$[\Delta(2T)]_m$
1.											
2.											
3.											

O'lchash xatoliklari umumiy qonuniyatlar asosida hisoblanib, natijalar quyidagicha ko'rinishda berilishi kerak.

$$a = \bar{a} \pm \Delta a$$

$$v_1 = \bar{v}_1 \pm \Delta v$$

$$v_2 = \bar{v}_2 \pm \Delta v$$

$$k = \bar{k} \pm \Delta k$$

$$I = \bar{I} \pm \Delta I$$

Nazorat savoiilari:

1. Mayatnik nima?
2. Nima uchun mazkur qurilma mayatnik deb ataladi?
3. Inertsiya momenti deb nimaga aytiladi?
4. Dumalanish radiusi nima va uning jismning aylanma harakatidagi roli qanday?
5. Ham aylanma, ham ilgarilanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi nimaga teng?
6. Ishqalanish kuchlarining aylanma harakatidagi momenti nimaga teng?
7. Tiklanish koeffitsienti nima va uni ma'nosini ayting.
8. Mayatnik harakati uchun saqlanish qonunlarini yozing.
9. Mayatnik harakatida gorizontal tebranishlar hosil bo'lishiga qanday sabablar mavjud?

Adabiyotlar:

1. Л.Г.Дуденко и др. Общий физический практикум. Механика. МГУ. 1991, стр. 270.
2. С.П.Стрелков. Механика. «Ўқитувчи». 1977, §58.
3. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. М.: Наука, 1963, Гл. VI, §41.
4. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси, Механика. Тошкент: Ўқитувчи, §1984, 33,34,36, 47, 48.
5. J.Walker. Fundamentals of Physics.N.-Y.:2011.V, VI, VII. (102-152 p.).

19-LABORATORIYA ISHI QATTIQ JISMLARNING AYLANMA HARAKAT QONUNLARINI OBERBEK MAYATNIGIDA TEKSHIRISH

Kerakli asbob va materiallar: 1) Oberbek mayatnigi, 2) yuklar to'plami, 3) sekundomer, 4) shtangensirkul, 5) millimetrli chizig'ich, 6) millimetrli qog'oz.

Qisqacha nazariya

Ma'lumki, ilgarilanma harakat hoida jismga ta'sir qiluvchi kuch, jism massasi va shu kuch ta'sirida jism oladigan tezlanishni o'zaro bog'laydigan ifoda

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1) \quad \text{edi.}$$

Aylanish o'qiga ega bo'lgan jismni aylanma harakatga keltirish uchun unga biror kuch ta'sir etishi kerak. Lekin jism har qanday yo'nalishdagi kuch ta'sirida ham aylanma harakatga kelavermaydi. Tajribalarning ko'rsatishicha, miqdorlari ayuan bir xil, lekin yo'nalishlari turlicha bo'lgan kuchlar ta'sirida jismning aylanishi turlicha bo'ladi. Masalan, kuchning ta'sir yo'nalishi aylanish o'qiga parallel yoki aylanish markazidan o'tadigan hollarda jism harakatlanmaydi. Umaman, jismning o'q atrofida harakat tavsifini kuchning o'qqa nisbatan momenti belgilaydi.

Jismning biror A nuqtasiga \vec{F} kuch ta'sir qilayotgan bo'lsin (38-rasm). Bu kuchning shu o'qqa nisbatan momenti M deganda O nuqtadan kuchning qo'yilish nuqtasiga o'tkazilgan radius vector \vec{r} bilan kuchning vector ko'paytmasi tushuniladi:

$$\vec{M} = [\vec{r} \cdot \vec{F}] \quad (2)$$

M ning moduli esa

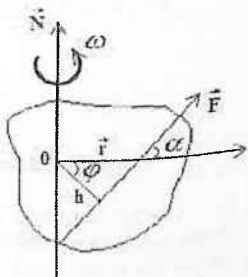
$$M = F \cdot r \sin \alpha = Fh \quad (3)$$

ifoda yordamida aniqlanishi mumkin. Bunday h kuchning O nuqtaga nisbatan yelkasi deyiladi. $\alpha - \vec{r}$ va \vec{F} vektorlar orasidagi burchak. \vec{M} vektorning yo'nalishi o'ng parma qoidasiga asosan topiladi. Agar parma dastasini o'q atrofida \vec{r} vektordan \vec{F} vektorga qarab soat strelkasi bo'yicha kichik burchak yo'nalishida buralsa, parmaning yo'nalishi \vec{M} vektorning yo'nalishini ko'rsatadi.

Jismning o'q atrofidagi aylanma harakati chiziqli tezlanish emas, balki burchak tezlanish β xarakterlanadi. Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni jismga ta'sir qiluvchi kuch momenti bilan burchak tezlanishini bog'laydi:

$$\vec{M} = I \cdot \vec{\beta} \quad (4)$$

Bu ifodaga kirgan I kattalik jismning aylanish o'qiga nisbatan



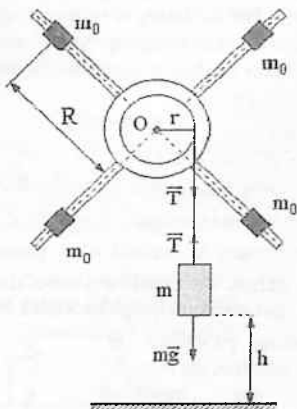
1-rasm

inertsiya momenti deyiladi. I kattalikning qiymati jism massasi bilan uning aylanish o'qiga nisbatan qanday taqsimlanganligiga bog'liq bo'lib, uning son qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanishi mumkin:

$$I = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2 \quad (5)$$

Agar jism bir necha bo'lakdan iborat bo'lsa, uning inertsiya momenti tarkibiy qismlarining inertsiya momentlari yig'indisiga teng bo'ladi.

Bu ishni bajarishdan maqsad aylanma harakat dinamikasining qonunini eksperimentda tekshirishdir.



2 - rasm

Uslubning nazariyasi va eksperimental qurilma 1-usul

Oberbek mayatnigi gorizontaal o'q atrofida kichik ishqalanish bilan aylanuvchi markaziy silindrga mahkamlangan o'zaro tik to'rtta sterjendan iborat (2-rasm). Massalari bir xil bo'lgan to'rtta yuk bu sterjenlarda ko'chib yura oladi va kerakli joyda mahkamlanish mumkin. Mayatnik shkiyga bir tekis qilib o'ralgan

ip uchiga osilgan yuk ta'sirida aylanma harakatga keltiriladi. Ushbu qurilma uchun aylanma harakat dinamikasining asosiy qonunini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\beta = \frac{M - M_i}{I} \text{ yoki } M = I\beta + M_i \quad (6)$$

bunda

$$I = I_0 + I_{01} + m_0 d^2 \quad (6')$$

M -sistemani aylantiruvchi tashqi kuchlarning momenti; M_i - ishqalanish kuchining momenti, I_0 -yuksiz mayatnikning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti, m_0 -sterjendagi to'rtta yukning umumiy massasi, I_{01} -sterjendagi yuklarning massalari markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti, d -aylanish o'qidan sterjendagi yuklarning og'irlik markazigacha bo'lgan masofa. (6) tenglamadan ko'rinib turibdiki, sterjendagi yuklarning vaziyati o'zgarimas bo'lsa ($d = \text{const}$), M va β orasida chiziqli bog'lanish mavjud bo'lar ekan (3-rasm). Bizning vazifamiz haqiqatan ham shunday bog'lanish bor yoki yo'qligini tekshirishdan iborat.

M va β kattaliklarni quyidagi mulohazalar asosida aniqlashga harakat qilaylik: Agar m yuk osiladigan ipni cho'zilmas deb hisoblasak, yukning tezlanishi shkiv gardishidagi nuqtalarning tangensial tezlanishiga teng bo'ladi. U vaqtda yukning tushish balandligi h ni va tushish vaqti t ni bilgan holda chiziqli va burchak tezlanishlarni quyidagi ifodalar yordamida aniqlash mumkin:

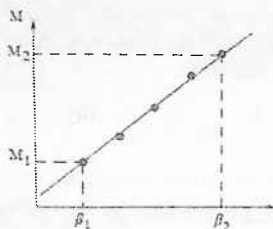
$$a = \frac{2h}{t^2} \quad (7)$$

$$\beta = \frac{a}{r} = \frac{2h}{rt^2} \quad (8)$$

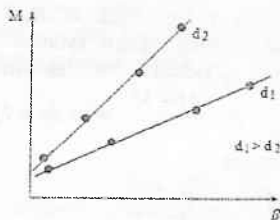
Bu yerda r shkiv radiusi. Ipdagi m yukka o'zaro qarama-qarshi yo'nalgan ikki kuch: mg ga teng bo'lgan og'irlik kuchi va ipning taranglik kuchi ta'sir qiladi:

$$m\alpha = mg - F_T \quad \text{yoki} \quad (9)$$

$$F_T = m(g - \alpha) \quad (10)$$



3-rasm



4-rasm

Taranglik kuchi shkiv gardishiga ham qo'yilgan bo'ladi. U holda, shkivga ta'sir qiluvchi kuch momenti

$$M = F_r r = m r (g - a) \quad (11)$$

ga teng bo'ladi, (7) (8) va (10) larni e'tiborga olsak hamda yukka mos keluvchi kattaliklarni m , t_i , β_i va M_i deb belgilasak, (6)-ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$m_i r \left(g - \frac{2h}{t_i^2} \right) = I \frac{2h}{r t_i^2} + M_i \quad (12)$$

(12) tenglamada quyidagi belgilashlar kiritaylik:

$$I = B, \quad M_i = A, \quad \beta_i = \frac{2h}{r t_i^2} = X_i,$$

$$Y_i = M_i = m_i r \left(g - \frac{2h}{t_i^2} \right) \quad (13)$$

U holda (12) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi

$$Y_i = -B X_i + A \quad (14)$$

Shunday qilib, agar d ning aniq bir qiymatlari uchun M ning β ga bog'lanish grafiklari chizilsa, burchak koeffitsientlari har xil bo'lgan (chunki I har xil) to'g'ri chiziqlar hosil bo'ladi.

O'lchashlar

1. millimetre masshtabli temir chizg'ich bilan platformadan polgacha bo'lgan masofa h ni, shtangensirkul bilan sterjendagi yuk qalinligi – bo'yi d_1 ni, markaziy silindr diametr d_2 va shkiv radiusi r uch marta (bir necha joyida) o'lchab olinadi.

2. Sterjendagi yuklar aylanish o'qidan birday d_1 masofada mahkamlanib, ipga massasi m_1 ga teng yuk osilgan va uning "platformadan" supachadan polga tushish vaqti o'lchanadi. Bu tajriba (t ni o'lchash) har bir m va d uchun kamida 3 marta takrorlanishi kerak.

3. d ning shu qiymatida 2-punkttdagi tajriba kamida m ning 4 xil qiymatlari uchun takrorlanishi kerak ($m_4 > m_3 > m_2 > m_1$). Tajribada olingan natijalar quyidagi ko'rinishdagi 1-jadvalga yoziladi.

1-jadval

No	m_i	d_i	t_{1i}	t_{2i}	t_{3i}	\bar{t}_i	β_i	M_i
1.								
2.								
3.								

4. Sterjendagi yuklarni aylanish o'qidan d_2 masofa mahkamlab, 2 va 3-punkttdagi o'lchashlar takrorlanadi va natija 1-jadvalga yoziladi.

5. Shunday tajribalar d ning yana 3 ta qiymatlari uchun takrorlanadi.

Hisoblashlar

1. Tajriba natijalarida foydalanib, d ning har xil qiymatlari uchun M_i va β_i larning qiymatlari hisoblanadi:

$$X_i = \beta_i = \frac{2h}{\bar{t}_i^2 r} \quad Y_i = M_i = m_i r \left(g - \frac{2h}{\bar{t}_i^2} \right) \quad (15)$$

2. Ordinata o'qiga M ni abtssisa o'qiga β ni qo'yib, millimetrli masshtab qog'ozda M va β orasidagi bog'lanish grafiklar chiziladi.

3. Grafikdan foydalanib d ning har bir qiymati uchun sistemaning inertsia momenti I aniqlanadi. Inertsia momenti to'g'ri chiziqning burchak koeffitsientiga teng (2-rasmga qarang):

$$I = \frac{M_2 - M_1}{\beta_2 - \beta_1} \quad (16)$$

M_i esa grafikda $\beta \rightarrow 0$ hol uchun ekstrapolyatsiya metodi yordamida aniqlanadi yoki eng kichik kvadratlar usulidan foydalanib hisoblanadi.

4. Eng kichik kvadratlar usulidan foydalanib, M ning β ga bog'liqligini ifodalovchi biror to'g'ri chiziq uchun ΔI va ΔM xatoliklar hisoblanadi:

$$\Delta I = t_{\alpha}(n) \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i^2}{(n-2)P_m}} \quad (17)$$

va

$$\Delta M = t_{\alpha}(n) \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i^2}{(n-2)P_i}} \quad (18)$$

bu yerda

$$P_m = \frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n} \quad \text{va} \quad (19)$$

$$P_i = \frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{\sum x_i^2} \quad (20)$$

lar tajriba natijalari y_i ning aniqligini I va M lar asosida chizilgan to'g'ri chiziqdan chetlanish kattaligidir. Bu yerda $y_i = AX_i + B$

A va B larni X -qiymatini bilgan holdagi hisoblangan kattaliklar.

II-usul uslub nazariyasi

(12) ifodadagi sistemaning inertsia momenti $I = I_o + I_{o1} + m_o d^2$ (6') ekanligini hisobga olsak, (12) ifoda tekshirishga qulay ko'rinishga keladi:

$$mr \left(g - \frac{2h}{r^2} \right) - M_i = (I_o + I_{o1} + m_o d^2) \frac{2h}{rt^2} \quad (21)$$

Eslatib o'tamizki, bu yerda a -tushayotgan m yukning tezlanishi; r - shkiv radiusi; h - yukning bosib o'tgan masofasi; t - yukning harakat vaqti; g - og'irlik kuchi tezlanishi.

Oxirgi (21)-tenglama yuk tushish vaqtining osilgan yukning massasiga, sterjendagi (m_o) yuklarning vaziyatiga,

ishqalanish kuchi momenti M_1 ga va eksperiment davomida qurilmaning o'zgaray qoluvchi boshqa parametriga bog'lanishini ifodalaydi. Ishqalanish kuchi momentining tezlikka bog'liqligini e'tiborga olmasak, (21) tenglama va

$$\beta = \frac{M}{I} = \frac{M - M_1}{I + I_{o1} + m_0 d^2}$$

munosabat to'g'riligini tajribada quyidagi ko'rinishda tekshirish mumkin. Buning uchun (21) tenglamani d^2 ga nisbatan yozib, quyidagi ko'rinishdagi tenglamani hosil qilamiz:

$$d^2 = \frac{r}{2hm_0} (mgr - M_1) t^2 - \left(\frac{m}{m_0} r^2 - \frac{I_0}{m_0} + \frac{I_{o1}}{m_0} \right) \quad (22)$$

bu tenglamadan ko'rinish turibdiki d^2 ning t^2 bilan bog'lanishi chiziqli bo'lib, uni tajribada oson tekshirish mumkin. (22) tenglamada

$$\frac{r}{2hm_0} (mgr - M_1) = A \quad \text{va} \quad d_i^2 = y_i, \quad t_i^2 = x_i \quad (23)$$

$$\frac{m}{m_0} r^2 + \frac{I_0}{m_0} + \frac{I_{o1}}{m_0} = B \quad (24)$$

deb belgilasak, uni quyidagi $y_i = Ax_i - B$ ko'rinishda yozish mumkin (23) va (24) munosabatlardan ko'rinadiki, A va B parametrlarning qiymati m_0 yuk massasiga bog'liq. Odatda $\frac{m}{m_0} r^2$,

va $\frac{I_{o1}}{m_0}$ kattaliklar $\frac{I_0}{m_0}$ kattalikning (1-2) % idan kam qiymatni tashkil qiladi. Shuning uchun uni shu xatolik bilan e'tiborga olmasak, (24) formuladagi B ni o'zgarimas deb hisoblasak bo'ladi, ya'ni

$$B = \frac{I_0}{m_0} \quad (25)$$

Demak, sterjendagi yuklarni surib, har xil m massasi yuklar uchun uning tushish vaqtini aniqlab, d_i^2 ning t_i^2 ga bog'lanish

belgilanadi. Agar eksperimental to'g'ri chiziqning kesilishi nuqtasi B dan hisoblanganda ΔB ning ichida yotsa, tajribalar (6) tenglamaning to'g'riligini isbotlaydi.

4. B ning topilgan qiymatidan (25) formulaga asosan $I_0 = m_0 B$ bo'luicha I_0 - yuksiz mayatnikning inertsiya momenti hisoblanadi.

5. I_0 - inertsiya momentining xatoligi

$$\Delta I_0 = I_0 \sqrt{\left(\frac{\Delta m_0}{m_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta B}{B}\right)^2}$$

ifoda orqali aniqlanadi (bu yerda $\Delta m_0 - m_0$ ni o'lchashdagi xatolik).

Nazorat savollari:

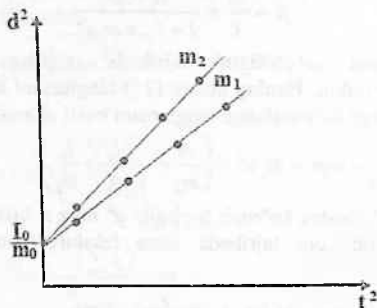
1. Kuch momenti va kuch yelkasi nima?
2. Harakat miqdori momenti (impuls momenti) deganda nima tushuniladi?
3. Harakat miqdori momentining saqlanish qonunini ta'riflang.
4. Aylanma harakat uchun dinamikaning asosiy qonunini ta'riflang.
5. Hisoblash formulasini chiqarishda qaysi qonuniyat asos qilib olingan?
6. Shteyner-Guygens teoremasini tushuntirib bering.
7. Og'irlik markazi va inertsiya markazi nima?
8. Geometrik ko'rinishi standart bo'lmagan jismlarning inertsiya momentlari qanday aniqlanadi?
9. Ishqalanish kuchi momentini qanday aniqlash mumkin?
10. Yukning tebranma harakat qilib tushishi o'lchash natijalariga qanday ta'sir qiladi?
11. B va I_0 ning fizik ma'nosi qanday?

Adabiyotlar

1. В.И.Иверенова. Физикадан практикум. Механика ва молекуляр физика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1973. (96-99 б.).
2. А.В.Кортнев и др. Практикум по физике. Изд. «Высшая школа», М.: 1965. С. 87-88.

grafigini chizsak, ordinata o'qidan bir xil $B = \frac{I_0}{m_0}$ kattalikda

kesuvchi, lekin har xil burchak koeffitsientli to'g'ri chiziqlar hosil bo'ladi ().



5-rasm

O'lchashlar

1. Sterjendagi yuklarni aylanish o'qidan eng yaqin masofa – d_1 ga o'rnatib mahkamlanadi. Sekundomer yordamida m_1 yukning tushish vaqti t_1 o'lchanadi. Bunday o'lchashlar kamida uch marta takrorlanadi va o'lchangan vaqtlarning o'rtacha arifmetik qiymati \bar{t}_1 aniqlanadi.

2. d_1 masofani o'zgartirmagan holda 3 marta $m_2 > m_1$ yuk uchun tushish vaqti t_2 va $m_3 > m_2$ yuk uchun ham tushish vaqti \bar{t}_3 3 martadan aniqlanadi.

3. Sterjendagi m_0 yuklarni aylanish o'qidan simmetrik, bir xilda d_2 masofaga surib, yuqoridagi har bir m_1, m_2, m_3 yuklar uchun mos ravishda tushish vaqtlari t_1, t_2, t_3 lar aniqlanadi.

4. 1, 2, 3 bandlar yana 3 ta d_2, d_3, d_4 qiymatlar uchun bajariladi. Olingan barcha o'lchash natijalari 2-jadvaga yoziladi. Bu holdagi l -masofa m_0 yukning va markaziy shkivning chetki qirralar orasidagi masofa.

Shuning uchun
$$d = \frac{D_2 + D_1}{2} + 1$$

2-javdal

№	d	m_1					m_2					m_i				
		l_1'	l_1''	l_1'''	\bar{l}_1	\bar{l}_1^2	l_2'	l_2''	l_2'''	\bar{l}_2	\bar{l}_2^2	l_i'	l_i''	l_i'''	\bar{l}_i	\bar{l}_i^2
1																
2																
3																
n...																

○'lchash natijalarini va xatoligini hisoblash

2-jadvaldagi tajriba natijalaridan foydalanib, har bir m_i yuklar uchun (millimetrlri qog'ozga) absissa o'qiga l_1' larni va ordinata o'qiga l_1'' larni qo'yib, grafik chiziladi (5-rasmga qarang). Olingan natijalarning to'g'ri chiziqda joylashishi tekshiriladi. Bordi-yu nuqtalarning birortasi (bittadan ko'p emas) to'g'ri chiziqdan chetlashishi boshqa nuqtalarning chetlashishidan 3 yoki undan ko'p marta ortiq bo'lsa, u holda bu nuqta hisoblashlarda va to'g'ri chiziq o'tkazishda nazarga olinmaydi.

2. Eng kichik kvadratlar metodidan foydalanib, grafikdagi biror to'g'ri chiziq uchun B va A parametrlar hamda B ni aniqlashdagi xatoligi ΔB aniqlanadi. Bu parametrlar qiymatlarini aniqlash uchun 2- jadvaldan foydalanilgan holda quyidagi 3-jadval tuziladi. 3-jadvaldagi y_i^* ning qiymatlari A va B parametrlar yordamida, ya'ni $y_i^* = Ax_i - B$ formula orqali aniqlanadi.

3-jadval

№	x_i	x_i^2	y_i	$x_i y_i$	y_i^*	$\varepsilon_i = y_i^* - y_i$	$\Delta \varepsilon_i^2$
1.							
2.							
3.							

3. Ordinata o'qida B ning qiymatiga teng kesma ajratib, kesmaning oxirida har xil tomonga ΔB ga teng kesmalar

belgilanadi. Agar eksperimental to'g'ri chiziqning kesilishi nuqtasi B dan hisoblanganda ΔB ning ichida yotsa, tajribalar (6) tenglamaning to'g'riligini isbotlaydi.

4. B ning topilgan qiymatidan (25) formulaga asosan $I_0 = m_0 B$ bo'luicha I_0 - yuksiz mayatnikning inertiya momenti hisoblanadi.

5. I_0 - inertiya momentining xatoligi

$$\Delta I_0 = I_0 \sqrt{\left(\frac{\Delta m_0}{m_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta B}{B}\right)^2}$$

ifoda orqali aniqlanadi (bu yerda Δm_0 - m_0 ni o'lchashdagi xatolik).

Nazorat savollari:

1. Kuch momenti va kuch yelkasi nima?
2. Harakat miqdori momenti (impuls momenti) deganda nima tushuniladi?
3. Harakat miqdori momentining saqlanish qonunini ta'riflang.
4. Aylanma harakat uchun dinamikaning asosiy qonunini ta'riflang.
5. Hisoblash formulasini chiqarishda qaysi qonuniyat asos qilib olingan?
6. Shteyner-Guygens teoremasini tushuntirib bering.
7. Og'irlik markazi va inertiya markazi nima?
8. Geometrik ko'rinishi standart bo'lmagan jismlarning inertiya momentlari qanday aniqlanadi?
9. Ishqalanish kuchi momentini qanday aniqlash mumkin?
10. Yukning tebranma harakat qilib tushishi o'lchash natijalariga qanday ta'sir qiladi?
11. B va I_0 ning fizik ma'nosi qanday?

Adabiyotlar

1. В.И.Иверенова. Физикадан практикум. Механика ва молекуляр физика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1973. (96-99 б.).

2. А.В.Кортнев и др. Практикум по физике. Изд. «Высшая школа», М.: 1965. С. 87-88.

3. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси: Механика. «Ўқитувчи». 1981.
4. С.П.Стрелков. Умумий физика курси. Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1977.
5. С.Е.Хайкин. Физические основы механики. М.: «Наука». 1971. Гл. XIII.
6. Л.А.Голдин и др. Руководство к лабораторным занятиям по физике. М.: «Наука», 1973.
7. J.Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.:2011.V, VI, VII. (102-152 p.).

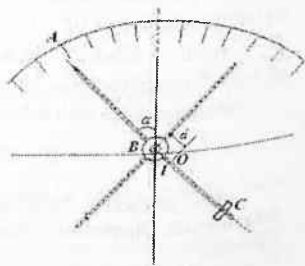
20- LABORATORIYA ISHI

OBERBEK MAYATNIGINING INERSIYA MOMENTINI UNING TEBRANMA HARAKATI YORDAMIDA ANIQLASH VA UNING SO'NUVCHAN TEBRANMA HARAKATINI O'RGANISH

Kerakli asboblari va uskunalar: 1) Oberbek mayatnigi, 2) yuklar to'plami, 3) sekundomer, 4) shtangensirkul, 5) millimetrlilik chizg'ich.

Ishdan maqsad. Talaba laboratoriya ishini bajarishida quyidagilarni bilishi kerak: o'lash usullari nazariyasini; xususiy tebranishlar xossalari; so'nuchan tebranishlarni; tajribada natijalarni tahlil qilish. Oberbek mayatnigining inersiya momentini tebranma harakat qonuniyatlari orqali aniqlash metodini ko'raylik. Unda mayatnikning bir shoxiga, uning markazidan d masofada bitta m_0 yukni mahkamlab, uni tebrantiraminiz. Uning harakat tenglamasi

$(I_0 + m_0 d^2) \ddot{\phi} = -mgd \sin \phi$
ko'rinishda bo'ladi. Bu yerda
 $\ddot{\phi} = \beta$ - burchak tezlanishi, - muvozanat holatidan og'ish burchagi. Kichik burchaklarda ($\phi < 10^\circ$), $\sin \phi \approx \phi$ bo'lib,



1-rasm

tenglama bir jinsli ikkinchi tartibli differentsial tenglama ko'rinishida bo'ladi:

$$(I_0 + m_0 d^2) \ddot{\phi} + mgd \phi = 0 \text{ yoki}$$

$$\ddot{\phi} + \frac{mgd}{I_0 + m_0 d^2} \phi = 0 \quad (2)$$

bu tenglamada

$$\omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{mgd}{I_0 + m_0 d^2} \quad (3)$$

ga teng bo'ladi.

Undan

$$I_0 = d \left(\frac{mgT^2}{4\pi^2} - m_0 d \right) \quad (4)$$

ni aniqlash mumkin bo'ladi. U usulda aniqlangan I_0 ning qiymati avvalgi usulda aniqlangan qiymatlardan bir necha foizga farq qilishi mumkin. Sababi, bu holda ishqalanish kuchlarining momenti M_x hisobga olinmaydi.

Ishqalanish kuchlarining Oberbek mayatnigining harakatiga ta'sirini uni tebranma harakatini so'nishi orqali ham o'rganish mumkin.

Oberbek mayatnigining bir shoxiga d masofada m_0 yuk qotirib, uning vali yoniga burchak o'lchovchi transportir o'rnatilib, uning so'nuvchan harakati o'rganildi (1 - rasm). Boshlang'ich og'ish burchagi $\phi_0 = 10^\circ - 12^\circ$ qilib olinib, unda tebranishlar soni N yozib olindi. So'nuvchan tebranma harakatdagi $\phi = \phi_0 e^{-\delta t}$ qonuniyat orqali so'nish ko'effitsienti δ aniqlanadi.

Shuningdek, so'nish dekrementi

$$\theta = \delta T = \frac{1}{N} \ln \frac{\phi_0}{\phi_N}$$

ifoda yordamida hisoblanadi. Shu jumladan T ni qiymatini bilgan holda Oberbek mayatnigining inersiya momentini aniqlash mumkin.

Yuqorida qayd etilgan usullar yordamida aniqlangan Oberbek mayatnigining inersiya momentining qiymatlari bir xil tartibda bo'lib, ishqalanish kuchlarining momentlarini hisobga olmaydigan usullarda aniqlangan qiymatlari ishqalanish kuchlari momentlarini hisobga oluvchi usullarda aniqlangan qiymatlardan 10 – 12% gacha farq qilishi mumkin.

So'nishning logarifmik dekrementi ketma – ket 2 ta tebranishlardagi burchak amplitudalarining nisbatini natural logarifmiga teng bo'lgan kattalik edi, ya'ni

$$\theta = \ln \frac{\phi(t)}{\phi(t+T)} = \delta T = \frac{T}{\tau}.$$

Bu yerda τ – relaksatsiya vaqti deyiladi. Agar N marta tebranishni qaraydigan bo'lsak, u holda $\theta = \frac{1}{N} \ln \frac{\phi(t)}{\phi(t+N\tau)}$. Unda

$$\theta = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{N_c} \text{ va bu yerda } N = N_c \text{ - tebranish burchak amplitudasi e}$$

marta kamaygan vaqtdagi tebranishlar soni. Tebranuvchi sistemaning aslligi deb, $Q = \frac{\pi}{\theta}$ kattalikka aytiladi. U kattalikni

$$Q = \pi N_c = \frac{\pi}{\delta T_0} = \frac{\omega_0}{2\delta} \text{ ko'rinishlarida yozish mumkin. Prujinali}$$

mayatnik (so'nish kichik bo'lgan hollarda) uchun, uning so'nish dekrementini quyidagi ko'rinishlarda ham ifodalash mumkin edi:

$$Q = \frac{\omega_0}{2\delta} = \frac{m\omega_0}{r} = \frac{1}{r} \sqrt{mk}.$$

Yuqorida zikr etilgan ifodalardan ko'rinib turadiki, $Q \sim \frac{1}{\delta}$ va

$Q \sim \frac{1}{r}$. Demak, sistemadagi qarshilik kuchlari, shuningdek so'nish koeffitsienti qancha kichik bo'lsa, uning aslligi shuncha katta bo'ladi.

Shunday qilib, tebranuvchi sistemalarning aslligi qancha katta bo'lsa, ulardagi tebranishlarning so'nishi shuncha kichik – sekin

bo'ladi, tebranishlar amplitudasining e marta kamayishi uchun bo'ladigan tebranishlar soni N_e shuncha marta katta bo'ladi.

Amaliyotda tebranishlarni o'rganishda ularni qanday vaqt intervalida so'nmaydigan yoki so'nuvchan deb qarash mumkin bo'lgan hollarni aniqlashda tebranuvchi sistemalarning aslligini albatta bilish kerak bo'ladi.

Ishning bajarilish tartibi:

1-mashq. Oberbek mayatnigining tebranma harakatini o'rganish.

Bu mashqda Oberbek mayatnigining inersiya momentini uning tebranma harakatlari asosida o'rganiladi.

Yuqorida keltirilgan nazariy mulohazalardan

$$\omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{mgd}{I_0 + m_0 d^2} \text{ yoki } \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{mgd}{I}. \text{ Bu ifodadan Oberbek}$$

mayatnigining inersiya momenti $I = \frac{mgdT^2}{4\pi^2}$ ga teng bo'ladi.

$$\text{Birinchi holda } m_1 = m_0 \text{ va } I_1 = \frac{m_1 g d T_1^2}{4\pi^2}, I_1 = I_0 + m_0 d^2;$$

$$\text{Ikkinchi holda } m_2 = 2m_0 \text{ va } I_2 = \frac{m_2 g d T_2^2}{4\pi^2}, I_2 = I_0 + 2m_0 d^2;$$

$$\text{Uchinchi holda } m_3 = 3m_0 \text{ va } I_3 = \frac{m_3 g d T_3^2}{4\pi^2}, I_3 = I_0 + 3m_0 d^2;$$

$$\text{To'rtinchi holda } m_4 = 4m_0 \text{ va } I_4 = \frac{m_4 g d T_4^2}{4\pi^2}, I_4 = I_0 + 4m_0 d^2;$$

kabi aniqlanadi.

O'lchashlar.

Oberbek mayatnigining ixtiyoriy bittasiga $m_i = m_0$ -bitta yuk $d = 4 \div 10 \text{ sm}$ masofada mahkamlanib, uning $\alpha \leq 15^\circ$ amplitudada

tebranish davri $T_i = \frac{t_i}{N_i}$ aniqlanadi. So'ngra yuklar soni orttirila

borib, d_i - o'lchanib, T_i lar aniqlanadi va sistemaning inersiya momentlari I_i aniqlanadi.

$I_i = I_0 + imd^2$ tenglamadan I_i aniqlanib, birinchi mashqda aniqlangan qiymatlar bilan taqqoslanadi. Bu erda I_i yuklar soni.

O'lchash natijalari quyidagi 1-jadvalga yoziladi.

№	m_0	d_i	T_i	I_i (teb)	I_0 (teb)	I_0 (ayl)	\bar{I}_0 (ayl)	1-jadval		
								$\Delta \bar{I}_i$	ΔI_0	$\varepsilon, \%$
1.	m_0									
2.	$2m_0$									
3.	$3m_0$									
4.	$4m_0$									

2-mashq. Oberbek mayatnigida so'nuvchan tebranma harakatni o'rganish.

Oberbek mayatnigi 1, 2 yoki 3 ta m_0 massali toshlar mahkamlangandagi tebranishni o'rganish uchun uning yuqori bo'sh shohiga maxsus yasalgan strelka-mil o'rnatiladi. Strelkani muvozanat vaziyatidan og'ishini o'lchash uchun transportir yasalgan va uning markazi Oberbek mayatnigining o'qidan o'tadigan qilib o'rnatilgan (1-rasm).

Oberbekning pastki shoxiga $m_0 = 100g$ yuk mahkmlab, uning so'nuvchan tebranma harakati o'rganiladi. So'nishni yaqqolroq ko'rish uchun boshlang'ich og'ish burchagidan nisbatan katta $\alpha_0 = 10^\circ \div 18^\circ$ qilib olinadi. Og'ish burchagi α_0 ni ikki marta kamayishi uchun ketgan vaqt t_i va tebranishlar soni N_i o'lchanadi.

Natijada Oberbek mayatnigini so'nuvchan tebranma harakatning quyidagi parametrlari aniqlanadi va jadvalga yoziladi:

$$1) T_i - \text{so'nuvchan tebranishlar davri } \left(T_i = \frac{t_i}{N_i} \right);$$

2) θ_i – soʻnishning logarifmik dekrementi $\left(\theta_i = \frac{1}{N} \ln \frac{\alpha_0}{\alpha_N} \right)$;

3) $\bar{\theta}$ – soʻnishning logarifmik dekrementining oʻrtacha qiymati;

4) δ_i – soʻnish koeffitsiyenti $\left(\delta_i = \frac{\theta_i}{T_i} \right)$;

5) τ_i – relaksatsiya vaqti $\left(\tau_i = \frac{1}{\delta_i} \right)$;

6) Q – sistemaning aslligi;

7) d – sistemaning soʻnuvchanligi $\left(d = \frac{1}{Q} \right)$.

Bu kattaliklar 2-jadvalda keltirilgan, ustunlarga yoziladi.

											2-jadval	
N_2	α_0	α_N	N_i	t_i, s	T_i, s	θ_i	$\bar{\theta}$	δ_i, s^{-1}	$\tau_i, (s)$	Q	d	
1.												
2.												
3.												

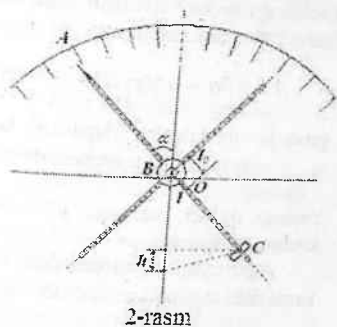
Shunday qilib, Oberbek mayatnigida soʻnuvchan garmonik tebranma harakatini oʻrganish va uning parametrlarini aniqlash mumkin.

3 – mashq. Oberbek mayatnigini ag soʻnuvchan tebranma harakati asosida dumalanish ishqalanish koeffitsientini aniqlash.

Oberbek mayatnigi tebranma harakati davomida havoning qarshilik kuchlaridan tashqari dumalanish ishqalanish kuchlariga qarshi ish bajaradi va uning tebranish amplitudaviy burchagi kamayib boradi. Ishqalanish asosan korpus – vtulka bilan aylanish oʻqi orasida roʻy beradi. Bu esa dumalanish ishqalanish jarayonidir. Havoning ishqalanish kuchlari dumalanish ishqalanishiga nisbatan kichik boʻlgani uchun Oberbek

mayatnigining harakatidagi asosiy qarshilik kuchlari – bu dumalanish ishqalanish kuchlari deb hisoblash mumkin.

Unda, ishqalanishni hisobga olib, Oberbek mayatnigining harakat tenglamasini tuzish ancha murakkabdir. Shuning uchun uning soʻnuvchan tebranma harakatini energiya saqlanish qonuniga asosan oʻrganish qulay. Bunda dumalanish ishqalanish koeffitsienti mayatnikning harakat tezligiga bogʻliq emas deb qaraladi.



Boshlangʻich holda, mayatnikning muvozanat vaziyatidan ogʻish burchagi α_0 boʻlgandagi uning potensial energiyasini quyidagicha yozish mumkin (2 – rasm):

$$W_0 = Mgh = Mgl_0(1 - \cos \alpha_0)$$

Bu yerda h – mayatnikning massa markazining oʻzgarishi, M – mayatnikning yuk bilan birgalikdagi massasi, l_0 – mayatnik oʻqi bilan uning massa markazi orasidagi masofa. Bu masofa yukning $m_{yu} = m_0 + 4m_0$ va d – har xil qiymatli boʻlgan hollarda eksperimental va nazariy usullarda aniqlanadi. Bir marta toʻla tebranganda uning muvozanat vaziyatidan ogʻish burchagi α_1 boʻlgandagi potensial energiyasi $W_1 = Mgl_0(1 - \cos \alpha_0)$ ga teng boʻladi. Bir toʻla tebranishdan keyin mayatnikning potensial energiyasining kamayishi

$$\Delta W = Mgl_0(\cos \alpha_0 - \cos \alpha_1) = 2Mgl_0\left(\sin^2 \frac{\alpha_0}{2} - \sin^2 \frac{\alpha_1}{2}\right).$$

Agar mayatnikning ogʻish burchagi $\alpha (\alpha \leq 0,1 \text{ rad})$ – kichik ekanligini hisobga olsak, u holda mayatnik potensial energiyasining kamayishining ifodasini quyidagicha yozish mumkin: $\Delta W = 0,5Mgl_0(\alpha_0^2 - \alpha_1^2)$.

Agar havoning qarshilik kuchlarini hisobga olmasak, u holda mayatnik potensial energiyasini kamayishi dumalanish ishqalanish kuchlariga qarshi bajarilgan ishga teng deyish mumkin. U holda bir marta to'la tebranish jarayonida mayatnikning bajargan ishi

$$A = \mu P \alpha = \mu Mg \left(\alpha_0 + \alpha_{\frac{1}{2}} + \alpha_{\frac{1}{2}} + \alpha_1 \right) \text{ ga teng bo'ladi. Bu}$$

yerda μ - dumalanish ishqalanish kuchi momentining koeffitsienti, $\alpha_{\frac{1}{2}}$ - mayatnikning muvozanat vaziyatidan bitta yarim davridan keyingi og'ish burchagi, $\mu P = \mu Mg$ - dumalanish ishqalanish kuchining moment.

Agar bitta yarim davrdagi mayatnikni og'ish burchagining kamayishi $\Delta\alpha$ bo'lsa, u holda $\alpha_{\frac{1}{2}} = \alpha_0 - \Delta\alpha$, $\alpha_1 = \alpha_{\frac{1}{2}} - \Delta\alpha$. U

holda bajarilgan ishning ifodasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$A = 2\mu Mg(\alpha_0 + \alpha_1).$$

Bu ifodani mayatnikning potensial energiyasini kamayishining ifodasi bilan taqqoslab, $\mu = \frac{1}{4} I_0 (\alpha_0 - \alpha_1)$ ni yozish mumkin.

Agar mayatnik N marta tebransa, u holda dumalanish ishqalanish koeffitsientini aniqlash ifodasini quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\mu = \frac{1}{4} I_0 (\alpha_0 - \alpha_N).$$

Bu yerda α_N - mayatnikning N marta tebrangandan keyin muvozanat holatidan og'ish burchagi.

Tajribada yoki nazariy mayatnikning aylanish o'qidan uning og'irlik markazigacha bo'lgan masofani aniqlab va mayatnikning N marta tebrangandagi uning muvozanat vaziyatidan og'ish burchaklari α_0 va α_N larni o'lchab, tajribada Oberbek mayatnigi yordamida dumalanish ishqalanish koeffitsientini aniqlash mumkin.

Shuday qilib, fizpraktikumda Oberbek mayatnigi yordamida aylanma harakat uchun dinamikaning asosiy qonuni hamda uning bajarilishini, Shteyner-Guygens teoremasini o'rganishni, Oberbek

mayatnigining inersiya momentini aniqlashni, uning tebranma harakatini va so'nuvchan tebranma harakatini o'rganish hamda dumalanish ishqalanish koeffitsientini aniqlashni tajribada o'rganish mumkin ekan.

Nazorat savollari:

1. Aylanma harakat uchun dinamikaning asosiy qonunini ta'riflang.
2. Shteyner-Guygens teoremasini tariflang.
3. Og'irlik (massa) markazi va inersiya markazi deb nimaga aytiladi?
4. Dumalanish ishqalanish nima ushun vujudga keladi?
5. Dumalanish ishqalanish koeffitsientini ta'riflang.
6. Oberbek mayatnigi qay holda tebranma harakat qiladi?
7. Nima uchun Oberbek mayatnigi so'nuvchan tebranma harakat qiladi? Harakat tenglamasini yozing.
8. Tebranma harakat tenglamasidan Oberbek mayatnigining inersiya momenti aniqlash formulasini keltirib chiqaring.
9. Relaksatsiya vaqti deb nimaga aytiladi?
10. So'nish koeffitsienti nima?
11. So'nish dekrementi deb nimaga aytiladi?
12. Sistemaning aslligi nima?
13. Dumalanish ishqalanish koeffitsientini aniqlash formulasini keltirib chiqaring.
14. Nima uchun dumalanish ishqalanish turli moddalar uchun turlicha?

Adabiyotlar

1. В.И.Иверенова. Физикадан практикум. Механика ва молекуляр физика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1973. (96-99 б.).
2. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси: Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1981.
3. С.П.Стрелков. Умумий физика курси. Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1977.
4. С.Е.Хайкин. Физические основы механики. М.: «Наука». 1971, Гл. XIII.

5. Л.А.Голдин и др. Руководство к лабораторным занятиям по физике. М: «Наука». 1973.

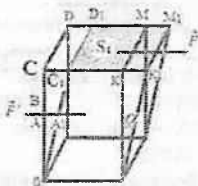
6. J.Walker. Fundamentals of Physics.N.-Y.:2011.V, VI, VII. (102-152 p.).

21- LABORATORIYA ISHI SILJISH MODULINI BURALISHDAN ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1)qurilma, 2) sekundomer, 3) chizg'ich, 4) shtangensirkul, 5) mikrometr, 6) tarozi va tarozi toshlari.

Qisqacha nazariya

Siljish moduli siljish deformatsiyasini, qattiq jism elastiklik xususiyatini xarakterlovchi fizikaviy kattalikdir. Siljish deformatsiyasi qattiq jism qatlamlarining bir-biriga nisbatan parallel siljishidan sodir bo'ladi. Biror parallelepiped shaklidagi jismda qarab chiqamiz hamda siljish deformatsiyasini hosil qilish uchun uning bir tomoniga u bilan ayni bir tekislikda yotuvchi \vec{F} kuch bilan ta'sir etamiz (1-rasm). Bu kuch qo'yilgan tomonning yuzasi S bo'lsin. Qo'yilgan kuch ta'sirida siljish tufayli CDMK gorizontalk tekislik $C_1D_1M_1K_1$ holatga o'tadi. Unda qattiq jismning mahkamlangan pastki gorizontalk qatlamidan tashqari hamma qatlamlari siljiydi. Shu bilan bir vaqtda jismda tashqi ta'sir kuchining yo'nalishiga teskari yo'nalishida \vec{F}' elastik kuchi hosil bo'ladi. Deformatsiya muvozanat holatga oid bo'lsa, jism qatlamlarining



1-rasm

bir biriga nisbatan tezlanishlari nolga teng bo'ladi va elastik kuchi $\vec{F}'_d = -\vec{F}$ bo'ladi. Agar jism bir jinsli bo'lsa, har bir gorizontaal kesimga ta'sir qiluvchi kuchlar kesim bo'yicha tekis taqsimlanadi va quyidagi kuchlanish hosil bo'ladi:

$$\vec{\sigma}_t = \frac{\vec{F}}{S} \quad (1)$$

\vec{F} kuch qaralayotgan kesim tekisligida yotganligi uchun hosil bo'lgan kuchlanish tangensial kuchlanish deyiladi. Qaralayotgan holda siljish bir jinslidir. Anizotrop jism holdida esa deformatsiya kesimning har xil joyida har xil bo'ladi. Shunday hollar uchun kuchlanishni aniqlashda juda kichik dS elementar kesim olish kerak, chunki shunday kesim bo'yichagina kuchni tekis taqsimlangan deyish mumkin, ya'ni

$$\vec{\sigma}_t = \frac{d\vec{F}}{dS}$$

1-rasmdagi parallelepipedning bir jinsli siljishi bilan to'laroq tanishib chiqaylik. Siljishning absolut qiymati ($AA_1; MM_1; CC_1; \dots$) gorizontaal kesimning har qaysisi uchun har xil bo'lgani holda

$$\tau = \frac{AA_1}{OA} = \frac{MM_1}{OM} = \frac{CC_1}{OC} = \operatorname{tg} \alpha$$

nisbiy siljish butun jism uchun bir xildir.

Agar deformatsiya kichik bo'lsa, $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$ da va τ nisbiy deformatsiya α siljish burchagiga tengdir. Elastik deformatsiya chegarasida

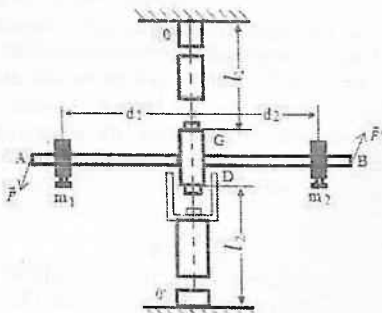
$$\tau \sim \sigma_t \quad \text{yoki} \quad \sigma = N\tau \quad (2)$$

bu yerda N —siljish moduli. Agar $\tau = 1$ bo'lsa (bu hol $\alpha = 45^\circ$ bo'lganda yuz beradi), N siljish moduli σ_t tangensial kuchlanishga teng bo'ladi (ya'ni $N = \sigma_t$). (1) tenglamadan siljish moduli son qiymat jihatidan siljish burchagi $\alpha = 45^\circ$ ga teng bo'lgandagi tangensial kuchlanishga teng ekanligi kelib chiqadi. U faqat jismning elastiklik xususiyatlariga bog'liq bo'lib, uning shakliga va o'lchamiga bog'liq emas. (1)-tenglama siljish deformatsiyasi uchun Guk qonunini ifodalaydi.

Buralish deformatsiyasida siljish sodir bo'ladi. Parallel qatlamlarning bir - biriga nisbatan buralishi tufayli siljish yuz

beradi. Bunday deformatsiyani hosil qilish uchun bir jinsli sterjenning yuqorigi asosini juft $\overline{F} \overline{F}'$ kuch ta'sirida OO' o'q atrofida biror φ burchakka burish kerak (2-rasm), φ buralish burchagi deyiladi; bu burchak elastik deformatsiyada juft kuchlar momentiga proporsionaldir:

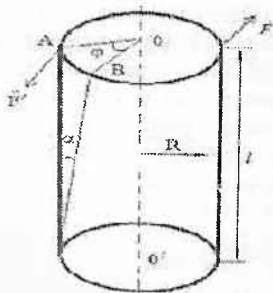
$$\varphi \sim M \text{ yoki } M = D\varphi \quad (2)$$



2-rasm

(2) formuladagi D proporsionallik koeffitsiyenti buralish moduli deyiladi.

Agar uzun va ingichka sterjenga qo'yilgan M kuch momenti yetarlicha katta bo'lsa, φ buralish burchagining qiymati ham katta ($10^\circ \div 20^\circ$) bo'ladi. Buning natijasida sterjen qisqaradi, yon sirtidagi vertikal chiziqlar vintsimon chiziqqa o'tadi. Agar burilish burchagi yetarlicha kichik bo'lsa, sterjenning gorizontal qatlamlari orasidagi masofa o'zgarmaydi. Lekin vertikal to'g'ri chiziq ustida yotgan nuqtalar bir-biriga nisbatan juda kichik burchakka siljiydi va sterjenning yon sirtida hosil bo'lgan deformatsiya siljish deformatsiyasini ifodalaydi. U holda yuqorida aytilganlarga asosan $\tan \alpha = \tau$ kattalik siljish nisbiy deformatsiyasini xarakterlaydi. 3-rasmdan ko'rinib turibdiki, φ buralish burchagi va siljish burchagining har biri AB



3-rasm

yoyga tayanganligi uchun, ular orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$\frac{\varphi}{\alpha} = \frac{l}{R} \quad (3)$$

Bu yerda R –sterjen radiusi, l -uning uzunligi. Agar sterjenni fikran koaksial kovak silindrlarga ajratsak, ularning har biri uchun φ buralish burchagi o'zgarmas bo'lib, α siljish burchagi esa har xil bo'ladi (u silindr sirtida maksimal bo'ladi). Shunday qilib, buralish deformatsiyasi bir jinsli siljishga olib keladi. Bu deformatsiyalarni xarakterlovchi D va N kattaliklar orasidagi bog'lanish quyidagi ko'rinishdadir:

$$D = \frac{\pi R^4 N}{2l} \quad (4)$$

Bu tenglama buralish deformatsiyasidan N siljish modulini aniqlashga imkon beradi.

Metodning nazariyasi va eksperimental qurilma

Bu ishda qo'llaniladigan qurilma uzunligi l_1 va l_2 bo'lgan ingichka simlarga mahkamlangan AB sterjendan iborat (2-rasm). Simlarning zichligi ρ va ko'ndalang kesim yuzi $S = \pi R^2$ ga teng. Simlarning bir uchilari AB sterjenning C va D nuqtalariga, ikkinchi uchilari O va O' nuqtalarga qo'zg'almas qilib mahkamlanadi. Sterjen santimetrlarda darajalangan bo'lib, uning ustida m_1 va m_2 massali yuklarni surish mumkin. Sterjen gorizontal holatda

bo'ladigan qilib, bu yuklar sterjenning aylana o'qidan d_1 va d_2 masofalarda mahkamlanadi. Yukli sterjenni gorizonta tekislikda φ burchakka burilganda I_1 va I_2 simlar ham shu burchakka buriladi. Agar sterjenni o'z holiga qo'yib yuborilsa, sistema simlarning elastiklik kuchi ta'sirida boshqa kuchlar bo'lmagandagidek (ishqalanish kuchini hisobga olinmaganda) erkin tebranadi. Sistemaning elastiklik kuchi ta'siridagi harakati garmonik burilma tebranishdan iboratdir. Unda ikki simning elastiklik kuchlarining momentlari M_1 va M_2 bir tomonga yo'nalgan bo'lib, momentlar yig'indisi quyidagicha ifodalanadi:

$$\bar{M} = \bar{M}_1 + \bar{M}_2 \quad (5)$$

Qattiq jismining aylanna harakatining asosiy qonuniga binoan

$$M = I \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (6)$$

Bu yerda I -butun sistemaning OO' aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti. Ushbu inertsiya momenti OO' o'qqa nisbatan simlarning I_{sim} , sterjenning I_{st} va yuklarning I_{yuk} inertsiya momentlarining yig'indisiga tengdir, ya'ni:

$$I = I_{sim} + I_{st} + I_{yuk}$$

Shteyner-Guygens teoremasiga asosan yuklarning OO' o'qqa nisbatan inertsiya momenti $I_{yuk} = I_{o1} + I_{o2} + m_1 d_1^2 + m_2 d_2^2$ ga teng. bu yerda I_{o1} va I_{o2} larga mos 1 va 2 ta yuklarning OO' o'qqa parallel va shu yuklar og'irligi markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momentlari. U holda

$$I = I_{sim} + I_{st} + I_{o1} + I_{o2} + m_1 d_1^2 + m_2 d_2^2$$

bo'ladi, lekin $I_{sim} + I_{st} + I_{o1} + I_{o2} = I_1$ kattalik berilgan qurilma uchun o'zgarmas kattalikdir. AB sterjen gorizonta tekislikda qiyshaymasdan tebranishi uchun $m_1 = m_2 = m$ va $d_1 = d_2 = d$ bo'lishi kerak. Shularni hisobga olganda (6) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$M_1 + M_2 = (I_1 + 2md^2) \left(\frac{d^2\varphi}{dt^2} \right) \quad (7)$$

Bu yerda M_1 va M_2 simlarning elastiklik kuch momentlari; ular elastik deformatsiya chegarasida φ buralish burchagiga proporsional bo'lib, yo'nalishlar burchakning yo'nalishiga teskaridir:

$$M_1 = -D_1\varphi, \quad M_2 = -D_2\varphi \quad (8)$$

φ buralish burchagi kichik bo'lishi va simlarning deformatsiyasi elastiklik chegarasida bo'lishi uchun qurilmada maxsus to'siq bor. Bu to'siq φ burchakni cheklaydi, bunda erishilishi mumkin bo'lgan burchakning maksimal qiymati $\varphi_{\max} = \pi/4$ bo'ladi. (7) va (8) tengliklardan ma'lumki,

$$-(D_1 + D_2)\varphi = (I_1 + 2md^2)(d^2\varphi/dt^2)$$

yoki

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{(D_1 + D_2)}{I_1 + 2md^2}\varphi$$

Bu (9) tenglama ikkinchi tartibli differensial tenglama va bu tenglamaning yechimi garmonik tebranma harakat tenglamasidan iborat:

$$\varphi = \varphi_0 \sin(\omega t + \alpha_0) \quad (10)$$

Bu yerda φ_0 - tebranish amplitudasi; α_0 - tebranishning boshlang'ich fazasi; ω esa tebranishning siklik chastotasi bo'lib,

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{D_1 + D_2}{I_1 + 2md^2}} \quad (11)$$

ga teng. Bundan:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_1 + 2md^2}{D_1 + D_2}}$$

Bundagi D_1 va D_2 lar (4) tenglamadan hisoblanadi:

$$D_1 = \frac{\pi R^4}{2\ell_1} N \quad D_2 = \frac{\pi R^4}{2\ell_2} N$$

Bularni (11) ga qo'yilsa, burilma tebranishning to'la davri uchun

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_1 + 2md^2}{\frac{\pi R^4 N}{2} \left(\frac{1}{\ell_1} + \frac{1}{\ell_2} \right)}} \quad (12)$$

yoki

$$T^2 = \frac{8\pi I_1}{R^4 N \left(\frac{1}{\ell_1} + \frac{1}{\ell_2} \right)} + \frac{16\pi md^2}{R^4 N \left(\frac{1}{\ell_1} + \frac{1}{\ell_2} \right)} \quad (13)$$

ifoda hosil bo'ladi. (13) tenglamadan ko'rinadiki, burilma tebranish davrining kvadrati T^2 yukning og'irlik markazidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa kvadrati d^2 ga bog'liqligi to'g'ri chiziqdadir. Bu bog'lanishni tekshirish uchun yuklarda aylanish o'qigacha bo'lgan masofa d ning har xil qiymatlariga mos keluvchi T larni aniqlab, ular orasidagi bog'lanish dekart koordinata sistemasida chiziladi. U to'g'ri chiziqdan iborat bo'lishi kerak. Lekin tajribada turli xatoliklar tufayli topilgan nuqtalarning ba'zi birlari to'g'ri chiziqdan chetlashgan bo'ladi. B chetlashish kvadratlarining yig'indisi minimal bo'ladigan to'g'ri chiziq tenglamasini eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlash mumkin. Shu maqsadda (13) tenglamadagi kattaliklarni quyidagicha belgilaymiz:

$$T^2=Y, \quad a = \frac{8\pi I_1}{R^4 N \left(\frac{1}{\ell_1} + \frac{1}{\ell_2} \right)} \quad (14)$$

$$d^2=x, \quad b = \frac{16\pi m}{R^4 N \left(\frac{1}{\ell_1} + \frac{1}{\ell_2} \right)}$$

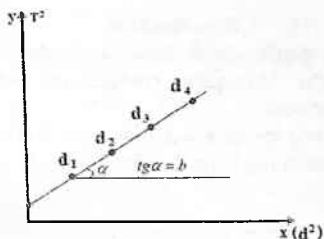
u vaqtda (13) tenglama

$$Y = a + bx \quad (15)$$

ko'rinishga keladi. Bu tenglamadagi a va b koeffitsientlarni grafik usulda yoki kichik kvadratlar metodi bilan aniqlash mumkin. a va b koeffitsientlarni eng kichik kvadratlar metodi bo'yicha aniqlashda kitobning kirish qismida ular uchun keltirib chiqarilgan formulalardan foydalanish kerak. b ning topilgan qiymatini (14) tenglamadagi ifodasiga tenglashtirib, undan simning

$$N = \frac{16\pi m}{R^4 b \left(\frac{1}{\ell_1} + \frac{1}{\ell_2} \right)} \quad (16)$$

siljish moduli aniqlanadi.



4-rasm.

O'lchashlar

1. Yuklar tortilib, ularning m_1 va m_2 massalari va massalarni aniqlashdagi Δm xatolik topiladi.

2. Simning bir necha joyidan diametri o'lchanib, uning R radiusining o'rta qiymati va radiusini aniqlashdagi ΔR xatolik topiladi.

3. Yuklar AB sterjenning uchlariga joylashtirilib, uning 15-20 ta to'la tebranish uchun ketgan vaqt o'lchanadi, undan T tebranish davri aniqlanadi: $T = t/n$, bundan n -to'la tebranishlar soni, t esa n ta tebranish uchun ketgan vaqt. Yuklar markazga tomon siljitib, o'lchash takrorlanadi. Yuklarning OO' aylanish o'qiga nisbatan kamida 5-6 holati uchun tebranish davri topiladi. O'lchash natijalari quyidagi 1-jadvalda yoziladi.

1-jadval

No	d_i , sm	d_i^2 , sm^2	t_i , s	T_i , s	T_i^2 , s^2
1.					
2.					
3					
n...					

1-jadval natijalari asosida $T^2 = f(d^2)$, bog'lanish grafigi chizilib, o'lchash xatoligi chegarasida topilgan eksperimental nuqtalarning to'g'ri chiziq ustida joylashishiga ishonch hosil qilinadi. (4-rasm)

5. a , b , N lar grafik usulda yoki eng kichik kvadratlar metodi bilan ham aniqlanadi. Bu hol o'qituvchi tomonidan tavsiya qilinadi.

Hisoblashlar

1. Natijalarni grafik usulda hisoblangandagi ε , eksperimental nuqtalarning to'g'ri chiziqdan chetlashishi bo'lib, grafikdan topiladi: k - nuqtalar soni.

2. Natijalarni eng kichik kvadratlar metodi bilan ishlab chiqish uchun 1-jadval asosida quyidagi 2-jadval tuziladi.

2-jadval

N_0	X_i	Y_i	$Y_i X_i$	X_i^2	Y_i	ε_i	ε_i^2
1.							
2.							
3.							
n...							
	$\sum_{i=1}^k X_i$		$\sum_{i=1}^k Y_i X_i$	$\sum_{i=1}^k X_i^2$			$\sum_{i=1}^k \varepsilon_i^2$

Bu jadvaldagi kattaliklarga qo'yilgan indeks 1 dan n gacha sonlarni qabul qilib, o'lchashlar tartibini belgilaydi. Eng kichik kvadratlar metodi bilan topilgan a va b koeffitsientlarni (15) tenglamaga qo'yib, X_i ning qiymatlariga mos keluvchi Y_i^* hisoblanadi va 2-jadvalning 6-ustuniga yoziladi. 7-ustundagi ε_i hisoblab topilgan bilan eksperimentda topilgan Y_i^* lar orasidagi farqdir: $\varepsilon_i = Y_i^* - Y_i$ uning yordamida b koeffitsientning xatoligi hisoblanadi:

$$\Delta b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{P_b(n-2)}}$$

Bu yerda o'lchash natijalarining xatoligini aniqlash qoidalariga asosan

$$P_b = \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

siljish modulining absolt xatoligi α ishonchlilik bilan quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta N = \bar{N} \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(4\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \frac{\Delta \ell^2 (\ell_1^2 + \ell_2^2)^2}{\ell_1^2 \ell_2^2 (\ell_1 + \ell_2)^2}}$$

o'lchashning nisbiy xatoligi esa

$$E = \frac{\Delta N}{\bar{N}} 100\%$$

ga teng. O'lchash natijasining ishonchlilik intervali ko'rinishida yoziladi.

$$N = \bar{N} \pm \Delta N$$

Nazorat savollari:

1. Siljish deformatsiyasi nima?
2. Buralish deformatsiyasi nima?
3. Siljish va buralish deformatsiyalari orasida qanday bog'lanish mavjud?
4. Siljish moduli deb nimaga aytiladi?
5. Qattiq jismning aylanma harakati uchun dinamikaning asosiy qonunini ta'riflang.
6. Nima uchun sistemaning tebranishi kichik burchaklarda bo'lishi kerak?
7. Sim yo'g'onligining butun uzunlik bo'ylab birday bo'lmasligi o'lchash natijasiga qanday ta'sir qiladi?
8. Sistemaning tebranishlari sof garmonikmi?

Adabiyotlar

1. В.И.Иверенова. Физикадан практикум. Механика ва молекуляр физика. Тошкент.: «Ўқитувчи». 1973.(96-99 б.).
2. А.В.Кортнев и др. Практикум по физике. М.:Изд. «Высшая школа». 1965. С. 87-88.
3. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси: Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи». 1981.
4. С.П. Стрелков. Умумий физика курси. Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи» 1977.
5. С.Е.Хайкин. Физические основы механики. М.: «Наука». 1971, Гл. XIII.

6. Л.А. Голдин и др. Руководство к лабораторным занятиям по физике. М.: «Наука». 1973.

7. J.Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

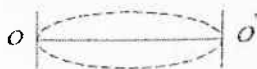
22 – LABORATORIYA ISHI TORNING XUSUSIY TEBRANISHINI REZONANS USULI BILAN O'RGANISH

Kerakli asboblardan va uskunalardan: 1) tovush to'liqlari generator, 2) torli qurilma, 3) chiziq'ich, 4) mikrometr, 5) yukchalar, 6) tarozi.

Ishtidan maqsad. Torning xususiy tebranishlar xossalarini; turgun to'liqlarni hosil bo'lishi va ularning xossalarini; majburiy tebranishlar nazariyasini va rezonans hodisasini; tajribada hosil bo'ladigan garmonikalarni ajrata olish va ularning chastotalarini aniqlash.

Qisqacha nazariya

Interferensiyani alohida ko'rinishi – bu turq'un to'liqlardir. Ular ikkita bir-biriga qarama – qarshi yo'nalishda tarqalayotgan yuguruvchi bir hil to'liqlarning ustma-ust tushishi natijasida hosil bo'ladi. Masalan, ikki uchi mahkamlangan l uzunlikdagi torni olaylik (1 – rasm). Agar



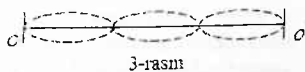
2-rasm

shu torning ma'lum bir nuqtasini muvozanat holatdan chiqarib so'ng o'z holiga qo'yib yuborilsa, u nuqta elastiklik kuchi ta'sirida garmonik tebranna harakat qiladi. Tebranishning siljishi tebranuvchi nuqta torning qayerdaligiga bog'liq: biz tekshirayotgan torning o'rtasida joylashgan nuqta eng katta siljishga, chetki nuqtalari esa kichik siljishga ega bo'ladi. Tebranish davri esa hamina nuqtalar uchun birday bo'lib, torning tarangligiga va og'irligiga bog'liqdir (1-rasm). Jismning ichki elastik kuchlar ta'siridagi tebranishiga shu jismning xususiy tebranishi deyiladi. Agar yuqorida aytilgan torning o'rtasidan ham mahkamlab, so'ng

tebranishga majbur etilsa (2-rasm) yana garmonik tebranish hosil bo'ladi, faqat o'rtasidagi nuqta tebranmaydi. Bu holda hosil bo'lgan tebranishning davri 1 – rasmda hosil bo'lgan tebranish davridan ikki marta kichik bo'ladi.

Agar torning chetki nuqtalaridan tashqari yana ikki nuqtasidan mahkamlansa (teng uch bo'lakka bo'linadigan qilib) (3 –rasm), hosil bo'lgan tebranishning davri (2 –rasmda) hosil bo'lgan tebranish davridan uch marta kichik bo'ladi (3-rasm).

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



to'lqinning tugunlari, eng katta siljishga ega bo'lgan nuqtalariga to'g'ri kelgan yerlari turg'un to'lqin.ning do'ngliklari deyiladi.

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

Yuqorida ko'rilgan misollarimizdan ko'rinadiki, tor uzunligida butun sondagi (1, 2, 3 . . .) to'lqin uzunlikli turg'un to'lqinlar hosil bo'ladi. Tor uzunligida bitta turg'un to'lqin hosil bo'lsa, uni torning asosiy tebranishi yoki asosiy toni deyiladi.

Tor uzunligida bir nechta turg'un to'lqin hosil bo'lsa, ularni torning obertonlari yoki garmonikalari deb yuritiladi (3 – rasm).

Agar ixtiyoriy ravishda tebrana yotgan torni qisqich yordamida biror nuqtasidan qisilsa, uning hammasi garmonikalari qo'shilish natijasida torida murakkab tebranish hosil bo'ladi. Bu holda torning xususiy tebranish davrini aniqlash qi yinlashadi.

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

Agar xususiy tebranayotgan jisimga, mos ravishda davriy o'zgaruvchan kuch bilan ta'sir etilsa, tebranishning amplitudasi orta boshlaydi. Agar majburlovchi kuchning tebranish davri, jismning xususiy tebranish davriga yaqinlashsa, tebranishning amplitudasi eng katta qiymatga intiladi.

Biz ko'rib o'tgan xususiy tebranish, tebranma davrlari $T_0, \frac{T_0}{2},$

$\frac{T_0}{3}, \dots$, yoki tebranish chastotalari ν_1, ν_2, ν_3 , yoki $\nu_0, 2\nu_0, 3\nu_0, 4\nu_0,$

bo'lgan tebranishlarning qo'shilishlaridan iborat. Agar shu tebranuvchi torga davriy o'zgaruvchan kuch bilan ta'sir etilsa, masalan ν_2 ga teng chastota tanlansa, rezonans hodisasi natijasida unga tebranishning $2\nu_0$ - chastotali garmonikasi "Javob" bo'ladi. Qolgan garmonikalarning amplitudasi juda kichik bo'lib, ular torning tebranishiga deyarli ta'sir etmaydi. Shunday qilib, davriy ta'sir etuvchi kuchning chastotasini o'zgartirib, torning xususiy tebranish garmonikalarini ajratib olish mumkin. Rezonans hodisasi paytidagi majburlovchi kuchning chastotasi va torda hosil bo'lgan do'ngliklar soni garmonikaning tartib nomerini va uning chastotasini beradi.

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

Nazariyadan ma'lumki, turg'un to'lqinning uzunligi har doim "Chopar" -yuguruvchi to'lqin uzunligining yarmiga teng.

$$\lambda_r = \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

Chopar to'lqin uzunligi esa, o'z navbatida tebranishning chastotasi va tarqalish tezligi "c" bilan quyidagicha bog'langan:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (2)$$

λ - ning qiymatini (2) formuladan (1) - ga qo'yilsa, torda hosil bo'lgan aniq garmonikali turg'un to'lqinning uzunligini topamiz.

$$\lambda_r = \frac{c}{2\nu_n} \quad (3)$$

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

$$\ell = n\lambda_r \quad (4)$$

(3) va (4) formulalarni birlashtirib n -nchi garmonikaning chastotasini topamiz:

$$v_n = \frac{nc}{2\ell} \quad (5)$$

Nazariyadan ma'lumki, torda to'liqning tarqalish tezligi

$$c = \sqrt{\frac{P}{\rho S}} \quad (6)$$

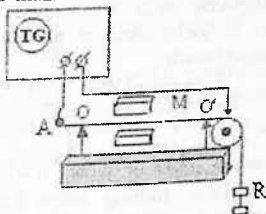
ga teng. Bunda P – torning taranglik kuchi, ρ – esa torning chiziqli zichligi, $\rho = \frac{m}{e}$ ning ifodasini (6) dan (5) ga qo'yib, ushbu natijaviy formulani hosil rilamiz.

$$v_n = \frac{n}{2\ell} \sqrt{\frac{P}{\rho S}} \quad (7)$$

Laboratoriya ishini maqsadi, shu munosabatni, ya'ni (7) ni tekshirishdan iborat.

Ishning tavsifi

Laboratoriya ishini qurilmasi 4 – rasmda keltirilgan. Magnitlanmaydigan latun simdan yasalgan torning bir uchi A – da mahkamlangan bo'lib, O va O' tayanchlarga ega. Torning tayanchlari orasidagi uzunligi l bo'ladi. Torning ikkinchi uchi blok orqali o'tib, R yuk yordamida taranglashadi. Torning doimiy magnit maydoniga joylashtirib, so'ng undan chastotasi 20 dan 20000 Hz gacha o'zgaradigan tovush generatori orqali o'zgaruvchan tok o'tkaziladi.



4-rasin

Ma'lumki, magnit maydoniga joylashtirilgan tokli o'tkazgichga Amper kuchi ta'sir etadi. Bu kuch o'tkazgich uzunligiga, o'tkazgichdan o'tayotgan tokka $I = 0,9 \div 1,2A$ va magnit maydon induksiya kattaligiga proporsionaldir. Magnit maydon biz ishlab chiqqan laboratoriya qurilmasida bir jinsli bo'lib, uning induksiyasini Amper qonunidan foydalanib aniqlandi va u $B \approx 0,127T$ ni tashkil qildi. Berilgan taranglikdagi tordan o'tayotgan tokning chastotasi sekin orttira borilsa, kichik chastotada tor deyarlik qo'zg'almaydi. Tok chastotasini orttirishi davom ettirilsa, torda hosil bo'lgan tebranishning siljishi orta boradi va ma'lum ν_1 chastotada maksimumga erishadi. Shu vaqtda torning o'rtasida do'nglik kuzatiladi. Tok chastotasini yana orttirilsa, torda hosil bo'lgan tebranishning siljishi minimum holatga keladi, chastota $\nu_2 = 2\nu_1$ bo'lganda tebranishning siljishi yana maksimumga erishadi. Bu holda torning o'rtasida tugun hosil bo'ladi, do'ngliklar soni 2 - ta bo'ladi (ikkinchi garmonika). Tok chastotasini yana orttirib, torda 3 - chi, 4 - chi va hokazo garmonikalarni uyg'otish mumkin.

Tajribani bajarish tartibi

1. Torning mahkamlangan uchiga R yuk osib, tarang tortiladi.
2. Tordan o'tayotgan tokning chastotasini generator yordamida o'zgartirib, birinchi, ikkinchi va hokazo garmonikalar uchun rezonans chastotalar aniqlanadi. Topilgan chastotalarning karrali ekanligiga ishonch hosil qilish zarur.
3. Yukni yana ikki marta o'zgartirib, torning tarangligi o'zgartiriladi va tajriba takrorlanadi.
4. Har bir taranglikda torda o'lchangan garmonikalarning rezonans chastotalari bo'yicha birinchi garmonikaning o'rtacha rezonans chastotasi hisoblanadi:

$$\nu_{o'rtacha} = \frac{\nu_1 + \frac{1}{2}\nu_2 + \frac{1}{3}\nu_3 + \dots + \frac{1}{n}\nu_n}{n}$$

5. ν o'rtacha, formula (7) bo'yicha $n=1$ deb hisoblangan chastota bilan solishtiriladi. Buning uchun torning uzunligi va diametrimni o'lchab, misning zichligi jadvaldan olinadi.
6. Tajriba natijalari 1 - jadvalga yoziladi.

l, m	d, m	$\rho \cdot S, kg/m$	Taranglik kuchi R, N	Garmonika tartibi	Rezonans ν_n, Hz	ν_1 , o'Ichangan o'tacha chastota	ν_n – Formula bo'yicha hisoblangan
				1.			
				2.			
				3.			

Nazorat savollari:

1. Torning tebranish jarayonini ta'riflang.
2. Torning tebranishida vujudga keladigan kuchlarni tavsiflang.
3. Torning tebranish davri qanday kattaliklarga bog'liq.
4. Torning tebranishida qanday to'liqin vujudga keladi?
5. Torda turli to'liqin hosil bo'lish jarayonini tusuntiring.
6. Nima uchun torning tebranish davri torning taranglik kuchiga va materiallarining chiziqli zichligi $\rho_1 = \frac{m}{\ell} = \rho s$ ga bog'liq?
7. Nima uchun turg'un to'liqinning turli nuqtalarida energiya vaqt bo'yicha o'zgarmaydi?

Adabiyotlar

1. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент.: Ўқитувчи. 1977. XII боб. §138 (419-427 б.) § 143 (440-445 б.).
2. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. М.: Наука, 1963, Гл. XX. §135-137. (587-599 с.) §150-151 (671-673 с.).
3. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси: Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи». 1981.
4. Физикадан прфктикум. Механика ва молекуляр физика. Иверенова В.И. тахрири остида. Тошкент.: Ўқитувчи. 1973. 31-иш (181-186 б.).
5. J.Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

23 – LABORATORIYA ISHI

TOVUSHNING HAVODA TARQALISH TEZLIGINI TURG'UN TO'LQIN USULI BILAN ANIQLASH

Kerakli asbob va anjomlar: 1) qurilma, 2) tovush generatori, 3) eshitish trubkasi.

Tebranishlarning elastik muhitda tarqalish jarayoniga mexanik to'lqin deyiladi.

Ixtiyoriy bir vaqt momentida tebranishlar shu muhitni biror (yuzasi) sirtiga bir vaqtda yetib boradi. Bu sirt to'lqin sirti yoki to'lqin fronti deyiladi. Bu sirtidagi muhit zarrachalari bir xil fazada tebranadi.

Agar to'lqin fronti sferadan iborat bo'lsa sferik to'lqin deyiladi, yassi sirt-tekislikdan iborat bo'lsa yassi to'lqin deyiladi.

Agar muhit zarrachalarining tebranishi to'lqin tarqalish yo'nalishiga perpendikular bo'lsa, bunday to'lqin ko'ndalang to'lqin deyiladi. Bunga torli asboblarning torlarini tebranishi misol bo'la oladi.

Agar muhit zarrachalarining tebranish yo'nalishi to'lqin tarqalish yo'nalishi bilan bir o'q bo'yicha bo'lsa, bunday to'lqin bo'ylama to'lqin deyiladi.

Tovush to'lqini yoki tovush chastotalari $17 \div 20 \cdot 10^3 \text{ Hz}$ oralig'ida bo'lgan bo'ylama mexanik to'lqindir.

Tovush manbayi yassi, bitta ν -chastotada tovush to'lqinini

$$y = A \sin \omega t \quad \text{yoki} \quad y = A \sin 2\pi \nu t \quad (1)$$

qonuniyat bo'yicha tarqatsin.

Bu yerda y -tovush manbayi sirtidagi zarrachalarning muvozanat vaziyatidan siljishi, A -shu siljishning maksimal qiymati yoki amplitudasi, $\omega = 2\pi\nu$ - tebranishlarning siklik chastotasi.

Tovush manbayidan ν - tezlik bilan tarqalayotgan tovush to'lqini undan x masofaga $\tau = \frac{x}{g}$ vaqtdan keyin yetib boradi. U

holda, shu nuqtadan tebranishlarning siljishi $t + \tau$ momentiga to'g'ri kelib, τ vaqt kechikib tebranadi va muhit nuqtasining muvozanat vaziyatidan siljishi

$$y_1 = A_1 \sin \omega(t - \tau) \quad \text{yoki} \quad y_1 = A_1 \sin \omega \left(t - \frac{x}{g} \right) \quad (2)$$

ga teng bo'ladi. Bu tenglama monoxromatik, ya'ni bitta chastotali (bitta to'lqin uzunligidagi) yuguruvchi to'lqin tenglamasidir. Bu tenglama manbadan ixtiyoriy x masofadagi zarra tebranishlarining muvozanat vaziyatidan siljishini aniqlashga imkon beradi.

Agar to'lqin tarqalishida energiya yo'qolishi bo'lmasa, u holda tebranish amplitudalari $A = A_1$, ya'ni bir xil bo'ladi.

Endi tovush manbayidan x_a va x_b masofadagi nuqtalarning tebranishlarini ko'raylik. Bu nuqtalardagi tebranishlarning qonuniyatlarini

$$y_a = A_1 \sin \omega \left(t - \frac{x_a}{g} \right) \quad \text{va} \quad y_b = A_1 \sin \omega \left(t - \frac{x_b}{g} \right) \quad (3)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

Berilgan vaqt momentidagi bu nuqtalardan tebranish fazalari

$$\varphi_a = \omega \left(t - \frac{x_a}{g} \right) \quad \text{va} \quad \varphi_b = \omega \left(t - \frac{x_b}{g} \right) \quad (4)$$

ga teng bo'ladi. Agar bu nuqtalardagi tebranishlar bir xil fazada bo'lsa, $\Delta\varphi = \varphi_a - \varphi_b = 2\pi n$ (5) ga teng bo'ladi. Bu yerda $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ butun sonlar. Ikkita eng yaqin masofadgi bir xil tebranishlar uchun fazalar farqi $\Delta\varphi = 2\pi$ (6), yani $n=1$ ga teng

bo'ladi. U holda $\omega \left(t - \frac{x_a}{g} \right) - \omega \left(t - \frac{x_b}{g} \right) = 2\pi$ ga tengligidan

$$x_b - x_a = \frac{2\pi g}{\omega} \quad (7)$$

munosabat kelib chiqadi.

Bir xil fazada tebranayotgan ikkita yeng yaqin nuqtalar orasidagi masofa to'lqin uzunligiga teng bo'lgani uchun $\frac{2\pi g}{\omega} = \lambda$ ga teng bo'ladi.

Bundan $\lambda = \frac{g}{v}$ yoki $\lambda = g \cdot T$ (8) ifodalar kelib chiqadi.

Demak, bir to'la tebranish vaqti - tebranish davrida to'lqinning bosib o'tgan yo'li ham to'lqin uzunligi deyilar ekan.

Endi tovush to'liqining biror to'siqdan qaytib, birlamchi yo'nalishdagi to'liqin bilan uchrashishi natijasida hosil bo'ladigan natijaviy to'liqin xususiyatlarini ko'raylik.

Birlamchi to'liqinning x nuqtadagi tebranishlari

$$y_1 = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{g} \right) \quad (9)$$

ko'rinishda bo'lsin.

Tebranish manbayidan l masofadagi to'siqdan qaytgan tebranishlar tenglamasi esa

$$y_2 = A \sin \omega \left(t + \frac{2l-x}{g} \right) \quad (10)$$

ko'rinishda bo'ladi, chunki ikkinchi to'liqin yurgan yo'l $2l-x$ ga teng.

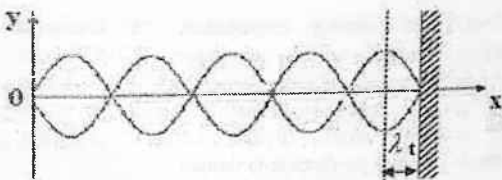
Bu ikkita to'liqin tebranishlarining qo'shilishi natijasidagi to'liqin $y = y_1 + y_2 = 2A \cos \frac{l\omega}{g} \sin \omega \left(t - \frac{x+l}{g} \right)$ yoki $\omega = \frac{2\pi}{T}$ bo'lgani uchun

$$y = 2A \cos \frac{2\pi l}{\lambda} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x+l}{\lambda} \right) \quad (11)$$

ko'rinishda bo'ladi. Bu tenglama amplitudasi $2A \cos \frac{\omega l}{v}$ bo'lgan turg'un to'liqin tenglamasidir. Yana shuni ta'kidlash lozimki, bu tenglamadan $\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x+l}{\lambda} \right) = n\pi$ da yoki $l = \frac{\lambda n}{2}$ nuqtalarda tebranish amplitudasi nolga teng bo'ladi. Bu tebranish amplitudasi nolga teng bo'lib qoladigan nuqtalarga turg'un to'liqinning tugunlari deyiladi.

Tebranish amplitudalari eng katta qiymatga ega bo'lgan nuqtalar do'ngliklar deyiladi. Ikki qo'shni tugunlar yoki do'ngliklar orasidagi masofa turg'un to'liqin uzunligi deyiladi va u tovush to'liqini uzunligining yarmiga teng, yani

$$\lambda_r = \frac{\lambda}{2} \quad (12).$$



1-rasm

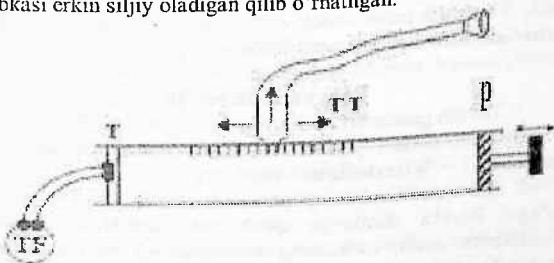
Tajribada ikkita qo'shni tugunlar yoki do'ngliklar orasidagi masofa

$$\Delta l = \frac{1}{2}(n+1) - \frac{\lambda}{2}n = \frac{\lambda}{2} \quad (13)$$

aniqlanadi va λ ni bilgan holda (8) dan tovush to'liqining tezligi $\vartheta = \lambda \cdot \nu$ (14) aniqlanadi. Bunda tebranish chastotasi ν -tovush generatoridan tanlangan chastota qiymatidir. Odatda u 1-5 kHz atrofida tanlanadi.

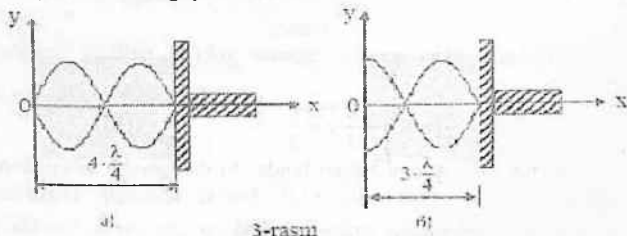
Eksperimental qurilma tavsifnomasi

Qurilmaning asosi ichki diametri 3-6 sm bo'lgan va uzunligi 0,8-1,2 m bo'lgan metall (tovush yutmaydigan boshqa materiallar, masalan plastmassa) nay tashkil qiladi. Nayning bir tomoniga tovush manbayi (telefon.-T) o'rnatilgan. Nayning ikkinchi tomoniga metall porshen erkin siljiydigan qilib o'rnatilgan. Nay yuqori tomonidan tirqish shaklida kesilgan bo'lib, unda TT-tovush trubkasi erkin siljiy oladigan qilib o'rnatilgan.



2-rasm

Tovush to'liqining amplitudasi va chastotasi tovush manbayiga ulangan tovush generatori (Г3-53 yoki Г3-110) yordamida tanlanadi. Tovush generatori diski dastagini burab limba to'g'risidagi chastota qiymati tanlanadi. Tovush amplitudasi tovush trubkasi orqali tovush sezilarli darajada bo'lishi "amplituda" dastagi yordamida tanlanadi.



Tovush manbai TM dan chiqib, P porshendan qaytadi va nayda tovushning turg'un to'liqini vujudga keladi. TT-tovush trubkasining vaziyati nay kesigida mahkamlangan lineyka yordamida aniqlanadi. Agar TM dan yoki porshendan tovush trubkasiga bo'lgan masofa $l = n \frac{\lambda}{2} = 2n \frac{\lambda}{4}$ teng bo'lsa, tovush trubkasining vaziyatlari tugunlarga to'g'ri keladi va tovush deyarli eshitilmaydi. Agar bu masofa $l = (2n+1) \frac{\lambda}{4}$ ga to'g'ri kelsa, bu holda TT-tovush trubkasining vaziyati do'ng'liklarga to'g'ri keladi va tovush balandligi maksimal bo'ladi.

Ishni bajarish tartibi

1. Tovush generatori tok manbayiga ulanib, yoqiladi. Chastota o'zgartirgich dastasi yoki klavishi yordamida ma'lum tovush chastotasi ($l \div 5\text{kHz}$) tanlanadi.

2. TT-tovush trubkasini porshenga yaqin joyga olib borib, so'ngra lineyka shkalasiga qarab uni porshendan asta-sekin uzoqlashtira borib, tovushning maksimumiga to'g'ri kelgan l_1 vaziyatlar yozib olinadi. Surgichni orqaga qaytara borib, o'xshash maksimumiga to'g'ri kelgan TT ning vaziyatlari l_2 qayta aniqlanib

yoziq olinadi. Tovushning bir xil maksimumga to'g'ri kelgan vaziyatlar uchun l_i ning o'rtacha qiymati $\bar{l}_i = \frac{l_i + l_i}{2}$ topiladi.

3. Yaqin ikki qo'shni tovush maksimumi vaziyatlari orasidagi masofa aniqlanadi.

4. Topilgan $(\bar{l}_i - \bar{l}_{i-1})$ ning qiymatlari izlanayotgan tovush to'liqinining yarmiga tengligidan foydalanib, tovush to'liqin uzunligi va chastotasi topiladi hamda natijalar 1 - jadvalga yoziladi.

1-jadval

v_i	max tartibi	TT ning vaziyati		\bar{l}_i	$\bar{l}_i - \bar{l}_{i-1}$	λ_i	ϑ_i	$\bar{\lambda}$	$\bar{\nu}$	$\Delta \nu$	$\varepsilon, \%$
v_1	1										
	2										
	3										
	n...										
v_2	1										
	2										
	3										
	n...										

5. Xuddi shunday o'lehashlar tovush chastotasining yana 2-3 qiymatlari uchun bajariladi va olingan natijalar hisobot jadvaliga yozilib, hisoblashlar bajariladi.

Tovush to'liqin uzunligi va tezligini kichik kvadratik xatoligini hisoblash

To'liqin uzunligini o'rtacha kvadratini xatoligi

$\Delta \lambda = t_n(n) \sqrt{\frac{\sum (\Delta \lambda_i)^2}{n(n-1)}}$ formula asosida hisoblanadi. Bu yerda

$j=1,2,3$, - har xil chastotadagi o'lchashlar tartibi, $t_{\alpha}(n)$ -Styudent koeffitsiyenti, n o'lchashlar-maksimumlar soni.

Berilgan j dagi chastota uchun tezligining absolut xatoligi

$$\Delta v_j = \left(\frac{\Delta \lambda_j}{\lambda_j} + \frac{\Delta v_j}{v_j} \right) v_j \text{ formula bo'yicha hisoblanadi. Bu yerda } \Delta v_j$$

- chastotani generatoridan olishdagi xatolik.

Xuddi shu kabi $j = 2, j = 3$ (v_2 va v_3) hollar uchun $\Delta \lambda_i$ va Δv_j aniqlanadi. Bu qiymatlardan $\Delta \vartheta$ ning o'rtacha qiymati aniqlanadi va natija $v = \bar{v} \pm \Delta v$ ko'rinishda yoziladi.

Nazorat savollari:

1. To'lqin deb nimaga aytiladi?
2. To'lqin fronti nima?
3. Ko'ndalang va bo'ylama to'lqin deb nimaga aytiladi?
4. To'lqin uzunligi deb nimaga aytiladi?
5. Yuguruvchi yassi to'lqin nima?
6. To'lqin fazasi nimani anglatadi?
7. Turg'un to'lqin deb nimaga aytiladi?
8. To'lqin uzunligi bilan chastotasi orasidagi munosabatni keltiring.
9. Tovush tezligi muhitning qanday parametrlariga bog'liq?
10. Nima uchun tovush tezligining aniqlash xatoligi turli chastotalarda turlicha bo'ladi?
11. Nima ushun turg'un to'lqinda energiya uzatilmaydi?

Adabiyotlar

1. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент.: Ўқитувчи, 1977. XV боб. §138-142.
2. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. М. Наука, 1963. Гл. XX. §163.
3. Э.Н.Назирова ва б. Механика ва молекуляр физикадан практикum. Тошкент.: Ўқитувчи, 1977.
4. J.Walker. Fundamentals of Physics.N.-Y.:2011.V, VI, VII. (102-152 p.).

24- LABORATORIYA ISHI

TOVUSHNING HAVODAGI TARQALISH TEZLIGINI INTERFERENSIYA USULI BILAN ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) Qurilma, 2) tovush generetori, 3) eshitish moslamasi.

Tutash elastik muhitlarda (gaz, suyuqlik va qattiq jisim) zarrachalarning tebranishi boshqa qator muhit zarrachalarini tebranishiga olib keladi. Sababi, muhit zarrachalari orasida o'zaro tortishish va itarilish kuchlari mavjud. Tutash muhitda (masalan havoda) tebranishlar vaqt bo'yicha barcha yo'nalishda tarqaladi. Bu jarayon mexanik to'lqin deyiladi.

Avvalgi laboratoriya ishida to'lqinlarning umumiy xossalari batafsil berilgan edi. Tovush ham bo'ylama mexanik to'lqin bo'lgani uchun uning tarqalishini yuguruvchi yassi to'lqin tenglamasi orqali tavsiflagan edik, ya'ni manbadan x masofadagi zarralarni tebranish tenglamasini

$$Y(x, t) = A \sin(\omega t + \phi_0 - \omega \tau) \quad (1)$$

ko'rinishda yozish mumkin edi. Bu yerda A -tebranish amplitudasi, ω - siklik chastota, ϕ_0 - tebranishlarning boshlang'ich fazasi (ko'pincha soddalik uchun $\phi_0 = 0$ deb olinar edi), $\tau = \frac{x}{v}$ - maydondan tarqalayotgan tovushini x masofaga kechikib yetib borish vaqti, v - tovush to'lqinining tezligi.

Yassi monoxromatik (bitta chastotali) tovush to'lqining tenglamasini

$$y = A \sin \left[\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) + \varphi \right] = A \sin \left[\frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} + \varphi \right) \right] \quad (2)$$

shaklida ham ifodalash mumkin. Bu yerda

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} \quad (3)$$

va

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{\nu} \quad (4)$$

munosabatlarni yodda tutgan holda tovush to'liqini uzunligi tebranish chastotasi va uning tarqalish tezliklari orasidagi munosabatlarni ifodalash mumkin:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu \quad (5)$$

Demak, berilgan chastotadagi tovush to'liqini uzunligini amalda aniqlab, uning tezligini topish mumkin ekan. Havoda va boshqa elastik muhitlarda juda katta chastota diapazonida elastik to'liqlar hosil bo'ladi. Lekin biz 17 Hz dan 20 kHz gacha bo'lgan to'liqlar - tovushlarni eshitamiz. Chastotasi 17 Hz dan kichik bo'lgan infra-tovushlarni, 20 kHz dan katta bo'lgan ultratovushlarni inson eshita olmaydi. Inson 2 kHz dan 5 kHz gacha chastotalar intervalidagi tovush to'liqlarini yaxshi eshitadi. Shu sababli tajriba shu chastotalardagi yassi yuguruvchi tovush to'liqlarining interferensiyasidan foydalanamiz.

Ikki ta chastotalari (to'liqin uzunliklari) bir xil va fazalar farqi vaqt bo'yicha o'zgarmaydigan to'liqlar - kogerent to'liqlarning bir-biri bilan uchrashib kuchayishi yoki susayishiga interferensiya deyiladi.

Faraz qilaylik, bitta to'liqin manбайдan uchrashish nuqtasiga yetib borguncha x_1 masofani bosib o'tsin. Uning bu nuqtadagi to'liqin tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$y_1 = A_1 \sin \left[\omega \left(t - \frac{x_1}{g} \right) + \varphi \right] \quad (6)$$

Ikkinchi to'liqin esa x_2 masofani bosib o'tsin. U holda uning to'liqin tenglamasi

$$y_2 = A_2 \sin \left[\omega \left(t - \frac{x_2}{g} \right) + \varphi \right] \quad (7)$$

ko'rinishda bo'ladi. Soddalik uchun boshlangich faza $\varphi = 0$ va tovush energiyasi shu tarqalish sohasida yo'qolmaydi deb faraz qilamiz, ya'ni $A_1 = A_2 = A$. U holda $\omega = \frac{2\pi}{T}$ va $v \cdot T = \lambda$ ekanligini hisobga olib, (6) va (7) tenglamalarni quyidagi ko'rinishlarda yozamiz.

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right) \\ y_2 &= A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda} \right) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Monoxromatik tovush to'liqlari qo'shilib bir-birini qoplagan (qamragan) sohada tebranishlar ustma-usti tushadi, interferensiya ro'y beradi. Natijada ba'zi joylarda tebranish kuchayadi, ba'zi joylarda esa susayadi. Shu nuqtaga yetib kelgan ikkita bir xil chastotali tebranishlarning yigindisidan iborat, ya'ni

$$Y = Y_1 + Y_2 = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (9)$$

Uning natijaviy amplitudasi umumiy holda

$$A_0 = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)} \quad (10)$$

ga teng. Ko'rilayotgan nuqtaga yetib kelgan tovush tebranishlarining fazalar farqi esa (8) tenglamadan

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi \frac{x_2 - x_1}{\lambda} = 2\pi \frac{d}{\lambda} \quad (11)$$

ga teng bo'ladi. Bu yerda qo'shiluvchi tovush to'liqlarining fazalar farqi $\Delta\varphi = 2\pi \cdot n$ (n -butun sonlar) bo'lsa, yo'llar farqi

$$d = x_2 - x_1 = n\lambda \quad (12)$$

butun to'liq uzunliklariga teng bo'lsa, natijaviy tebranish maksimumga erishadi va $A_n = A_1 + A_2$ bo'ladi. Agar qo'shiluvchi tovush to'liqlarining fazalar farqi $\Delta\varphi = (2n+1)\lambda$ bo'lsa, u holda yo'llar farqi

$$d = x_2 - x_1 = (2n+1) \frac{\lambda}{2} \quad (13)$$

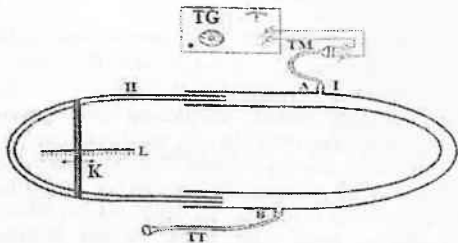
ya'ni, toq yarim to'liq uzunliklariga teng bo'lsa, natijaviy tebranishlar minimum $A_n = A_1 + A_2$ bo'ladi. Bu yerda $n=0,1,2,3 \dots$ butun sonlar ekanligini yodda tutish lozim.

Shunday qilib, tovush to'liqining (har qanday kogorent to'liqining) interferensiyasi ularning amplitudasi va bir xil bo'lgan chastota qiymatiga bog'liq bo'lmay, faqat to'liqlarning manbadan ularning uchrashish nuqtasiga bo'lgan yo'llar farqiga bog'liq ekan. Ana shu tamoyildan foydalanilgan holda, mazkur ishda to'liqning interferensiyasini hosil qilib, uning havoda tarqalish tezligini aniqlaymiz.

Usulning nazariyasi va eksperimental qurilma

Tovush to'liqining havoda tarqalish tezligini aniqlash uchun uning chastotasi va to'liqin uzunligini bilishimiz kerak. Bu usulda tovush chastotasi tovush generatorining tanlangan shkalasidan olinadi. To'liqin uzunligi esa interferensiya usuli bilan, ya'ni interferensiyalovchi to'liqlarning yo'llar farqidan aniqlanadi. Tovush tebranishlarining manbai sifatida tovush generatoriga ulangan telefon "naushnigi" qo'llaniladi. U tovush chastotasidagi elektr tebranishlarni mexanik tebranishlarga, ya'ni tovushga aylantirib beradi. Tovush tebranishlari rezina nay orqali Kvinke asbobiga yuboriladi. Asbobning sxematik ko'rinishi 1- rasmda ko'rsatilgan.

Kvinke asbobi birining ichiga ikkinchisi kiradigan ikkita U simon naydan iborat. Ulardan biri harakatsiz bo'lib, asbob korpusiga mahkamlangan. Ikkinchisi esa deyarli ishqalanishsi uning ichiga 20-30 sm kiradi. Uning harakati K dastak yordamida amalga oshiriladi va vaziyati asbob korpusiga mahkamlangan chizg'ich (L) shkalasidan aniqlanadi. Telefon naushnigi tovush manbaining (TM) o'lchami naylarning diametridan katta bo'lgani uchun yassi tovush to'liqini hosil qilinadi va u nayning A nuqtasiga uzatiladi. Bu nuqtada tovush to'liqini ikkiga ajraladi. Bir qismi o'ng tomonga birinchi nay orqali, ikkinchi qismi chap tomoniga harakat qilib, ikkinchi nay orqali B nuqtaga yetib keladi. Bu nuqta to'g'risiga B naycha ulangan bo'lib, unga TT-tovush trubkasi rezina nay orqali ulangan. Bu trubka yordamida 2 ta B nuqtada qo'shilayotgan tovush to'liqlarining intensivligi kuzatiladi. Qo'shiluvchi ikkala tovush to'liqini bitta manbadan chiqqanligi uchun ular kogerentdir.



1-rasm.

Demak, B nuqta yoki B naychaga yetib kelgan kogerent tovush to'liqlarining yurgan yo'llarining farqiga qarab, TT - tovush trubkasida maksimum yoki minimum - past tovush eshitiladi. K dastak yordamida ikkinchi U simon naychani birinchi naychaga kirita borganda, to'liqlarning yo'llar farqi juft yarim to'liq uzunligiga to'g'ri kelsa, TT - tovush trubkasida maksimum tovush eshitiladi. Agar yo'llar farqi toq yarim to'liq uzunligiga tenglashtirilsa, past tovush eshitiladi. Birinchi maksimum va ikkinchi maksimum tovush eshitiladigan vaziyatlar orasidagi masofa L shkaladan aniqlanadi va bu yo'llar farqi $\Delta d = d_2 - d_1 = \lambda$ ga teng bo'ladi. Sababi, birinchi holda to'liqlarning yo'llar farqi $d_1 = n\lambda$ (maksimum sharti), ikkinchi holda $d_2 = (n+1)\lambda$ ga teng bo'ladi. Ikkinchi tomondan K dastak l masofaga siljiydi. Yo'llar farqi 2l ga teng bo'lgani uchun $d_2 - d_1 = 2l = \lambda$ bo'ladi. Bundan $2l = \lambda$ ga teng ekan. Tovush generatorida tanlangan ν chastota va l ning qiymatini bilgan holda tovush to'liqining havodagi tezligi quyidagi ifoda bo'yicha topiladi:

$$\vartheta = \lambda \cdot \nu = 2l\nu \quad (14)$$

Tajribani o'tkazish va hisoblashlar

1. Tovush generatori tarimoqqa ulanadi va undan olinadigan tovush tebranishlarining chastotasi tanlanadi (odatda 2000-5000 Hz).

2. Tovush trubkasi TT ni quloqqa tutib, tovush generatorining amplituda qulog'ini burab, sistemada yetarli darajada amplitudali tovush to'liq hosil qilinadi.

3. Qo'zg'aluvchi ikkinchi nayni K dastak bilan birinchi nayga mumkin bo'lgan qadar kiritiladi va tovush trubkasi TT dan tovush maksimum (yoki minimal) bo'lguncha orqaga siljiriladi. K dastak vaziyati L shkaladan yozib olinadi.

4. K dastak yordamida qo'zg'aluvchan nayni orqaga siljita borib, navbatdagi maksimum (minimum) tovush eshitiladigan l' vaziyatlar yozib olinadi.

5. K dastak yordamida qo'zg'aluvchan nayni oldinga siljitib, L shkaladan shu tajriba o'tkazilayotgan ν chastotasi uchun mos

keluvchi tovush maksimum (minimum) bo'lgan l'' vaziyatlar qaytadan aniqlanadi va yozib olinadi. Natijalar hisobot jadvaliga yoziladi.

1 - jadval

No	ν	max (min) tarifi	l_{sm}	l_{sm}	$l_i = \frac{l_1 + l_2}{2}$ sm	$l_i = \Delta d$	λ_n	ϑ_n	$\bar{\vartheta}$ m/s	$\Delta \bar{\vartheta}$ m/s	$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{\vartheta}}{\bar{\vartheta}} \cdot 100\%$
1.	ν_1	1									
2.		2									
3.		3									
1.	ν_2	1									
2.											
3.											
	ν_n										

6. O'lchashlar kamida ya'ni 3 ta chastota uchun bajariladi va natijalar hisobot jadvaliga yoziladi.

7. Har bir ν_n ($n=1,2,3...$) chastotalar uchun tovush to'lqini uzunligi λ_n va tezligi ϑ_n ning qiymatlari hamda ularning o'rtacha qiymatlari aniqlanadi.

8. Tovush to'lqini tezligini o'rtacha qiymati $\bar{\vartheta}$ va uning absolut xatoligining o'rtacha qiymati $\Delta \bar{\vartheta}$ aniqlanadi va hisobot jadvaliga yoziladi.

9. Tovush tezligi aniqlashning nisbiy kattaligi $\varepsilon = \frac{\Delta \bar{\vartheta}}{\bar{\vartheta}} \cdot 100\%$ topiladi.

10. Tajriba natijasi $\vartheta = \bar{\vartheta} + \Delta \bar{\vartheta}$ ko'rinishda keltiriladi.

Nazorat savollari:

1. Yassi to'lqin deb nimaga aytiladi?
2. Kogerent to'lqin deb nimaga aytiladi? U qanday hosil qilinadi?
3. Kvinke asbobida hosil qilingan to'lqin qanday (bo'ylama ko'ndalang yoki sferik) to'lqin?
4. To'lqin interferensiyasi deb nimaga aytiladi? Unda maksimum va minimum bo'lish shartini tushuntiring?

5. Ikkita kogerent to'liqin qo'shilib minimum hosil qilingan hol uchun energiya saqlanish qonunini tushuntiring?

6. Tovush amplitudasi, intensivligi, energiyasi kattaliklarini tavsiflang.

7. Tovush qattiq jismlarda qanday tarqaladi?

8. Nima uchun tovushning havodagi tarqalish tezligi uning temperaturasiga bog'liq?

9. Tovush tezligining aniqlashning qanday usullarini bilasiz?

10. Tovush bosimi, intensivligi va ular orasidagi bog'lanishni tavsiflang

Adabiyotlar

1. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент.: Ўқитувчи, 1977. XII боб. §138-142.

2. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. М. Наука, 1963. Гл. XX. §163.

3. Э.Н.Назиров ва б. Механика ва молекуляр физикадан практикум.

Тошкент.: Ўқитувчи, 1977.

4. J.Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

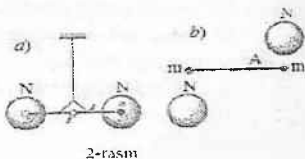
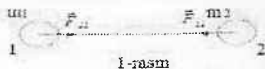
25 -LABORATORIYA ISHI KAVENDISH BURILMA TAROZISI YORDAMIDA GRAVITATSION DOIMIYLIKNI ANIQLASH.

Ishning maqsadi: 1. Burilma mayatnik muvozanatining chetki nuqtalarida so'nuvchi tebranishlarni vaqt funktsiyasi sifatida qayd qilish; 2. G gravitatsion doimiylikni maksimal og'ish usulida aniqlash; 3. G gravitatsion doimiylikni maksimal tezlanish usulida aniqlash;

Qisqacha nazariya

Tabiatdagi barcha jismlar o'zaro tortishadi. Tortishish kuchlari Nyuton tomonidan o'rganilib, 1757 yilda Nyutonning tortishish qonuni yoki «Butun olam tortishish» qonuni kashf etildi.

Ta'rif: massalari m_1 va m_2 bo'lgan va bir-biridan r masofada joylashgan jismlar orasidagi o'zaro tortishish kuchlari shu jismlarning massalari ko'paytmasiga to'g'ri proporsional ($F \sim m_1 \cdot m_2$) va ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsionaldir ($\sim \frac{1}{r^2}$), ya'ni



$$F = F_{12} = F_{21} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Bu yerda G - tortishish doimiysi yoki gravitasion doimiydir. Uning fizik ma'nosi: $G = \frac{F r^2}{m_1 m_2}$, ya'ni $m_1 = m_2 = 1 \text{ kg}$ va orasidagi masofa $r = 1 \text{ m}$ bo'lgandagi jismlar orasidagi tortishish kuchi, ya'ni $G = F$ ekan.

Moddiy nuqta deb hisoblab bo'lmaydigan jismlar uchun (ya'ni, jism o'lchami $D \sim r$) u jismlarning har bir kichik bo'lagi (zarrachasiga) ta'sir kuchlarini topib, har bir jismlarning barcha bo'laklari bo'yicha vektor yig'indisi topiladi, ya'ni

$$\vec{F} = \sum \Delta \vec{F}_i = \sum \gamma \frac{\Delta m_1 \Delta m_2}{r_i^2} \vec{r}_i.$$

Natijaviy tortishishni kuchlari har bir jismning massalarining markaziga qo'yilgan bo'ladi.

Masalan: bir jinsli sharlar bo'lsa, ular orasidagi tortishish kuchlari (hisoblashlar shuni ko'rsatadi) shu sharlarning markazlariga qo'yilgan bo'ladi (1-rasmga qarang).

Tortishish kuchlari tajribada birinchi marta 1798 yilda Kavendish tomonidan burilma tarozi vositasida o'lchanilgan. Kavendish tajribasining sxematik ko'rinishi quyidagicha.

Ikkita muvozanatda turgan m massali, har biri 158 kg dan bo'lgan 2 ta qo'rg'oshin sharlar 2 ta massali sharlar bilan tortishish

natijasida metall simga osilgan m massali sharlar sistemasi α burchakka buriladi. Burilish burchagi α ko'zguga tushayotgan nur yo'nalishini o'lchash asosida aniqlanadi. Juft kuchlarining momentlari $M = 2F \cdot l/2$ ni burilish deformatsiyasida (simda hosil bo'lgan) bo'ladigan kuch momenti $M = f\alpha$ ni hisoblash orqali aniqlanadi.

Bu yerda simning burilish moduli f ni sistemaning tebranish davrini o'lchagan holda topish mumkin:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{f}} = 2\pi \sqrt{\frac{ml^2}{2f}}, \text{ buyerde } I = \frac{ml^2}{2} - \text{ sistemaning}$$

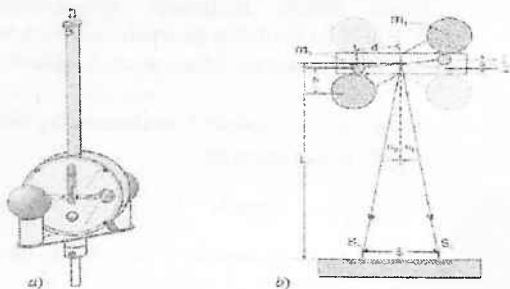
inersiya momenti. Demak, f ni aniqlab, F ni o'lchab, tortishish kuchini hisoblash mumkin. F ni bilgan holda $G = \frac{Fr^2}{mM}$ dan G ning qiymati aniqlanadi. SI da $[G] = \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$, SGS sistemasi da $G = 6,65 \cdot 10^{-8} \text{ dn} \cdot \text{sm}^2 / \text{gr} \cdot \text{s}^2$ kattalik va birliklarda o'lchanadi.

Kavendishdan keyin qator tajribalardan G ning qiymati aniqlandi va Kavendish taklif qilgan G ning kattaligi amalda tasdiqlandi.

O'lchash metodining qisqacha nazariyasi

Kavendish burilma tarozisining asosini uchlariga osilish nuqtasidan d masofada m_2 massali 2 ta qo'rg'oshin sharcha o'rnatilgan va ingichka elastik sim - torga osilgan yengil ko'ndalang tayoqcha tashqil qiladi. Bu ikki sharchalar m_1 massali ikkita katta qo'rg'oshin sharlarga ta'sir ko'rsatadi. Ta'sirlashuv kuchi 10^{-9} N dan kichik bo'lishiga qaramasdan uni o'ta sezgir gravitatsion burilma tarozi yordamida kuzatish mumkin. Kichik sharlar harakati infraqizil holat detektor orqali qayd qilinadi va o'lchanadi (3-rasmga qarang). Infraqizil holat detektorida botiq ko'zgu yordamida yoritiladigan to'rtta infraqizil diod mavjud bo'lib, ular burilma mayatnikning ko'ndalang to'siniga o'rnatilgan. Ko'zgudan qaytgan nur qator fototranzistorlarga tushadi va m_2 massali sharchalar tebranishini qayd qiladi. m_1 massali jism kattaligi va qurilma geometriyasi haqidagi ma'lumotlar asosida

maksimal o'g'ish usuli yoki oddiyroq bo'lgan tezlanish usulidan foydalanib, gravitatsion doimiylikni aniqlash mumkin.



3-rasm. Kavendishning burilma tarozisi (a - chapda) va tajriba qurilmasi (b - o'ngda).

Qurilma tarkibi

1. Gravitatsion burilma tarozi
2. IQ holat detektor (IRPD)
3. Qo'shimcha zarur narsalar: Windows 98 yoki yuqori versiyali kompyuter

a) **Maksimal og'ish usuli.** Maksimal og'ish usuli bir-biridan b masofada joylashgan m_1 va m_2 massali ikki sferik sharcha orasidagi gravitatsion tortishish kuchini aniqlashga asoslangan (3-rasm):

$$F = G \frac{m_1 m_2}{b^2} \quad (1)$$

Shunday qilib m_1 massali ikkita katta sharlar I vaziyatda bo'lganlarida (3-rasmga qarang) burilma mayatnikka ta'sir qiluvchi juat kuchlar momenti M_1 quyidagiga teng

$$M_1 = 2Fd \frac{m_1 m_2}{b^2} \quad (2)$$

Tortishish hosil qilgan kuchlari momenti sterjenni muvozanat vaziyatiga qaytaruvchi aylanish elastic kuch momenti bilan kompensatsiyalanadi. Buning natijasida burilma mayatnik s_T muvozanat vaziyatini oladi.

I vaziytdagi katta qo'rg'oshin sharchalarni II vaziytga burib kuch simmetriyaga asoslanib o'zaro almashishadi. Kuch momentlari uchun $M_2 = -M_1$ tenglik o'rinli bo'ladi. Mayatnik s_2 muvozanat vaziyati atrofida so'nuvchi tebranishlar sodir qiladi. Bu ikki kuch momentlari farqini mos ravishda α_1 va α_2 burchaklar farqi bilan almashiramiz:

$$D \cdot (\alpha_1 - \alpha_2) = M_2 = 2M_1 \quad (3)$$

D buralish moduli bo'lib bu burilma mayatnik tebranish davri T va inersiya momenti I bilan aniqlanuvchi kattalikdr:

$$D = \frac{4\pi^2}{T^2} I \quad (4)$$

Bu yerdagi I inertiya momenti ikki kichik sharlar inertiya momentlari yig'indisiga teng:

$$I = 2m_2 d^2 \quad (5)$$

Bundan foydalansak, (4) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$D = \frac{8\pi^2}{T^2} d^2 m_2 \quad (6)$$

(1), (3) va (4) tenglamalardan G uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$G = \frac{2\pi^2}{T^2} \frac{d^2 d}{m_1} (\alpha_1 - \alpha_2) \quad (7)$$

Bu holat uchun geometriyadan quyidagi munosabatga ega bo'lamiz:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{S}{2L}$$

Kichik burchaklar uchun $\operatorname{tg} 2\alpha = \alpha$ va shu sababli

$$\alpha = \frac{S_1}{2L} I \quad (8)$$

Bu (8) munosabatdan foydalanib (7) teglamani quyidagicha o'zgartiramiz:

$$G = \frac{2\pi^2}{T^2} \cdot \frac{d^2 \cdot d}{m_1} \frac{(S_1 - S_2)}{L} \quad (9)$$

b) Tezlanish usuli. Katta qo'rgoshin sharchalar I vaziyatdan II vaziyatga o'tgach, kichik sharchalar quyidagi

$$m_2 \cdot \alpha_0 = 2G \frac{m_1 m_2}{b^2} \quad (10)$$

harakat tenglamasi orqali kelib chiqadigandan α'_0 tezlanishga ega bo'ladilar. (10) ifodadan gravitatsiya doimiysi kelib chiqadi:

$$G = \frac{\alpha_0 b^2}{2m_1} \quad (11)$$

m_2 massali jismlar olgan α_0 tezlanish va α'_0 tezlanish geometrik yo'l masofalar d va L orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha_0 = \alpha'_0 \frac{d}{2L} \quad (12)$$

Notekis harakatda bosib o'tilgan yo'li quyidagi tenglamadan aniqlanishi bois

$$S(t) = \frac{1}{2} \alpha_0 t^2 \quad (13)$$

tenglamadan aniqlanishi sababli α'_0 ni

$$S(t) = A \cdot t^2 + B \cdot t + C \quad (14)$$

harakatning birinchi fazasi umumiy tenglamasi, parabola tenglamasiga keltirish orqali aniqlash mumkin.

(13) tenglamani (14) tenglama bilan solishtirib quyidagini olamiz:

$$\alpha_0 = 2 \cdot A \quad (15)$$

(11) va (12) tenglamalarni hisobga olgan holda gravitatsion doimiylikni aniqlanish mumkin:

$$G = \alpha'_0 \frac{db^2}{4m_1 L} \quad (16)$$

Tajriba qurilmasini yig'ish

Burilma tarozi talab bo'yicha sozlangandagina o'lchash natijalari ishonchli bo'lishi mumkin. Jismlarning o'zaro ta'siri tufayli yuzaga keladigan burilma tebranishlar har qanday tashqi

ta'sirlardan xoli bo'lishi shart. Tajriba qurilmasining umumiy ko'rinishi 4-rasmda keltirilgan.

Gravitatsion Burilma tarozini yig'ish:

- Tajriba qurilmasi ish stolini 4-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.

- Gravitatsion *Burilma tarozi* mahkamlanadigan optik relsni o'rnatish.

- Gravitatsion *Burilma tarozini* shunday holatga keltiringki (katta sharlar qo'yilmagan holda) kichik sharchalarga ega richag bemalol aylana olsun.

- *Burilma* mayatnikni tutib turish mexanizmini bo'shating va shunday sozlangki mayatnik osmalari uchlaridagi ignalari trubka o'rtasida bo'lib, mayatnik erkin aylana olsun.

- *Burilma* mayatnikni bir yoki bir necha kun osilgan holda turishiga qo'yib bering va so'ngra zarurat tug'ilganda qurilma nolini qayta sozlang.

Gravitatsion burilma tarozi va IQ holat detektorini orasidagi masofani o'rnatish:

- IQ holat detektorini optik relsga o'rnatilgan taglik sterjeniga orqa paneli bilan mahkamlang.

- IQ holat detektorini optik relsga shunday o'rnatishki, gravitatsion burilma tarozi ko'zgusi va IQ detektor orasidagi masofa 70 sm ni tashkil qilsin.

- IQ holat detectorini 12 V li tok manbaiga ulang va IQ yorug'lik diodlari oynasini gravitatsion burilma tarozi bilan bir sathda joylashtiring.

- Endi ikkita qizil yorug'lik diodi shunday yorqin yonadiki, ularning akslangan tasvirini qurilma tekisligida yoki qurilmaning o'zida yoki uning yoniga qo'yilgan oq qog'ozda ko'rish mumkin.

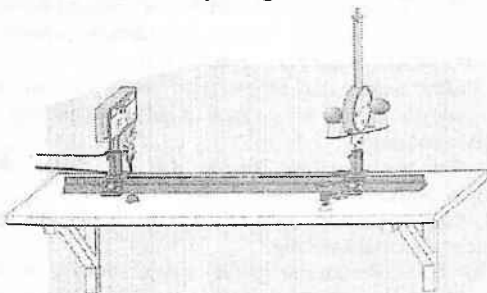
Agar tasvir oynaning chap yoki o'ng tomonida paydo bo'lsa gravitatsion burilma tarozini shunday buringki, LED diodlar nurining ko'zgu aksi old panelidan o'tsin.

Agar tasvir oynadan pastda yoki yuqorida ko'rinsa IQ detektorini pastga yoki yuqoriga harakatlantirib nurni markazdan o'tishini ta'minlang.

- Ko'zgu bilan qoplangan tekislikda fototranzistorlar qatorini shunday joylashtiringki, o'lchashlarda barcha fototranzistorlar bir xil qatnashsin.

- Balandlik sathini yashil va qizil yorug'lik diodlari nuri bilan to'g'irlab oling. Fototranzistorlar qatori ko'zgu yordamida yoritiladigan tekislikda joylashgandagina fototranzistorlar yorug'lik nurlari kuchiga qarab ochiladi yoki yopiladi(kalit sifatida ishlaydi):

- Qizil LED miltillasa, yoritilganlik- sozlanganlik yetarlicha;
- Yashil LED miltillasa, yoritilganlik- sozlanganlik yaxshi.



4-rasm. Tebranishni IQ holat detektori elektron tarzda qayd qiluvchi gravitatsion burilma tarozi tajriba qurilmasi.

Tebranishlarni qayd qilish

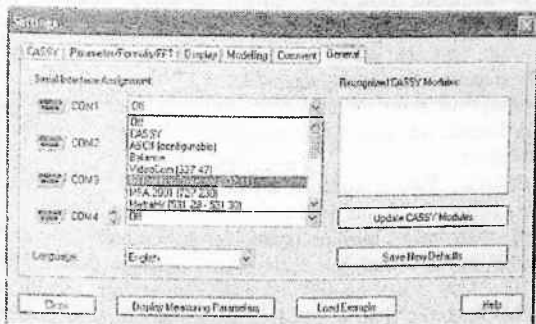
- IQ detektorni RS232-interfeys porti orqali kompyuterga ulang

- Xali kompyuterga dastur o'rnatilmagan bo'lsa o'rnatish va ishga tushiring (CASSY Lab foydalanuvchi interfeysining berilgan konfiguratsiyasi bo'yicha).

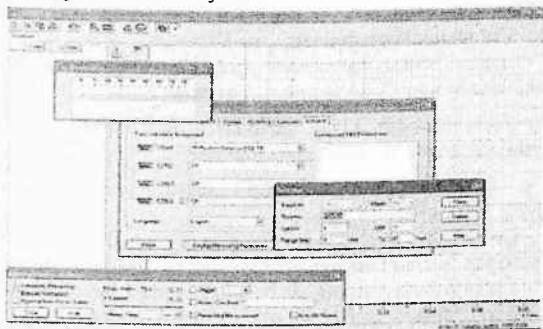
- "Settings" oynasini asboblardagi tugmasini yoki F5 klavishini bosib chaqiring:



- "Settings" oynasidan "General" bo'limini tanlang va IQ holat detektorini uchun mos COM portni tanlang.



IQ holat detektorini uchun mos COM port tanlangandan keyin dasturdagi ishchi oynalar va jadvallar ochiladi hamda o'lchanuvchi kattaliklar indikatorini faollashadi, ya'ni "Positions", "Settings" va "Measuring Parameters" oynalari ochiladi.



- Tanlangan parametrlar ekrandagi barcha menyularni oynalari yopilgach qabul qilinadi.

- Gravitatsion burilma tarozi tebranishini qayd qilish uchun tugmasini yoki F9 klavishini bosib.

Eslatma: tugma tumblerli kalit kabi ishlaydi. Ma'lumotni qabul qilish tugmasi yoki F9 klavishi bilan to'xtatilishi mumkin. Tajriba qurilmasini sozlash bir tajriba davomida faqat bir marta bajarilishi kerak. Gravitatsion burilma tarozi yopilgandan keyin tinch holati saqlanishi lozim.

Tajribani bajarishga tayyorgarlik:

- Mayatnik biror bir muvozanat holatida tinch turishi uchun qurilma kamida ikki soat davomida tashqi zarba va ta'sirlardan holi bo'lishi shart.

Eslatma: Yaxshi sozlash uchun eng maqbul muvozanat holatiga taxminan 20 mm va 50 mm masofalarda erishiladi. Agar bushart bajarilmasa, burilma tarozi kichik burchakgagina og'adi. Bu holda bu sozlashni bir necha marta amalga oshirish kerak bo'ladi. Agar uzoq muddat ishlamay turganligi sababli tutib turuvchi vintlar bo'shab qolgan bo'lsa burilma tarozi muvozanatga kelishi uchun ko'p vaqt talab qilinadi.

- Asosiy chiziqni kuzatish orqali sanoq boshi, nol nuqta stabililigini tekshiring. Tugmasini bosib ma'lumotlarni qabul qilishni boshlang.

- Nol nuqta fluktuatsiyalarini 10 minut davomida kuzating.

a) Maksimal og'ish usuli.

- Sistema to'la muvozanat holatiga kelgunicha kuting (dastlabki tayyorgarlik ko'rsatmasiga qarang);

- Siz o'lchangan asosiy kattaliklarni $\hat{\uparrow}$ tugmasi yoki F4 klavishi yordamida o'chirishingiz mumkin;

- Kattaliklarni olish va ularni to'plash uchun $\hat{\uparrow}$ tugmasini yoki F9 klavishi bosish kerak;


- Qo'rg'oshin sharli kronshteynini I holatdan II holatga tez va ehtiyotkorlik bilan o'tkazing;


- Qo'rg'oshinli sharlarni II holatdan qayta I holatga keltiring va I holat atrofida tebranishlarni o'lchashni takrorlang;

- Kattaliklarni olish va ularni to'plashni tugmasi yoki F9 klavishi bilan to'xtating. Eslatma: O'Ichagan natijalaringizni tugmasini yoki F2 funktsional klavishini bosish orqali saqlashingiz mumkin.


b) Tezlanish usuli.

- Sistema to'la muvozanat holatiga kelgunicha kuting (dastlabki tayyorgarlik: ko'rsatmasiga qarang);

- Siz o'Ichangar asosiy kattaliklarni  tugmasi yoki F4 klavishi yordamida o'chirishingiz mumkin;

- Kattaliklarni olish va ularni to'plash uchun  tugmasini yoki F9 klavishi bosish kerak;

- Qo'rg'oshin sharli kronshteyni I holatdan II holatga tez va ehtiyotkorlik bilan o'tkazing va harakatning birinchi fazasini yozib oling.

- Kattaliklarni olish va ularni to'plash uchun  tugmasini yoki F9 klavishi bosish kerak.

Nazorat savollari:

1. Butun olam tortishish qonunini tushuntirig
2. Gravitatsion doimiyning fizik ma'nosini aytib bering
3. Gravitatsion maydon deganda nimani tushunasiz?
4. Maydon kuchlanganligi deganda nimani tushunasiz va u nimalarga bog'liq?
5. Maydon potentsiali deganda nimani tushunasiz va u maydon kuchlanganligi bilan qanday bog'langan?
6. Kepler qonunlarini tushuntiring?
7. Gravitatsion massa nima va u inert massadan nima bilan farq qiladi?
8. Gravitonlar nima?
9. Juft kuchlar momenti qanday aniqlanadi?
10. Burilish deformatsiysi kuch momenti qanday aniqlanadi?
11. Sun'iy yo'ldoshlarning tezliklari va harakat trayektoriyalarini tavsiflang.
12. Butun olam tortishish qonunini qanday paydo bo'ldi?

13. Gravitatsion doimiylikni aniqlash bo'yicha Jolli tajribasi va u Kavendish usulidan qanday farq qiladi?

Adabiyotlar

1. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1977. IX боб, §76-80.
2. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. I – том. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. IX боб, §53–62 (303 – 334 б.).
3. С.Э.Фриш, А.В. Тиморева. Умумий физика курси. I – том. Тошкент: Ўқитувчи, 1965. §23 (80 – 82 б.).
4. И.С.Савельев. Умумий физика курси. I – том. Механика., Тошкент: Ўқитувчи, 1971. §46–50 (144 – 153 б.).
5. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. М.: Наука. 1971.

26 -LABORATORIYA ISHI

ELASTIK TO'QNASHUVDA ENERGIYA VA IMPULS SAQLANISH QONUNLARINI TEKSHIRISH.

Ishning maqsadi: Energiya va impulsning saqlanish qonunlarini tekshirish va o'rganish.

Qisqacha nazariya

Energiyaning saqlanish va o'zgarish qonuni. Faraz qilaylik, jism faqat Yerning ta'sirida harakat qilsin. Bunday harakat Yerning tortish maydonidagi harakat deb ataladi. U holda ta'sir etuvchi kuchning bajargan ishi jismning potensial va kinetic entrijiyalarining o'zgarishiga teng bo'ladi:

$$Fh = mgh + \frac{mv_a^2}{2} - \frac{mv_b^2}{2} \quad (1)$$

Agar $F = 0$, bunda tashqi kuch yo'q, bo'lsa u holda

$$mgh + \frac{mv_a^2}{2} = \frac{mv_b^2}{2} \quad (2)$$

$$h = h_a - h_b \quad (3)$$

ni hisobga olsak,

$$mgh + \frac{mv_a^2}{2} = mgh + \frac{mv_b^2}{2} = W_0 = const \quad (4)$$

Bu esa Yerning tortish maydonida harakat qilayotgan jism uchun mexanik energiyaning saqlanish qonunidir. Demak, har qanday nuqtada, har qanday vaqtda

$$W_k + W_p = \text{const} \quad (5)$$

ekan.

Energiya yo'qolmaydi, bir turdan ikkinchi turga o'tadi, ya'ni $W_k \rightarrow W_p \rightarrow W_k$ ko'rinishda o'zgaradi. Unda ishqalanish kuchi - reaktiv kuch bo'lsa, u holda unga qarshi ish bajariladi va jism shu energiyani yo'qotadi. Lekin bu yo'qolgan mexanik energiya issiqlik energiyasiga aylanadi.

Impulsning saqlanish qonuni. Jismning massasini tezlikka ko'paytmasi jisimning harakat miqdori yoki jisimning impulsi deyiladi, ya'ni

$$\vec{K} = m\vec{v} \quad (6)$$

Nyutonning I va II-chi qonunlariga ko'ra, yopiq sistemada

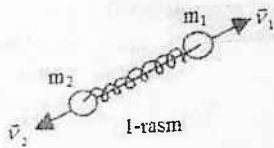
$$\sum \vec{K} = \text{const} \text{ bo'ladi}$$

Masalan: $\frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{F}$ teng bo'lsa, $F=0$ holda t - vaqt uchun

$$\vec{K} = \text{const} \text{ bo'ladi.}$$

Endi ayrim misollarni ko'rib chiqamiz:

1-misol: ikkita sharcha orasida prujina biror tekislikda siqilib tursin. ishqalanish kuchlari bo'lmasin va ikkita sharcha yengil ip bilan bog'lansin. Massalari esa m_1, m_2



bo'lsin. Ipni uzsak (yondirsak) prujina m_1 ga \vec{F}_{12} kuch bilan m_2 ga \vec{F}_{21} kuch bilan ta'sir qiladi.

Elastik kuch m_1 va m_2 ga beriladi, u holda

$$\vec{F}_{12} \downarrow \uparrow \vec{F}_{21} \text{ va } \vec{F}_{21} \downarrow \uparrow \vec{F}_{12} \quad (7)$$

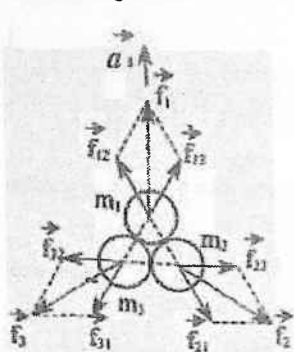
Lekin buni birdaniga bunday yoza olmaymiz. Sababi sharlar tezlanish bilan harakat qiladi.

Shuning uchun Nyutonning III - qonuniga asosan:

$$\begin{cases} \vec{F}_{1p} + \vec{f}_{p1} = 0 \\ \vec{F}_{2p} + \vec{f}_{p2} = 0 \end{cases} \quad (8)$$

f_{n1} va f_{n2} birinchi va ikkinchi sharchalarning prujinaga ta'sir kuchlari F_{1n} va F_{2n} prujinaning sharchalarga ta'sir kuchlaridir. Prujina qo'zg'almas bo'lganda ip va prujinaning massasi nolga teng desak bo'ladi.

Shuning uchun:



2-rasm

$$\begin{aligned} \vec{f}_{p1} + \vec{f}_{p2} &= 0 \\ \vec{F}_{1p} + \vec{F}_{2p} &= 0 \\ \left. \begin{aligned} m_1 \vec{a}_1 &= \vec{F}_{12} \\ m_2 \vec{a}_2 &= \vec{F}_{21} \end{aligned} \right\} & (9) \\ m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2 &= 0 & (10) \\ \vec{a}_1 = \frac{d\vec{v}_1}{dt_1} \quad \vec{a}_2 = \frac{d\vec{v}_2}{dt_2} & (11) \\ \int \frac{d}{dt} (m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2) &= 0 & (12) \\ m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 &= const & (13) \end{aligned}$$

Demak,

$$\vec{K}_1 + \vec{K}_2 = const \quad (14)$$

Yoki $\vec{K}_1 = -\vec{K}_2$ (15) va $v_1 = \frac{1}{m_1}$ (16) bo'lar ekan.

Bu xulosalar sharhlarning o'zaro ta'sir kuchi xarakteriga va kattaligiga bog'liq ekanligini ko'rsatadi.

Harakat vaqtida ham, prujina ta'sir etganida ham 10-tenglamadagi shart bajariladi. Ikki jismdan iborat bo'lgan sistemaning impulsi (harakat miqdori) o'zaro ta'sir kuchi natijasida o'zgarmaydi.

Masalan: Sistema 3-shardan iborat bo'lsin va ularning massalari m_1, m_2, m_3 bo'lsin, u holda Nyutonning II-qonuniga ko'ra:

$$\begin{cases} 1 - \text{uchun } m_1 \bar{a}_1 = \bar{f}_{21} + \bar{f}_{31} \\ 2 - \text{uchun } m_2 \bar{a}_2 = \bar{f}_{12} + \bar{f}_{32} \\ 3 - \text{uchun } m_3 \bar{a}_3 = \bar{f}_{13} + \bar{f}_{23} \end{cases} \quad (17)$$

Tenglamalari hadma-had qo'shamiz:

$$m_1 \bar{a}_1 + m_2 \bar{a}_2 + m_3 \bar{a}_3 = \sum_y \bar{f}_y = 0, \text{ chunki:}$$

$$\begin{aligned} & \bar{f}_{12} + \bar{f}_{21} \\ & \bar{f}_{23} + \bar{f}_{32} \\ & \bar{f}_{13} + \bar{f}_{31} \end{aligned} \quad (18)$$

$$\frac{d}{dt} (m_1 \bar{v}_1 + m_2 \bar{v}_2 + m_3 \bar{v}_3) = 0 \quad (19)$$

bu yerda $\bar{a}_1, \bar{a}_2, \bar{a}_3$ - sharlarning tezlanishlari, v_1, v_2, v_3 - ularning tezliklari.

Shunday qilib

$$\frac{d\bar{K}}{dt} = 0 \quad (20)$$

Bu xulosa barcha sistemalarda o'rinli. Agar $\bar{K} = \text{const}$ (21) bo'lsa, u holda

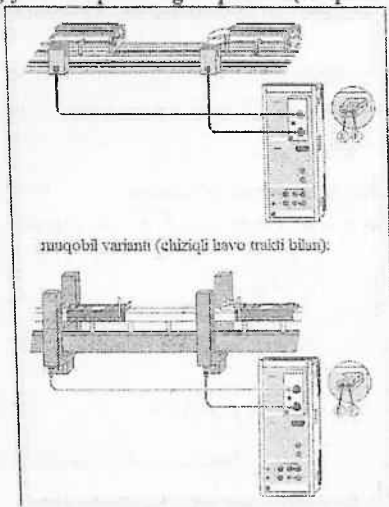
$$m_1 \bar{v}_1 + m_2 \bar{v}_2 + m_3 \bar{v}_3 = \text{const} \quad (22)$$

ekan.

Jismlar sistemasining impulsi ichki kuchlarning ta'sirida o'zgarmaydi, uni quyidagicha ifodalash mumkin.

$$\sum \bar{K} = \sum m_i \bar{v}_i = 0 \quad (23)$$

Energiya va impulsning saqlanishi(to'qnashuvda)



muqobil varianti (chiziqi leve trakti bilan):

3-rasm

3-rasm. Eksperimental qurilma, Pocket-CASSY bilan bajarilishi mumkin

Tajriba tavsifi

Ikki aravachaning 9 tezliklari to'qnashuvdan oldin va keyin ikki yozug'lik datchiklari orasidan o'tish vaqti orqali o'lchanadi. Shu usulda elastik va noelastik to'qnashuvda impulsning saqlanishi, shuningdek elastik to'qnashuvda energiya saqlanishi qonunini tekshirib ko'rish mumkin.

Tajriba qurilmasi (rasmga qarang)

Dastlab traktni ishga tushiring va ikki yorug'lik datchikli U simon to'siqlarni (taymer quttisining E va F kirishlarida) shunday o'rnatilgan aravachalar bu ikki to'siq orasida to'qnashsin. Ikki

aravachaga o'rnatilgan bayroqchalar aravacha U simon to'siqlardan o'tayoganda ular tushayotgan yorug'likni to'sib qolsin.

Ishni bajarish tartibi: Parametrlarni kompyuterga kiriting.

- Jadvalga m_1 va m_2 massalarni kiriting (sichqoncha bilan m_1 va m_2 massalar kattaliklarini yacheykalarga kiritish klavishlarini faollashtiring).

- To'qnashuvdan oldin aravachalarning E va F larga nisbatan joylashuv o'rinlarini kiriting (Settings v1, v2, v1' yoki v2').

To'rtta turli xil joylashish holatlari mavjud:

Har ikkala aravacha ham yorug'lik datchiklari orqasida bo'lsin:

Chap aravacha chap yorug'lik datchiklari orasida, o'ng aravacha esa o'ng yorug'lik datchigi orqasida.

- Bayroqchalarning o'lchamlarini kiriting o'rnatning (Settings v1, v2, va v2' ga ham).

- To'qnashuvni yuzaga keltiring (agar to'qnashuvdan oldin tezlik qiymati noldan farq qilsa $\rightarrow 0 \leftarrow$ amali bilan nolga keltiring) va amin bo'lingki yorug'lik datchiklari biron bir boshqa zarb yoki impulsni qayd qilmasin (masalan aravaning trakt oxiridagi qaytish zarbini va h.k.).

- O'lchashlarni End of Collision funksiyasi bilan tugating (to'rtta tezlik o'lchab bo'lingach o'lchashlar avtomatik ravishda to'xtatiladi).

-O'lchangan qiymatlarni \odot tugmasi orqali jadvalga kiriting va $\rightarrow 0 \leftarrow$ tugmasi bilan yangi o'lchashlar uchun dastlabki vaziyatga qayting.

Tajriba natijalarini hisoblash va baholash

Jadvallar to'qnashishlardan oldingi va keying o'lchanilgan impuls, to'la impuls, energiya, to'la energiya va yo'qotilgan energiya qiymatlarini kiritish uchun tayyorlangan. Siz o'lchangan kattaliklarni jadvallarga \odot tugmachi bilan kiritishingiz mumkin.

Natijalarni ko'rish uchun sichqonchani jadval ustiga keltirib tugmachani bosing.

Agar siz qiymatlar to'qnashuvdan keyin darhol ko'satilishini hohlasangiz u holda mos ko'satish instrumentini oching.

Siz nazariya va tajriba natijalarini tekshirish uchun qo'shimcha formulalarga zarurat sezasisz.

Elastik to'qnashuv uchun quyidagi tenglamalarga egamiz:

$$v_1' = \frac{2m_2v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2} \quad \text{va} \quad v_2' = \frac{2m_1v_1 + (m_2 - m_1)v_2}{m_1 + m_2}$$

Nazorat savollari:

1. Energiya deganda nimani tushunasiz?
2. Mexanik energiya qanday turlarga bo'linadi?
3. Kinetik va potentsial energiya ifodalarini keltirib chiqaring.
4. Energiyaning saqlanish qonunini ta'riflang va misollar yordamida tushuntiring.
5. Harakat miqdori momentining (impuls momenti) saqlanish qonunini ta'riflang.
6. Impuls yoki harakat miqdori nima? Nyutonning 2- va 3-qonunlari.
7. Impulsning saqlanish qonuni.
8. To'qnashishlar nima va to'qnashishlardan keying harakatni xarakterlovchi kattaliklar qanday aniqlanadi?
9. Absolyut elastik va absolyut noelastik to'qnashishlarni tavsiflang.

Adabiyotlar

1. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1977. IX боб, §24–27 (90 – 108 б.)
2. Д.В. Сивухин. Умумий физика курси. 1 – том. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. IX боб, §26–28 (133 – 156 б.).
3. С.Э.Фриш, А.В.Тиморева. Умумий физика курси. 1 – том. Тошкент: Ўқитувчи, 1965. §20 (66 – 71 б.).
4. И.С. Савельев. Умумий физика курси. 1 – том. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1971. §30 (86 – 89 б.).

5. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. М. Наука. 1971.

6. J.Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

27 -LABORATORIYA ISHI ERKIN TUSHISH TEZLANISHINI O'RGANISH.

Ishning maqsadi: Erkin tushish traketoriyasini Video Com yordamida qayd qilish g-erkin tushish tezlanishini aniqlash.

Qurilma tarkibi

1. VideoCom.
2. Tutashtiruvchi blok 230 V / 12 V / 20 W.
3. Uch oyoqli kamera.
4. Video Com uchun erkin tashlanuvchi jism.
5. Ushlab qoluvchi magnit.
6. Taglik asosi, V-shaklli, 28 sm.
7. Taglik sterjeni, 25 sm.
8. Taglik sterjeni, 150 sm.
9. Leybold multiqisqichlari.
10. Ulash simlari, 200 sm.

Qo'shimcha:

1. Windows 95/NT yoki yangiroq versiyali OT o'rnatilgan kompyuter.
2. Technical alterations r2 DAT.

Qisqacha nazariya

Jismlarning erkin tushishi. Yuqoridan tik tushayotgan jismlarning harakati mexanik harakatlarning eng qiziq va muhim turlaridan biridir. Bu harakatni tajriba yo'li bilan o'rganishimiz mumkin.

Biror og'ir jismni ipga bog'lab osib qo'ysak, u holda ip ma'lum bir yo'nalishda taranglashadi. Ma'lumki, bu yo'nalish

vertikal yo'nalish deb, ipga osilgan toshning o'zi esa shovun deb ataladi.

Agar ipni yoqib yuborsak jism vertikal yo'nalishda pastga tushib ketadi. Demak, jismlarning yerning tortishi tufayli havosiz fazoda tushishiga erkin tushish deyiladi.

Jismlarning erkin tushishini birinchi bo'lib tajribada italiyalik olim Galileo Galiley XVI asr oxirlarida Piza shahridagi og'ma minoradan og'ir jismlar tashlash yo'li bilan tekshirgan. Bu tajribalar minoradan baravar tushirib yuborilgan jismlarning og'ir-engilligiga qaramasdan, yerga deyarli bir vaqtda tushishini ko'rsatgan.

Erkin tushish qonunlarini Galiley sharchaning qiya novdan tushishini tekshirib aniqladi. Bu harakat ham aslida erkin tushishdir, ammo tik tushishdan ko'ra sekinroq davom etadi.

Galileyning tekshirishlari jismlarning erkin tushishi uchun ikkita qonuniyat mavjudligini ko'rsatadi. Bu qonunlar quyidagilar:

- *Jismlarning erkin tushishi tekis tezlanuvchan harakatdir.*
- *Hamma jismlar erkin tushish vaqtida bir xil tezlanish bilan tushadi. Bu tezlanishga erkin tushish tezlanishi deyiladi.*

Odatda, erkin tushish tezlanishi g harfi bilan belgilanadi va u o'rtacha $9,8 \text{ m/s}^2$ ga teng bo'ladi ($g=9,8 \text{ m/s}^2$). g ning son qiymati Yer sharining turli geografik kengliklarida turlicha bo'lib, bu qiymat yer qutblarida $9,8324 \text{ m/s}^2$ ga teng bo'lgan eng katta va ekvatoridagi $9,7805 \text{ m/s}^2$ ga teng bo'lgan eng kichik qiymat orasida o'zgaradi. Masalan, Qozon va Kopengagen uchun - $g=9,8156 \text{ m/s}^2$, Toshkent uchun - $g=9,8008 \text{ m/s}^2$. Erkin tushish tezlanishining turli joylarda turlicha bo'lishining sabablariga keyinroq to'xtab o'tamiz.

Hisoblashlarda, agar alohida aniqlik talab qilinmasa, g ning qiymati 10 m/s^2 deb qabul qilinadi.

Jismlarning erkin tushishi tekis tezlanuvchan harakat bo'lganligi sababli, bu holda ham to'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakat tenglamalarining barchasi o'rinli bo'ladi, faqat ularda a tezlanishni g bilan, s yo'lni esa h bilan almashtirish zarur bo'ladi.

Boshlangich tezlikka ega bo'lgan erkin tushayotgan jismning ma'lum bir t vaqtdan keyingi tezligi

$$v = v_0 + gt \quad (1)$$

formuladan yordamida topiladi. Agar erkin tushayotgan jism boshlangich tezlikka ega bo'lmasa, uning tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$v = gt \quad (2)$$

v_0 boshlangich tezlik bilan t vaqt davomida erkin tushayotgan jismning tushish balandligi

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2} \quad (3)$$

ifodadan hisoblanadi. Agar $v_0 = 0$ bo'lsa, bu balandlik quyidagiga teng bo'ladi:

$$h = \frac{gt^2}{2} \quad (4)$$

Erkin tushayotgan jismning boshlang'ich tezligi va h tushish balandligi ma'lum bo'lsa, uning harakat oxiridagi tezligi

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} \quad (5)$$

ifodadan aniqlanadi. Agar jism boshlangich tezlikka ega bo'lmasa, bu tezlik

$$v = \sqrt{2gh} \quad (6)$$

ga teng bo'ladi.

v_0 boshlang'ich tezlik bilan erkin tushayotgan jismning oxirgi tezligi v bo'lsa, uning tushish balandligi h ni

$$h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g} \quad (7)$$

dan topamiz. Agar jism boshlangich tezliksiz erkin tushsa, bu balandlik quyidagiga teng bo'ladi:

$$h = \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Erkin tushishda jismning qaralayotgan vaqt momentidagi koordinatasi

$$y = y_0 - h = y_0 - \frac{gt^2}{2} \quad (9)$$

ifoda yordamida aniqlanadi.

Agar jism h balandlikdan pastga yerning gravitatsion maydonida erkin tusha boshlasa, unga yer tomonidan doimiy g tezlanish beriladi. Kichik balandliklarda ishqalanishni hisobga olmaslik mumkin. Bunday harakatga erkin tushish deyiladi. Erkin tushish to'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatga misol bo'la oladi.

$t = 0$ vaqt momentida boshlang'ich tezlik $v_0 = 0$ bo'lsa oniy tezlik quyidagicha aniqlanadi:

$$v(t) = g \cdot t \quad (10)$$

va t vaqtdan keyin jism bosib o'tgan yo'l

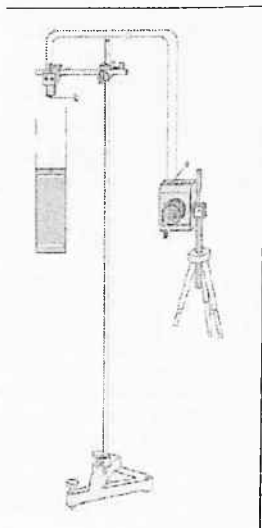
$$h = \frac{1}{2} g t^2 \quad (11)$$

ga teng bo'ladi.

Ekspirimental qurilma va tajribani o'tkazish tartibi.

Tajribada erkin tushayotgan jism harakati Video Com ning bir-kadrli CCD (CCD: charge-coupled device-fotosezgir yarim o'tkazgichli matritsa) kamerasi orqali tasvirga olinadi. Kamera lazer (LED) nurlari bilan erkin tushayotgan jismga o'rnatilgan akslantiruvchi folgani yoritadi va qaytgan nurlar kamera obyektivi orqali 2048 piksellli CCD liniyasiga tushadi va tasvir hosil qiladi.

Berilgan vaziyatdan erkin tushayotgan jismning joriy vaziyati tasviri kompyuterga ketma-ket interfeys orqali sekundiga 80 marta uzatiladi. Kompyuter dasturi bilan ta'minlangan Video Com erkin tushayotgan jismning barcha harakatlarini yo'l-vaqt grafigi sifatida ko'rsatadi va o'lchangan qiymatlarni tahlil qiladi.



1-1852D

$$\text{Xususan tezlik } v(t) = \frac{s(t + \Delta t) - s(t - \Delta t)}{2 \cdot \Delta t} \quad (12)$$

va tezlanish

$$a(t) = \frac{v(t + \Delta t) - v(t - \Delta t)}{2 \cdot \Delta t} \quad (13)$$

ifoda orqali aniqlanadi. Sichqoncha bilan faollashtirilishi asosida biror Δt vaqt intervali tanlanishi mumkin.

Eksperimental qurilma 1-rasmda keltirilgan.

1-rasm. Erkin tushish tezlanishini VideoCom yordamida yozib oluvchi qurilma.

Erkin tushish hodisasini o'rganish uchun eksperimental qurilmani sozlash:

- Tutib qoluvchi magnitni taglik materialiga 1-rasmda ko'rsatilgani kabi pastga qarab o'rnatish va VideoCom simlarini ulang (VideoCom yo'riqnomasiga murojat qiling).

VideoCom ni o'rnatish:

- VideoCom ni kameraning uch oyoqli asosiga qattiy vertikal joylashuvini ta'minlang va uni erkin tushish qurilmasidan taxminan 3 m masofada qo'ying.

- VideoCom kamerasini iloji boricha erkin tushish traektoriyasiga parallel bo'lishini ta'minlang. Qattiy perpendikulyarlik ta'minlanishiga e'tibor qiling.

- VideoCom kamerasini tutashtiruvchi blok orqali tok manbaiga va kompyuterning kirishidagi (COM1) portiga (COM1) ulang.

- Zarurat bo'lganda VideoCom dasturiy ta'minotini o'rnatish va o'rnatish nomini, "VideoCom Motions" deb nomlangan dasturni chaqiring. hamda kerakli dasturlash tili hamda interfeys ketma-ketligini tanlang (VideoCom yo'riqnomasiga qarang).

VideoComni sozlash:

- erkin tushuvchi jismning ushlab turuvchi elektromagnitga osilib turishini ta'minlash uchun elektromagnitga iloji boricha kamroq kuchlanish bering. Kuchlanishni VideoCom korpusidagi

(a) ruchka yordamida o'zgartiring va erkin tushuvchi jismning magnitga kuchsiz yopishib turishini ta'ninlang.

- Tutib turuvchi elektromagnitning ferromagnit o'zagini moslovchi vint (b) bilan shunday to'g'irlangki, erkin tushuvchi jism vertikal tik holatda bo'lsin.

- "VideoCom Motions" dasturidagi "Intensity Test" tugmachasini bosing.


- Foni kamaytirish maqsadida xonani bir oz qorong'ilashtiring.

- VideoCom ni shunday to'g'irlangki kameradagi LC displeyida yoki ekranda ikkita cho'qqi o'ng tomonda ko'rsin. Perpendikulyar joylashishni ham tekshirib ko'ring.

- Boshqa cho'qqilar bo'lmasligi uchun interferensiyalashgan yoki qaytgan yo'rug'lik tushishiga yo'l qo'ymang.

- Cho'qqilar intensivligi fon intensivligidan 5 marta katta bo'lguncha to'g'rilashni davom ettiring.

VideoCom kalibrovkasi va yo'lning vaqtga bog'liqlik grafigini chizish:

-  tugmasi yoki F5 klavishi orqali "Settings/Path Calibration" menyusini chaqiring.

- "Path Calibration" registrida yorug'lik qaytaruvchi folganing birinchi vaziyati uchun 02 m va ikkinchi vaziyati uchun 0 m qiymatlarni kiriting.

- "Read Pixels from Display" tugmachasini bosing va "Apply Calibration" funksiyasini faollashtiring.

- "Settings/Path Calibration" menyusini yana bir marta chaqiring va "Measuring Parameters" registridan quyidagilarni tanlang:

Δt 12.5 ms

Flash-chaqnash


Auto

Smoothing-silliqlash

Maximum (8*dt) At

Measurement Stop-o'lchashni to'xtatish End of Path\Yo'l

oxirida $s = 1$ m.


-  Tugmasini yoki F9 klavishini bosib o'lchashni boshlang va jismning erkin tushishini yozib oling.

- Keyin "Setting/path Calibration" menyusidagi "Linearization" registrida "Suggest Linearization" tugmasini bosong.


- Agar burchak $\alpha > 1^0$ dan katta bo'lsa (aniqlansa), VideoCom yetarlicha perpendikulyar emas ekan, shu sababli uning perpendikulyar bo'lishini ta'minlang (2-rasmga qarang).

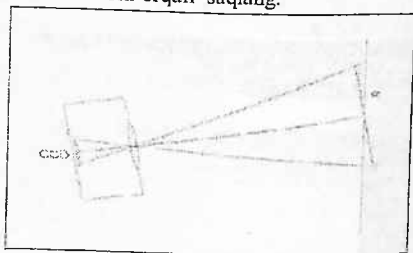
- "Cancel" buyrug'i bilan linearizatsiyani, ya'ni chiziq chizish buyrug'ini bekor qiling.

- Video Com ni to'g'irlash orqali uning perpendikulyarligini ta'minlang.

-  tugmasi yoki F4 klavishi yordamida eski o'lchangan qiymatlarni o'chiring, jismning erkin tushishini yana bir marta yozib oling va yana α burchakni o'lchang.

- Jarayonni $\alpha < 1^0$ bo'lgunicha takrorlang; keyin "Apply Linerization" ni faollashtiring va aniqlangan α burchakni kiriting.

- O'lchangan qiymatlarni fayl nomidan foydalanib  tugmasi yoki F2 klavishi orqali saqlang.



2-rasm

VideoCom va erkin tushish traektoriyasi orasidagi α burchakni aniqlash chizmasi.

- "Path Calibration" registratoridagi "Read Pixels from Table" tugmasini bosib o'ling kallibrovkasini takrorlang, "Apply Calibration" funksiyasini faollashtiring va "OK"ni bosib tasdiqlang.

- Sichqonchanning "s1/m" o'lchangan qiymatlar ustuniga olib kelib o'ng tugmasini bosong va chiqqan menyudan "Delete Column" buyrug'ini tanlang.

– O'lgan qiymatlarni fayl nomidan foydalanib, tugmasi yoki F2 klavishi orqali saqlang.

O'lchash namunalari va ularni baholash

3-rasmda erkin tushayotgan jismning bosib o'tayotgan yo'lining vaqtga bog'liqlik grafigi keltirilgan.

Ko'rinib turibdiki, s bosib o'tilgan yo'l t harakat vaqtiga chiziqli bog'liq emas ekan. Bu bog'lanish parabolaga mos keladi.

Parabola tenglamasi $S=At^2+Bt+C$ asosida erkin tushish tezlanishi aniqlanadi.

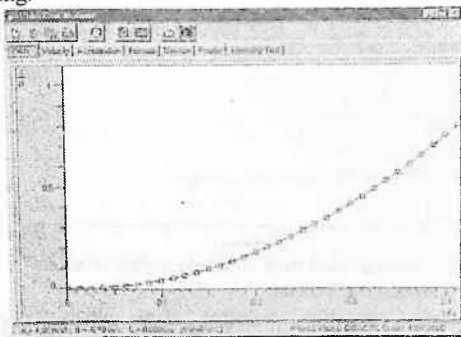
U quyidagiga teng:

$$g = 2A = 9,82 \text{ m/s}^2$$

Oniy v tezlikning "Velocity" registratorini bosib, tezlikning hisoblangan qiymati vaqtga chiziqli bog'lanishga ega ekanligiga iqrar bo'ling (4 -rasmga qarang va (2) tenglama bilan solishtiring). $At+B$ to'g'ri chiziq qiyaligidan erkin tushish tezlanishi aniqlanadi, uning qiymati:

$$g = A = 9,82 \text{ m/s}^2$$

ga teng.



3-rasm

Agar oniy tezlanish a "Acceleration" tugmasini bossangiz vaqt funksiyasidan hisoblansa o'lchash aniqligida ortacha qiymati

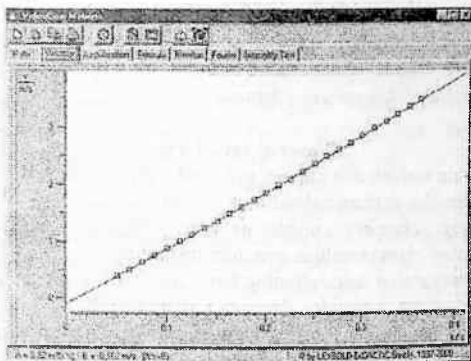
$$g = A = 9,82 \text{ m/s}^2$$

bo'lgan doimiy qiymat kelib chiqadi.

Erkin tushish tezlanishining Evropa uchun adabiyotlarda keltirilgan qiymati

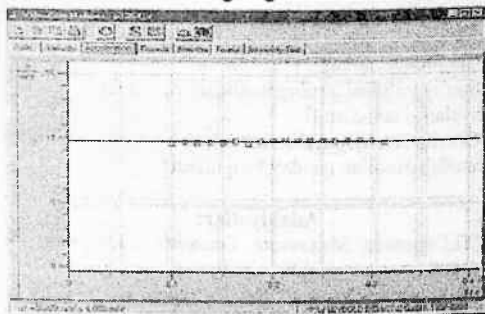
$$g = A = 9,82 \text{ m/s}^2$$

ga teng.



4-rasm

4-rasm. Erkin tushuvchi jism uchun tezlikning vaqtga bog'liqlik grafigi.



5-rasm

5-rasm. Erkin tushuvchi jism uchun tezlanishning vaqtga bog'liqlik grafigi.

Qo'shimcha ma'lumot

Grafikni parabola ko'rinishiga keltirishda amalga oshirilgan almashtirishlardan so'ng, 4- va 5- rasmlardan ko'rinib turibdiki, erkin tushuvchi jism boshlang'ich tezligining qiymati manfiy $B = -0.1 \text{ m/s}^{-1}$ (fizik jihatdan ma'noga ega emas). Amalda natijalarni qayd qilish harakat boshlanishidan sal oldinroq boshlanadi, chunki elektromagnit erkin tushayotgan jismini biroz kechikib qo'yib yuboradi.

Nazorat savollari

1. Erkin tushish deb nimaga aytiladi? Erkin tushish tezlanishi nima uchun Yer sirtidan balandlikka bog'liq?
2. Nima uchun erkin tushish geografik kenglikka bog'liq?
3. Butun olam tortishish qonunini tushuntiring?
4. Gravitatsion doimiylikning fizik ma'nosini aytib bering?
5. Gravitatsion maydon deganda nimani tushunasiz?
6. Gravitatsion maydon kuchlanganligi deganda nimani tushunasiz va u nimalarga bog'liq?
7. Maydon potentsiali deganda nimani tushunasiz va u maydon kuchlanganligi bilan qanday bog'langan?
8. Kepler qonunlarini tushuntiring?
9. Gravitatsion massa nima va u inert massadan nima bilan farq qiladi?
10. Gravitonlar nima?
11. Sun'iy yo'ldoshlarning tezliklari va harakat trayektoriyalarini tavsiflang?
12. Gravitatsion doimiylikni aniqlash bo'yicha Jolli tajribasi va u Kavendish usulidan qanday farq qiladi?

Adabiyotlar:

1. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1977, IX боб, 90–108 б.
2. Д.В. Сивухин. Умумий физика курси. I – том. Механика., Тошкент: Ўқитувчи, 1981, IX боб, 26–28 (133 – 156 б.).
3. С.Э.Фриш, А.В. Тиморева. Умумий физика курси. 1 – том., Тошкент: Ўқитувчи, 1965. 20 (66 – 71 б.).

4. И.С. Савельев. Умумий физика курси. 1 – том. Механика., Тошкент: Ўқитувчи, 1971, 30 (86 – 89 б.).

5. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. М.: Наука. 1971 г.

28 - LABORATORIYA ISHI

GORIZONTGA NISBATAN BURCHAK OSTIDA OTILGAN JISMNING HARAKATINI O'RGANISH.

Isning maqsadi: Uchish uzoqligini otish burchagining funksiyasi sifatida o'rganish. Jismning yuqoriga ko'tarilish balandligini otish burchagiga bog'liqligini o'rganish.

Qisqacha nazariya

Egri chiziqli harakatga misol tariqasida, gorizotga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakatini ko'rib chizamiz. Bu harakat ham murakkab harakatlardan iborat bo'lib, bunda jism vertikal o'q bo'ylab maksimal balandlikka chiqquncha tekis sekinlanuvchan, so'ngra tekis tezlanuvchan harakat qiladi. Gorizont o'q bo'ylab jism tekis harakatlanadi (albatta havoning qarshiligi qisobga olinmaganda). Ma'lum bir massali jism gorizont bilan α burchak tashkil qiluvchi va son qiymati v_0 ga teng bo'lgan boshlang'ich tezlik bilan otilgandagi harakat trektoriyasi murakkab ko'rinishga ega (1-rasm).

Otilgan jismning harakat traektoriyasini, eng katta ko'tarilish balandligini, uchish uzoqligini, umumiy harakat vaqtini aniqlaylik. Sanoq sistemasini 1 – rasmda ko'rsatilganidek tanlab olinsa, jism tezligining tashkil etuvchilari quyidagicha ifolanadi (havoning qarshiligi hisobga olinmaganda):

$$\left. \begin{aligned} v_{0x} &= v_0 \cos \alpha, \\ v_{0y} &= v_0 \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} v_x &= v_{0x} = v_0 \cos \alpha = \text{const} \\ v_y &= v_{0y} - gt = v_0 \sin \alpha - gt \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Jismning x va y koordinatalarini vaqtning funktsiyalari sifatida quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_0 t = v_0 t \cos \alpha, \\ y &= v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$v_0 = 0$ deb, (3) dagi tenglamalardan t ni yo'qotib, jismning traektoriya tenglamasini topish mumkin:

$$y = \operatorname{tg} \alpha \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 \quad (4)$$

Bu yerda boshlang'ich koordinatalar $x_0=0$ va $y_0=0$ deb olindi. Bu formuladagi x va x^2 oldidagi koeffitsientlar o'zgarimas kattalik bo'lganligi uchun, ularni mos ravishda k va b orqali belgilasak, ifoda $y = kx - bx^2$ ko'rinishiga keladi. Bu parabola tenglamasidir. Demak, gorizontalga burchak ostida otilgan jismning harakat traektoriyasi paraboladan iborat ekan.

Trayektoriyaning eng yuqori B nuqtasida $v_y = 0$, shuning uchun,

$$v_0 \sin \alpha - gt_k = 0 \quad (5)$$

bundan jismning harakat traektoriyasining eng yuqori nuqtasiga ko'tarilishiga ketgan vaqt $t_k = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$ ga tengligi kelib chiqadi. Jismning maksimal ko'tarilish balandligi

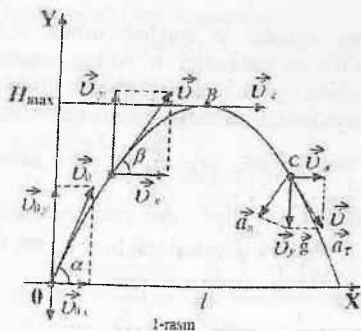
$$h = v_{0y} \cdot t_k - \frac{gt_k^2}{2} = v_0 t_k \sin \alpha - \frac{gt_k^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad (6)$$

ga teng bo'ladi. Jismning pastga tushish vaqti uning yuqoriga ko'tarilish vaqtiga teng, ya'ni jismning umumiy uchish vaqti

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad (7)$$

ga teng bo'ladi. Jismning uchish uzoqligini hisoblash uchun t ning bu qiymatini $s = v_x t$ ifodaga qo'yamiz:

$$s = v_x t = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (8)$$



1-rasm: Moddiy nuqtaning gravitatsion maydonidagi harakati.

Gorizontga burchak ostida otilgan jismning maksimal ko'tarilish balandligini (6) dan, uchish uzoqligini esa (8) dan aniqlash mumkin.

Gorizontga burchak ostida otilgan jismning maksimal ko'tarilishi balandligi va uchish uzoqligi jismning otilish tezligi v_0 ga va bu tezlik vektorining gorizont bilan hosil qilgan burchakka bog'liq bo'lar ekan. (8) formuladan ko'rinadiki, v_0 ning ma'lum qiymatida, burchk $\alpha = 45^\circ$ bo'lganda jism eng uzoqqa borib tushadi, ya'ni uchish uzoqligi maksimal bo'ladi.

Agar jismning faqatgina maksimal balandlikka ko'tarilish vaqti ma'lum bo'lsa, (5) va (6) chi ifodalar yordamida jismning eng yuqori nuqtaga ko'tarilish balandligini quyidagi hisoblaymiz:

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{g^2 t_k^2}{2g} = \frac{gt_k^2}{2} \quad (9)$$

Topilgan formulalarning hammasi jism vakuumda harakat qilgandagina o'rinli bo'ladi.

Dastlab, traektoriyaning eng yuqori nuqtasida tezlik vektori \vec{v} ning yo'nalishini aniqlaymiz. U joyda $v_y = 0$ bo'lgani uchun: $\operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x} = 0$ bo'lganda $\beta = 0$ bo'ladi. Demak, traektoriya eng yuqori nuqtasida jismning tezligi gorizont yo'naladi.

Gorizontga nisbatan α burchak ostida otilgan jismning maksimal ko'tarilish balandligi h bo'lsa, traektoriyaning eng yuqori nuqtasining egrilik radiusi R qanday hisoblanishini ko'rib chiqaylik. Bu nuqtadagi markazga intilma tezlanish erkin tutishish tezlanishiga teng bo'ladi, ya'ni $a_n = g$. O'z navbatida $a_n = \frac{v_x^2}{R}$

bo'lganligi sababli, $v_x = \sqrt{gR}$ deb yozish mumkin. 1 – rasm va (6) ifodadan foydalanib, quyidagi tenglikni yozsak bo'ladi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{\sqrt{gR}} = \sqrt{\frac{2h}{R}} \quad (10)$$

$$\text{Bundan } R = \frac{2h}{\operatorname{tg}^2 \alpha} \quad (11)$$

ekanligini topish mumkin.

Jismning C nuqtadagi vaziyati uchun va undan ifodalar yordamida normal va tangentsial tezlanishlarni aniqlashimiz mumkin.

Jismning C nuqtadagi vaziyati uchun $\frac{a_n}{g} = \frac{v_x}{v}$ va undan

$$a_n = \frac{v_x^2}{v} \cdot g \quad (12) \text{ hamda } \frac{a_n}{g} = \frac{v_x}{v} \text{ va undan } a_t = \frac{v_y}{v} \cdot g \quad (13) \text{ ifoda}$$

yordamida normal va tangentsial tezlanishlarni aniqlashimiz mumkin.

Ishning qisqacha nazariyasi

Tajribada m massali po'lat sharcha gorizontga α burchak ostida v_0 boshlangich burchak ostida otilgan. Po'lat sharchaning gravitatsiya maydonidagi harakatining tekislikdagi proeksiyasi (1-rasm) quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi:

$$m \cdot \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = m \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix} \quad (14)$$

bu erda $\vec{r} = \vec{r}(xy)$ - radius vektor, m - po'lat sharcha massasi,

$F = m_0 g$ po'lat sharchaga ta'sir qiluvchi kuch.

Quyidagi boshlang'ich shartlar asosidagi

$$\vec{r}(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{va} \quad \vec{v} = \begin{pmatrix} v_0 \cos \alpha \\ v_0 \sin \alpha \end{pmatrix} \quad \vec{v} = v \begin{pmatrix} \cos \alpha \\ \sin \alpha \end{pmatrix} v_0 \sin \alpha$$

(3) tenglama yechimi po'lat shar koordinatalarining t vaqt funksiyasi kabi ifodalanadi:

$$x(t) = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$y(t) = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (15)$$

Bularni s uchish masofasi va h maksimal ko'tarilish balandligining, otilish burchagi α va v_0 boshlang'ich tezlikka bog'liq tenglamalar kabi ifodalash mumkin:

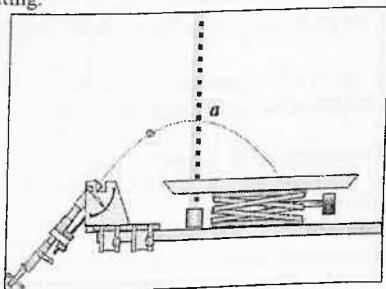
$$s = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha \quad (16)$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \alpha \quad (17)$$

Bu tajribada uchish uzoqligi s va h maksimal ko'tarilish balandligini α otilish burchagining funksiyasi sifatida v_0 boshlang'ich tezlikning uchta turli qiymati uchun aniqlanadi.

Ekspirimental qurilma

- Sharchani otish qurilmasini 2-rasmda ko'rsatilgani kabi stolga o'rnatish.



2-rasm

Uchish uzoqligi va balandligining otilish burchagiga bog'liqligini aniqlovchi tajriba qurilmasi.

- Sharcha kelib tushadigan latokni laboratoriya tagligiga o'rnatib.

Lotokka solingan qum to'shalma sathi (I usulda) yoki oq qog'oz varagi ustida nusxa olishda qog'ozining (II usulda) sathi otish qurilmasidagi sharcha sathi (10 sm) bilan bir xil bo'lsin.

- Traektoriyaning h maksimal ko'tarilish balandligini o'lchash uchun siljiltgichga α shkala o'rnatib.

Tajribani o'tkazish tartibi:

a) Uchish uzoqligining otilish burchagiga bog'liqligini aniqlash.

s uchish uzoqligining α otilish burchagiga bo'g'liqligi aniq belgilab olingan boshlang'ich v_0 tezlikda amalga oshiriladi.

-Tajribani qurilma prujinasining boshqa ikki vaziyati, y'ani v_0 boshlang'ich tezlikning yana ikki qiymati uchun ham takrorlang.

Eslatma: Sharchaning tushish nuqtasi ikki usulda: lotokka solingan qum ustida (I usul) yoki oq qog'oz varagi ustidagi nusxa olish qog'ozi (II usul) bilan qayd qilinishi mumkin. Ikkinchi usul uchun nusxa olish va oq qog'ozlarni yopishqoq lenta bilan mahkamlash tavsiya qilinadi. Har bir tushish nuqtasini raqamlab boring.

b) Ko'tarilish balandligining otilish burchagiga bog'liqligini aniqlash

- h maksimal ko'tarilish balandligining α otilish burchagiga bo'g'liqligi aniq belgilab olingan boshlang'ich v_0 tezlikda amalga oshiriladi.

- Tajribani proyeksion qurilma prujinasining boshqa ikki holati y'ani v_0 boshlang'ich tezlikning yana ikki qiymati uchun ham takrorlang.

Eslatma. Trayektoriyaning h maksimal ko'tarilish balandligi vertikal shkalali harakatlanuvchi chizg'ich bilan oson va aniq aniqlanishi mumkin.

O'lchash namunasi

1-jadval. Turli boshlang'ich tezliklarda uchish uzoqligining α otilish burchagiga bog'liqligi jadvalga yoziladi.

1-jadval.

α , gradus	$s_1, m(v_{10})$	$s_2, m(v_{20})$	$s_3, m(v_{30})$
00			
15			
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50			
55			
60			
65			
70			
75			
80			
85			

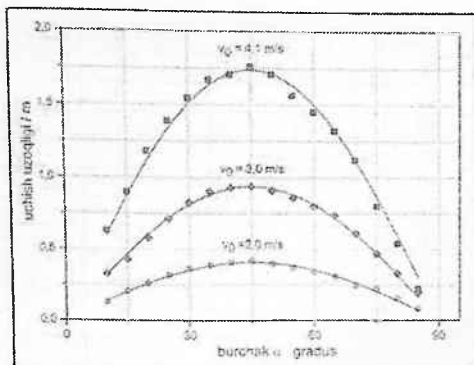
b) Balandlikning otilish burchagiga bog'liqligini aniqlash. 2-jadvalga uchta har xil boshlang'ich tezliklar uchun aniqlangan h maksimum ko'tarilish blandligining α otilish burchagiga bog'liqligi yozib boriladi.

2-jadval

α , gradus	$h_1, m(v_{10})$	$h_2, m(v_{20})$	$h_3, m(v_{30})$
10			
15			
20			
25			
30			
35			

Olingan natijalar asosida uchish uzoqligi va maksimal ko'tarilish balandligining sharchaning otilish burchagiga bog'liqligi grafiklari chiziladi.

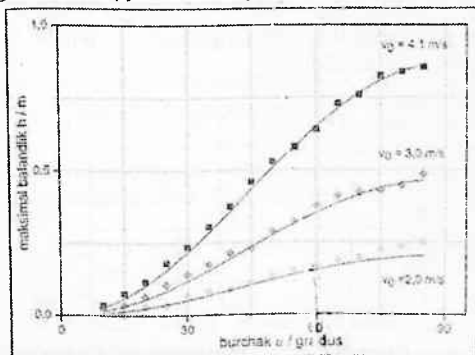
Olingan natijalar baholanib, tahlil qilinadi.



3-rasm. v_0 boshlang'ich tezlikning uchta turli qiymatlarida h maksimal ko'tarilish balandligining α otilish burchagiga bog'liqligi

Uzliksiz chiziqlar (16) tenglama asosida kichik kvadratlari usulida aniqlangan qiymatlarga mos keladi.

3-rasmdan $\alpha = 45^\circ$ burchak uchun (3) tenglamadan v_0 boshlang'ich tezlik qiymatlari aniqlandi:



4-rasm. Boshlang'ich tezlikning uchta turli qiymatlarida maksimal ko'tarilish balandligining α og'ish burchagiga bog'liqligi

Uzliksiz chiziqlar (16) tenglama asosida kichik kvadratlar usulida aniqlangan qiymatlarga mos keladi.

Parobalik qonuniyatdan chetlashish havoning qarshiligi natijasi bo'lishi mumkin. 3- va 4-rasmlardagi grafiklar (7) va (17) tenglamalarda ifodalangan qonuniyatlarni vertikal erkin tushishda va gorizontalar harakatda qarshilik bo'lmagan deb hisoblansa, tajriba natijalari nazariy bog'lanishlari to'la tasdiqlaydi. Po'lat sharcha trayektoriyasi kengligi va balandligi otilish burchagi va boshlang'ich tezligi qiymatiga bog'liq bo'lgan paraboladir.

Qo'shimcha ma'lumot: v_0 boshlang'ich tezlik shoxsimon moslamaga o'rnatilgan yorug'lik datchigi yordamida o'lchanishi mumkin. Tajriba qurilmasi haqida ko'proq ma'lumotlarni 336 56 yo'riqnomasidan olasiz. O'lchangan qiymatlar a) qismida tajriba natijalariga ko'ra eng kichik kvadratlar usulida topilgan – qiymati bilan solishtirish mumkin. b) O'lchangan v_0 boshlang'ich tezlikning o'rtacha qiymatini nazariy boglanishlardan olingan natijalar bilan solishtiring.

v) Yorug'lik datchigi bilan v_0 tezlikni o'lchash shuni ko'rsatadiki, boshlang'ich tezlik v_0 ning qiymati α burchakka bog'liq emasligiga ishonch hosil qiladi.

Nazorat savollari:

1. Nima uchun gorizontga burchak ostida otilgan jism avval tekis sekinlanuvchan, so'ngra tekis tezlanuvchan harakat qiladi?
2. Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakat trayektoriyasi tenglamasini keltirib chiqaring.
3. Harakat trayektoriyasining ixtiyoriy nuqtasida markazga intilma tezlanish qanday aniqlanadi?
4. Harakat trayektoriyasining ixtiyoriy nuqtasi uchun egrilik radiusini aniqlash tamoilini tushuntiring.
5. Butun olam tortishish qonunini tushuntirig?
6. Nima uchun Yer barcha jismlarga bir xil tezlanish beradi?
7. Harakat trayektoriyasi bo'ylab kinetik energiya qanday o'zgaradi?
8. Harakat trayektoriyasi bo'ylab potentsial energiya qanday o'zgaradi?

9. Maksimal ko'tarilish balandligi va maksimal uchish uzoqligi formulalarini keltirib chiqaring. Harakat trayektoriyasining egrilik radiusi qanday aniqlanadi?

10. Havoning qarshlik kuchlarini e'tiborga olsak, olingan natijalar qanday o'zgaradi?

Adabiyotlar

1. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1977, IX боб, §36-37 (128-135 б.).

2. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. 1 – том. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1981, IX боб, §4 (29-38 б.).

3. С.Э.Фриш, А.В.Тиморева. Умумий физика курси. 1 – том, Тошкент: Ўқитувчи, 1965, §20 (66 – 71б.).

И.С.Савельев. Умумий физика курси. 1 – том. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1971, §8-9 (26-31б.).

4. J.Walker. Fundamentals of Physics, N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

29 -LABORATORIYA ISHI

AYLANMA NOELASTIK TO'QNASHUVDA IMPULS MOMENTINING SAQLANISH QONUNINI O'RGANISH.

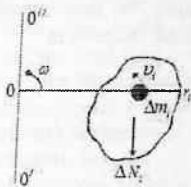
Ishning maqsadi: 1) Qattiq jismning aylanma harakati qonunlarini o'rganish; 2) Aylanma elastik to'qnashuvda impuls momentining saqlanishi qonunlarini o'rganish

Qisqacha nazariya

Bizga mexanikadan ma'lumki, bir jismga boshqa biror jism ta'sir qilsa va bu ta'sir kuchi bizga ma'lum bo'lsa, jismlarning harakat qonuniyatlarini Nyuton qonunlaridan foydalanib aniqlash mumkin edi. Lekin jismga ta'sir etuvchi kuchining qiymatini aniqlash ko'p hollarda ancha qiyin. Chunki, biz ikki jismning to'qnashishini ko'rganimizda ularning bir-biriga elastik kuchlari bilan o'zaro ta'sir qilishini bilamiz. Lekin bu kuchning qiymatini aniqlash qiyin, ko'pincha aniqlab ham bo'lmaydi.

Bundan tashqari, ko'p hollarda, bir jismni harakatini emas, balki bir necha jismning harakatini tekshirishga to'g'ri keladi, ya'ni jismlar sistemasi harakatini o'rganishga to'g'ri keladi.

Bunday hollarda masalani yechishi uchun boshqa fizik kattalik va boshqa qonunlardan foydalanishga to'g'ri keladi. Bunday qonunlar jumlasiga jismlarning impuls momenti va energiya saqlanish qonuni kiradi. Bu fizik kattaliklar faqat mexanika uchun muhim bo'lib qolmasdan, balki fizikaning boshqa hamma bo'limlari uchun ham zarurdir.



1-rasm

Ilgarilama harakatda jism harakati F - kuch, $K = mv$ impuls bilan, aylanma harakatda esa M - kuch momenti, I - inersiya momenti, N - impuls momenti bilan karakterlanadi.

Aylanma harakat qilayotgan jismning yoki zarrachalarning impuls (harakat miqdori) momenti deb, shu jismning (harakat miqdorini) impulsini shu jism aylanish o'qidan uzoqligi - r_i ning ko'paytmasiga teng, ya'ni

$$\Delta N_i = \Delta m_i v_i r_i \quad (1)$$

Jismning impuls momenti esa

$$N = \sum_i N_i = \sum_i \Delta m_i r_i v_i \quad (2)$$

$$v_i = \omega r_i \quad (3)$$

$$\text{bo'lgani uchun, } N = \sum \Delta m_i r_i^2 \omega = \sum \Delta m_i r_i^2 \omega = I \omega \quad (4)$$

$$\text{chunki } \sum \Delta m_i r_i^2 = I \text{ va } \vec{N} = I \vec{\omega} \quad (5)$$

Demak, jismning impuls momenti (harakat miqdori momenti)

$$N = I \omega \text{ ga teng ekan, unda kuch momenti esa } M = I \frac{d\omega}{dt} \quad (6)$$

bo'ladi. Momentning vaqt bo'yicha o'zgarishi esa, o'z navbatida kuch momentiga teng bo'ladi, buni quyidagi formula orqali ifodalash mumkin:

$$\frac{dN}{dt} = I \frac{d\omega}{dt} = M \quad (7)$$

Bu formula (7) dinamikaning asosiy asosiy qonuni bo'lib hisoblanadi.

Shunday qilib, impuls momenti (N) dan vaqt bo'yicha hosila olsak, bu jismning aylantiruvchi kuch momentiga teng ekanligi kelib chiqar ekan.

Agar $M = 0$ ga teng bo'lsa, u holda $\frac{dN}{dt} = 0$ bo'ladi. Bunda

$\vec{N} = const$ va $I\omega = const$ ekanligi kelib chiqadi.

Bu esa jismning impuls momenti doimiy bo'lib, jismni o'zining inersiyasi bilan harakatini eslatadi. Ya'ni, jismga ta'sir etuvchi kuchlar momenti o'zgarmaydi. Ularning yig'indisi nolga teng bo'lsa, jismning impuls momenti o'zgarmaydi va bu implus momentining saqlanish qonuni deyiladi.

Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasini topamiz:

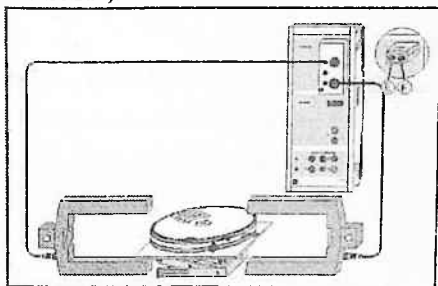
$$\Delta E_k = \frac{\Delta m_i v_i^2}{2} = \omega^2 \frac{\Delta m_i r_i^2}{2} \quad (8)$$

Umumiy holda $N = I \cdot \omega$ ekanligini hisobga olsak.

$$E_k = \Sigma E_{ki} = \frac{\omega^2}{2} \Sigma \Delta m_i \cdot r_i^2 = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{N^2}{2I} \quad (9)$$

ifoda kelib chiqadi.

Energiya va impuls momentining saqlanishi (aylanma to'qnashuv misolida).



2- rasm. Qurilmaning umumiy ko'rinishi

Tajriba tavsifi

Aylanuvchi model yordamida ikki jismning ω burchak tezligi ikki bir-biriga tegmaydigan himoya to'siqlarida soya tushish vaqti orqali ikki jismning ω burchak tezligi o'zgartirilish mumkin. Shu usulda aylanma harakat mobaynida elastik ba noelastik to'qnashish uchun impuls momentining saqlanishi, va shuningdek unda elastik ba noelastik aylanma to'qnashuvda burchak momentining saqlanish qonunini va shuningdek aylanma harakatda energiyaning saqlanish qonunini tekshirish mumkin.

Qurilma qismlari ro'yxati:

1. Sensor-CASSY
2. CASSY Lab 2
3. Taymer bloke yoki taymer S
4. Aylanma harakat qiluvchi sistema modeli
5. Ayriga o'rnatilgan yorug'lik datchiklari
6. Laboratoriya shtativi II
7. Windows XP/Vista/7/8 OT kompyuter

Tajriba qurilmasi (rasmga qarang)

Aylanuvchi model va yorug'lik datchigiga ega ikki bir-biriga tegmaydigan himoya to'siqlari (taymer qutisining E va F kirishlariga ulangan) shunday joylashtirilishi kerakki, aylanma harakatda to'qnashuv sodir bo'lganda aylanuvchi jismlardagi bayroqchalar shu ikki to'siq orasida bo'lsin. Bu ikki jism to'siqlar orasidan o'tayotganda bayroqchalar yorug'likni to'sib qo'yishi kerak.

Ishning bajarilish tartibi

1. Parametrlarni kiritish
2. Inertsia momentlari I_1 va I_2 larni jadvalga kiriting (sichqoncha bilan I_1 va I_2 yacheykalariga qiymatlarini kiritishni faollashtiring).
3. To'qnashuvdan oldin bayroqchalarning E va F yorug'lik datchiklariga nisbatan vaziyatini kiriting (ω_1 , ω_2 , ω_1' yoki ω_2' parametrlar). Bu vaziyatlar to'rt xil bo'lishi mumkin:
 - a) Ikkala bayroq ham yorug'lik datchiklaridan tashqarida;
 - b) Chap bayroq yorug'lik datchiklari orasida, o'ng bayroq esa yorug'lik datchigi tashqarisida;

c) O'ng bayroq yorug'lik datchiklari orasida, chap bayroq esa yorug'lik datchigi tashqarisida;

d) Ikkala bayroq ham ichkarida (tutashgan holda).

4. Bayroq o'lchamlarini (eni va radiusini) kiriting (shuningdek ω_1 , ω_2 , ω_1' yoki ω_2' parametrlarni ham).

To'qnashuvni amalga oshiring (agar to'qnashuvdan oldin burchak tezlik qiymati nol dan farq qilsa $\rightarrow 0 \leftarrow$ amali bilan nolga keltiring) va amin bo'lingki yorug'lik datchiklari biror - bir qo'shimcha impulsni qayd qilmayotganligiga ishonch hosil qiling. boshqa zarb yoki impulsni qayd qilmasin (masalan aylanuvchi jisim qaytayotgan yorug'lik hisobiga).

5. O'lchashlarni End of Collision buyrug'i bilan to'xtating (o'lchashlar avtomatik ravishda burchak tezligining to'rtta qiymati o'lchangach to'xtaydi).

6. O'lchangan qiymatlarni tahlil qilish uchun \odot tugmasi bilan jadvalga o'tkazing yoki $\rightarrow \underline{0} \leftarrow$ buyrug'i bilab yangi o'lchashni bajarishga kirishing.

Baholash

Jadvallar to'qnashuvdan oldingi va keyingi to'la impuls momenti, energiya, to'la energiya va energiya yo'qotilishlari kattaliklarini uchun tuzilgan. Siz ularni \odot tugmachasi orqali siljitishingiz mumkin. Jadvalga click qilib qiymatlarni ekranga chiqaring. Agar siz bu qiymatlar to'qnashuvdan keyin darhol jadvalda ifodalanishini istasangiz mos ekran oynasini oching.

Siz shuningdek olinga natijalarni nazriya bilan solishtirish uchun foydalaniladigan formulalarni aniqlashingiz mumkin. Elastik to'qnashishlar uchun quyidagi formulalardan foydalanamiz:

$$\omega_1' = \frac{I_2 \omega_2 + (I_1 - I_2) \omega_1}{(I_1 + I_2)}$$

$$\omega_2' = \frac{I_1 \omega_1 + (I_2 - I_1) \omega_2}{(I_1 + I_2)}$$

Noelastik to'qnashish uchun quyidagi tenglama o'rinli

$$\omega_1' = \omega_2' \frac{I_1 \omega_1 + I_2 \omega_2}{I_1 + I_2}$$

Nazorat savollari:

1. Implmus momenti deb nimaga aytiladi?
2. Implmus momenti formulasini keltirib chqaring.
3. Implmus momenti bilan kuch momenti orasidagi bog'labishni keltirib chiqaring.
4. Implmus momenti saqlanish qonunini ta'riflang.
5. Implmus momentini o'lchash metodini tavsiflang.

Adabiyotlar:

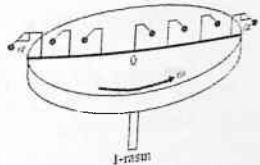
1. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. Механика. Тошкент: «Ўқитувчи», 1981, I Т. §30-34. (165-180 б.).
1. С.П.Стрелков. Механика, Тошкент: Ўқитувчи, 1977. § 52-54 (177-192 б.), § 63-65 (228-242 б.).
2. И.В.Савельев. Умумий физика курси. I - том. Тошкент: Ўқитувчи, 1984. §30 (86-89 б.).
3. С.Э.Фриш, А.И.Тиморева. Умумий физика курси. I-том. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. § 34-37 (134-147 б.).
4. J.Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.: 2011. V, VI. VII. (102-152 p.).

30 -LABORATORIYA ISHI AYLANAYOTGAN JISMGA TA'SIR QILUVCHI MARKAZDAN QOCHMA KUCHNI O'LCHASH

Qisqacha nazariya

Aylanma harakat qilayotgan sistemadagi (tinch holatdagi) jismga tasir qiluvchi inertiya kuchlaridir.

Quyidagi tajribada mayatniklarning og'ish burchaklarini ko'raylik. Aylanma harakat qilayotgan sistemada R ortishi bilan α ham ortib boradi va $\omega = \text{const}$ bo'ladi. Hamma mayatniklar tinch holatda, diskka nisbatan, lekin disk Yerga nisbatan tekis aylanma harakat qilayotgan bo'lsin ularga tasir qiluvchi markazdan qochma kuch



$$F_m = m\omega^2 R = \frac{mV^2}{R} \quad (1)$$

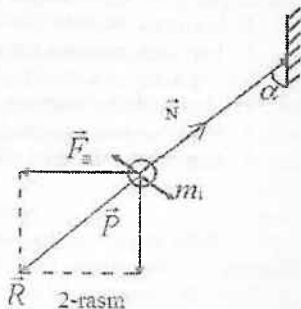
ga teng bo'lib, inertiya kuchini ifodalaydi. Inertiya kuchi R -ga bog'lanishi esa quyidagicha ifodalaymiz:

$$F_m = m\omega^2 R \quad (2)$$

Agar $\vec{R} = -\vec{N}$ teng bo'lib, ularning tashkil etuvchi kuchlari,

F_m va \vec{P} bo'lsa, chizmadan

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_m}{P} = \frac{\omega^2 R}{g} \quad (3)$$



ga teng ekanligi kelib chiqadi. Agar $F_i = F_m \sim R$ teng bo'lsa, u holda $\alpha \sim R$ - proporsional bo'lar ekan.

Diskka nisbatan mayatniklarning α -burchakga og'gan holda ular tinch holatda qoladi. Shu holda tinch tursa, unga doimiy

$$F_i = m\vec{a}_i = m\omega^2 \vec{R} \quad (4)$$

Inertiya kuchi ta'sir qiladi. Lekin natijaviy kuch

$$F_i + P + N = 0 \quad (5)$$

teng ekan. Shuning uchun jism diskka nisbatan tinch holatda bo'ldi.

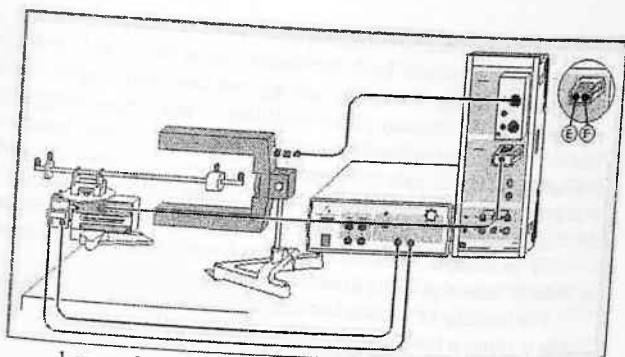
Markazdan qochma kuch $F_m = ma_n = m\omega^2 R$ (6) dan tashqari unga aylana radius R ga perpendikulyar bo'lgan

$$F = m2\omega v_n \quad (7)$$

Koriolis kuchi ta'sir qiladi. Bu kuch esa R ga perpendikulyar-burilish tezlanishi hosil qiladigan kuchdir va uning vector shakli quyidagicha yoziladi:

$$\vec{F}_k = 2m[\vec{\omega} \vec{v}_n]$$

Bu \vec{F}_k inertiya kuchidir va jismni deformatsiyalashga harakat qiladi.



I-rasm. Markazdan qochma kuchni o'lchash qurilmasi.

Pocket-CASSY bilan bajariladi

Tajriba tavsifi

Markazdan qochma kuch qurilmasi F markazdan qochma kuchning r nuqtada joylashgan jism m massasiga bog'liqligini tajribaviy tadqiq qiladi. Aylanish markazidan r masofada ω burchak tezlik bilan aylanayotgan jismga ta'sir qiluvchi

markazdan qochma kuch quyidagicha aniqlanadi: $F = m \cdot \omega^2 \cdot r$.

Markazdan qochma kuch qurilmasida sterjenga mahkamlangan m massali yukka ta'sir qiluchi F-markazdan qochma kuch sterjen orqali va aylanuvchi o'qqa o'rnatilgan tenzodatchikka beriladi. Tenzodatchikka qo'yilgan kuch elektrik usulda o'lchanadi. Tajriba uchun mo'ljallangan aniqlik darajasida prujina deformatsiyasi elastikdir va deformatsiya kattaligi F kuchga proporsionaldir.

Agar mavjud markazdan qochma kuch qurilmasi markazdan qochma kuch muftasi bilan modernizatsiya qilinsa ham o'lchashlar va natijalarni qayta ishlash usuli o'zgarmaydi va S-markazdan qochma kuch qurilmasi uchun buning farqi yo'q. Markazdan qochma kuch qurilmasini markazdan qochma kuch muftasi bilan ishlatishdan oldin nol holati va kuchni ko'paytirish koeffitsiyenti markazdan qochma kuch muftasi yo'riqnomasiga asosan o'rnatilishi lozim.

Tajriba qurilmasi (rasmga qarang)

Markazdan qochma kuch qurilmasini tutqichli qisqichlar bilan stolga mahkamlang. Yorug'lik datchigi sterjenli asos taglik bilan o'rnatilgan bo'lib shunday joylashtiriladiki aylanayotgan sterjen U-simon datchikli dastak orasidan bernalol o'ta olsin. Ammo U-simon oraliqdan m-massali jism o'tib yorug'likni to'sib qo'ymasligi zarur. Marqazdan qochma kuch qurilmasi B kirishga ulanadi, yorug'lik datchigi 6-qutbli kabel bilan taymer korpusi A kirishiga Sensor-CASSY ga ulanadi. Markazdan qochma kuch aylantirish yuritmasi ta'minlash manbaiga ikkita kabellaar bilan ulanadi.

Yuritmaning ta'minlash kuchlanishi shunday tanlanishi zarurki bunda o'lcangan kuch qiymati 15 N dan oshmasligi zarur.

Tajribaning borishi.

Parametrlarni o'rnatish:

Aylanuvchi dastak tinch turganda ekrandagi kuchni 0 ga o'rnatish. Buning uchun markazdan qochma kuch qurilmasida Settings Force FBI tugmasini bosib $\rightarrow 0 \leftarrow$ o'rnatish (sichqonchanning o'ng tugmasi bilan).

Kompensatsiyalovchi yuklarni qurilmaning qisqa dastagiga shunday o'rnatishki, bunda o'lcangan F kuch yuksiz ammo xavfsizlik vintlari bilan o'tkazilgandagi kabi bo'lsin.

Past ω burchak tezligidan boshlang, o'lcangan kuch qiymatini qo'lda tugmasi bilan jadvalga kiriting.

O'lchashni kattroq burchak tezligida davom ettiring.

Qator o'lchashlar o'tkazishda m massani o'zgartirib ($r = o'zgarimas$) va r ni o'zgartirib ($m = o'zgarimas$) hollarda o'lchashlar olib boring. Buning uchun Measurement \rightarrow Append New Measurement Series funksiyasini tanlang va kichik burchak tezliklardan boshlang.

Natijalarni hisoblash va baholash

Har bir individual o'lchashlar seriyasidan keyin tezlikda kuch F va ω^2 qiymatlarni chiziqli bog'lanishda ekanligini aniqlang. Agar siz F va m (ω , r - o'zgarimas) va F hamda r (ω , m = constant) orasidagi hamda boshqa bog'lanishlarni aniqlamoqchi bo'lsangiz,

F kuch o'zgarmas uchun har xil burchak tezliklar aniqlanishi zarur. Buning uchun ω^2 qiymatidan vertical o'q o'tkazing va o'qning $F(\omega^2)$ grafik bilan kesishgan nuqtalarini aniqlang (coordinate display amalini ishga tushiring).

Bu nuqta koordinatalarini ikkinchi ekranda oldindan tayyorlangan $F(m)$ yoki $F(r)$ (jadvalga sichqoncha bilan click qiling) jadvalga kiriting. Shu asosda kerakli proporsionallik koeffitsiyenti aniqlanadi. $F = m \cdot \omega^2 \cdot r$ - bu tenglik bilan aniqlangan proporsionallik koeffitsiyentlar bilan tasdiqlanganni yaqqolloq ko'rish uchun $F = F(m, \omega$ va $r = \text{const})$, $F = F(r, \omega$ va $m = \text{const})$, hamda $F = F[(\omega)^2, r$ va $m) = \text{const}$ boglanishlarni millimetrlilik qog'ozga chizing, tahlil qiling va xulosalar qiling.

Nazorat savollari:

1. Inertsiya nima?
2. Inertsial sanoq sistemasi deb nimaga aytilidi?
3. Noninertsial sanoq sistemasi deb nimaga aytilidi?
4. Inertsiya kuchlarini tavsiflang.
5. Markazdan qochma kuchni ta'riflang.
6. Mazkur qurilmada Koriolis kuchlari vujudga keladimi?
7. Kuchning ω^2 , r va m ga bog'liqligi hamma vaqt chiziqli bo'ladimi?

Adabiyotlar

5. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. Механика. Тошкент: «Ўқитувчи», 1981 й. §44-47 (231-248 б.) §64 (339-349 б.)
6. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент: «Ўқитувчи», 1979 й. §123 (79-85 б.) §45(156-175 б.)
7. И. В.Савельев. Умумий физика курси. 1 - том. Тошкент: Ўқитувчи, 1984. §31-33 (90-93 б.)
8. С.Э.Фриш, А.И. Тиморева. Умумий физика курси. 1- том. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. § 22-23 (75-87 б.)
9. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y. 2011. §6-2, 6-3, (103-140 p.).

31 -LABORATORIYA ISHI GIROSKOP CHAYQALISHI - PRESSESIYASINI O'RGANISH.

Ishning maqsadi: Aylanma harakat dinamikasiga asosan Girooskop harakatini o'rganish.

Aylanma harakat dinamikasi: Girooskop harakati

Girooskop pressesiyasi girooskop tashqi kuch ta'sirida aylanayotganda yuzaga keladi. sodir do'ladi . Girooskop shindeliga aylantiruvchi moment tasir qilsa shindel bu aylantiruvchi moment yo'nalishida harakatlanmaydi, balki boshlang'ch vaziyatidan og'ib harakatlanadi.

Girooskopni kuzatish uning to'g'ri burchakli koordinata boshi va koordinata boshida turgan tayanch nuqtasidan o'tuvchi o'qi bilan olib boriladi (1-rasm). Koordinata boshidan girooskop og'irlik markazigacha bo'lgan masofa s va girooskop shpindelining (o'qining) Z-o'qiga nisbatan og'ishi α ga teng deb olinadi

Girooskopning impuls momenti quyidagiga teng:

$$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega} \quad (1)$$

bu erda ω - girooskop aylanma harakat chastotasi, I-girooskopning Z-o'qiga nisbatan inertsiya momenti.

Impuls momenti L odatda vaqt funktsiyasi hisoblanadi, ya'ni $L=f(t)$. Girooskopning og'irlik markaziga Yerning tortishish maydonida $F = mg$ og'irlik kuchi ta'sir qiladi va bu kuch ta'sirida girooskop shpindelida aylantiruvchi moment yuzaga keladi:

$$\vec{M} = [\vec{d} \times \vec{F}] = m \cdot [\vec{d} \times \vec{g}]$$

va mos ravishda

$$M = F \cdot d \cdot \sin \alpha = mgd \cdot \sin \alpha \quad \text{va} \quad \vec{M} = [\vec{d} \times \vec{F}] = m \cdot [\vec{d} \times \vec{g}] \quad (2)$$

M kuch momenti F va d tekisligiga perpendikulyar va impuls momentining o'zgarishiga bog'liq bo'lib tekislikka nisbatan perpendikulyar yo'nalgan bo'lib, dL impuls momentining o'zgarishi tufayli paydo bo'ladi. dL impuls momentining o'zgarishi L oniy impuls momentiga nisbatan perpendikulyar yo'nalgan. M kuch momenti quydagiga teng:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

bu erda $dL = L \sin \alpha \cdot d\phi$ (1-rasmga qarang), Bundan quyidagini olishimiz mumkin:

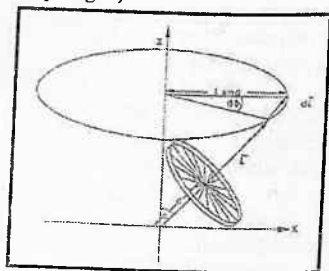
$$M = L \sin \alpha \frac{d\phi}{dt} = L \cdot \sin \alpha \cdot \omega_p \quad (3)$$

Bu yerda $\omega_p = \frac{d\phi}{dt}$ - presessiya burchak tezligi.

(2), (1) va (3) tenglamalardan presessiya burchak tezligi yoki siklik chastotasi uchun quyidagini olamiz:

$$\omega_p = \frac{m \cdot g \cdot d}{L} = \frac{d}{\omega} \cdot \frac{mg}{I} \quad (4)$$

yani presessiya siklik chastotasi d og'irlik markazidan tayanch nuqtasigacha bo'lgan d masofaga to'g'ri proporsional va girooskop aylanish burchak tezligiga teskari proporsional bo'lib, girooskop shpindeli va og'ishi faraz qilinayotgan Z-o'q orasidagi α burchakka bog'liq emas (bu yerda og'ish uchun $\omega_p \ll \omega$, girooskop tez aylanma harakat qiladi deb qaralgan).



1-rasm. Girooskop presessiyasi

4) ifodani tekshirish uchun ω_p ni d va ω funksiyasi sifatida o'lchanadi. Bundan tashqari I inertsiya momenti va (4) ifodadagi ikkinchi omil $\frac{mg}{I}$ - ni ω_p ; $\omega = f(d)$ to'g'ri chiziq og'ishi burchak tangensi bilan solishtiriladi.

d kattalikni bevosita aniqlab bo'lmaydi, chunki giroskopning og'irlik markazi P ning vaziyati noma'lum. s o'lganuvchi kattalik shlardagi bu kattalik-masofa giroskop spindelining yuqori nuqtasi va giroskop tayanchi qobig'ining yuqori nuqtasi orasidagi masofa (2- rasmga qarang). s_0 giroskop shpindeli yuqori nuqtasi va spindeli o'yig'i orasidagi masofa. Agar giroskop tayanchi qobig'ining yuqori nuqtasi spindel o'yig'i bilan bir sathda joylashgan bo'lsa, giroskop og'irlik markazi P da tutib turiladi. Agar giroskop og'irlik markazi va tayanch nuqtasi ustina-ust tushsa, u holda $s = s_0$ bo'ladi, ya'ni giroskop yiqilib ketmaydi yoki har qanday holatda ham o'z-o'zini boshqarib turg'un harakatda qoladi (s_0 —uzunlik giroskop neytrali deyiladi). Ixtiyoriy tanlangan P nuqta uchun

$$d = s_0 - s \quad (5)$$

munosabat o'rinli. d ning qiymati musbat yoki manfiy, va pressesion harakat yo'nalishi soat strelkasi bo'ylab yoki soat strelkasiga teskari bo'lishi og'irlik markazining tayanch nuqtasidan yuqori yoki pastda joylashganiga bog'liq.

Qurilma tarkibi:

1. Taglikli sterjen, 100 sm;
2. Taglikli sterjenlar, 25 sm;
3. Leybold multiqisqichlari;
4. Burama qisqich, yakkalik;
5. Shoxsimon yorug'lik datchigi;
6. Katta giroskop;
7. Ulanish kabellari, 6-pinli, 1.5 m;
8. P-sanagich;
9. Raqamli sanagich;
10. Boshqarish kalitlari;
11. 10 dona yuklar, har biri 100 g;
12. Ulanish simlari, 25 sm;
13. Bir juft shtangyensirkul;
14. Dinamometr, 100 N;
15. Taglik asos;

1-mashq. Giroskop pressesiyasining burchak tezligi ω_p ni tekshirish va nazariy tenglamasini tushuntirish.

Ekspirimental qurilma va tajribani o'tkazish tartibi:

3-rasmda eksperimental qurilma keltirilgan. Pressesiya chastotasi yorug'lik himoya to'siqlari (datchiklari) (1) yordamida o'lchanadi, boshqaruv aylanma harakat chastotasi bloki va raqamli sanagich (4) yordamida o'lchanadi. Pressesiya davrini o'lchash uchun 3-rasmda ko'rsatilgan boshqaruv blokidagi qora tugmasini bosib va tanlash kalitini (3) "man" holatiga o'tkazing. Raqamli sanagichni (4) vaqtni o'lchash holatiga o'tkazing.

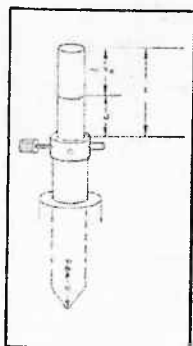
Yorug'lik himoya to'sig'i (2), boshqaruv moduli va sanagich P (5) yordamida giroskopning ω aylanish chastotasini o'lchang. P hisoblagichni chastotani o'lchash rejimiga qo'ying.

Eslatma:

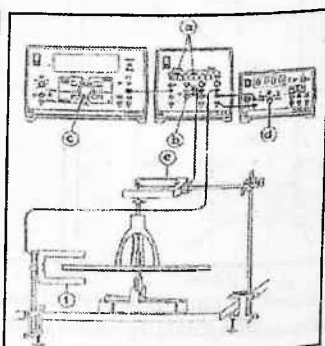
Giroskopning ω aylanish chastotasini yorug'lik himoya to'sig'ida (2) giroskop spitsalari orqali amalga oshiriladigan f chastota orqali aniqlash mumkin. Bir aylanish yorug'lik yo'lidan 18 marta o'tishga mos keladi (18 ta spitsa):

$$\omega = 2\pi f = 2\pi N / 18 \quad (6)$$

(N: sanagich ko'rsatishi)



2-rasm



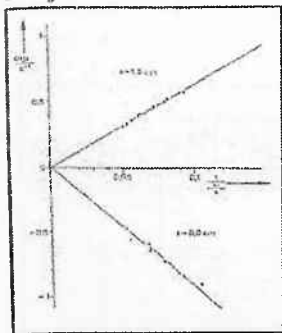
3-rasm

Tajribaning borishi

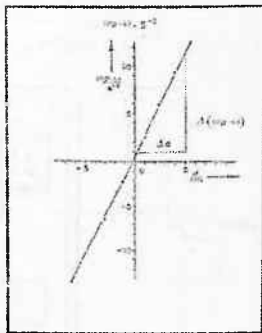
Berilgan s masofani o'rnating va uni shtangentsirkul yordamida o'lchang. Grooskopni vertikal o'rnating va uning asos taglikkini shunday joylashtiringki, girooskop shpindeli yorug'lik himoya to'sig'i (1) ni optik o'qini kesib o'tsin va yorug'lik nurini to'sib qo'ysin. Girooskopni aylantiring. O'ng qo'l yoki chap qo'l bilan girooskop shpindelining chetidan ushlab, tayanch korpusini chap qo'l yoki o'ng qo'l bilan bir necha marta shunday aylantiringki u 3 Hz dan yuqori bo'lmagan tezlik bilan aylansin. Girooskop shpindelini ehtiyotkorlik bilan biroz og'dirib shunday qo'yib yuboringki toza presetsion harakatga shpindellar tebranishi ta'sir qilmasin.

Girooskop sekin-asta sekinlashganda ω_p va ω qiymatlarni bir necha marta o'lchang. Amin bo'lingki, pressessiya chastotasi ω_p ni o'lchash girooskopning mos ω aylanish chastotasini o'lchash vaqtida amalga oshirilayotganiga ishonch hosil qiling. Tajribani s ning bir necha qiymatlari uchun takrorlang. s_0 ni shtangentsirkul yordamida o'lchang.

Natijalar:



4-rasm



5-rasm

4-rasmda d ning ikkita qiymati uchun (4) tenglamada talab qilinadigan, ko'rsatadiki ω_p va $1/\omega$ qiymatlar orasidagi bog'lanish keltirilgan.

5-rasmda ω_p ω ko'patma va d orasidagi bog'lanish keltirilgan.

Eslatma:

s_0 uzunligini o'lchash xatoligi 5-rasmdagi keltirilgan grafikdagi to'g'ri chig'ining koordinata boshidan o'tmasligi tufaylidir. Shuning uchun d olingan barcha qiymatlar taxminan 2 mm ga kichikroq va shu sababli mos holda to'g'ri chiziq 2 mm ga d tomonga 2 mm siljigan.

Harakat vaqtida pressesiya burchagi kichraya boradi, chunki giroskop borgan sari vertikalga yaqinlashib boradi. Giroskop vertikal holatdan doimo og'ishga intilishi bilan yana ham kichikroq bo'lib boradi. Bu effect giroskop tayanchidagi ishqalanish tufayli sodir bo'ladi va bu shuni ko'rsatadiki, giroskop tajriba mobaynida vaqti - vaqti bilan og'adi. Demak, giroskopni tajribalar davomida tartib turish lozim.

Qo'shimcha o'lchashlar.

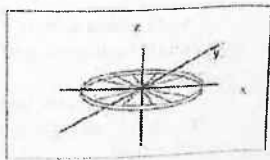
5-rasmdagi grafik qiyaligi burchaki tangensi (4) ifodaga ko'ra $\frac{m \cdot g}{I}$ qiymatga ega bo'lishi kerak. U orqali giroskop massasi (o'qni hisobga olmaganda) va inertsiya momenti aniqlanadi, hamda 5-rasmdagi grafik qiyaligi burchagi tangensi $\frac{m \cdot g}{I}$ munosabat bilan solishtiriladi.

2-mashq. Giroskopning inertsiya momentini aniqlash.

Ishdan maqsad:

Fizikaviy mayatnik tebranish davri orqali simmetrik giroskopning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momentlarini aniqlash.

Agar Dekart koordinata tekisligiga giroskopni 6-rasmdagi kabi xususiy o'qi Z- yo'nalishi bilan ustma-ust tushadigan qilib joylashtirsak, u holda giroskopning asosiy o'qlari koordinata yo'nalishlari bilan bir xil bo'ladi (6-rasm). O'qlar bo'yich va ekvatorial B J_z va J_{xy} inertsiya momentlarini aniqlash kerak bo'ladi.



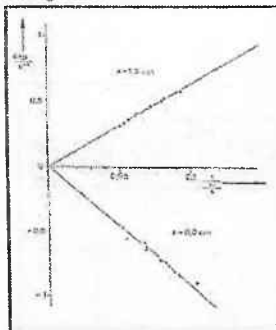
6-rasm

Tajribaning borishi

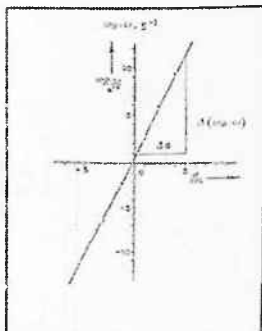
Berilgan s masofani o'rnating va uni shtangentsirkul yordamida o'lchang. Grooskopni vertikal o'rnating va uning asos taglikkini shunday joylashtiringki, girooskop shpindeli yorug'lik himoya to'sig'i (1) ni optik o'qini kesib o'tsin va yorug'lik nurini to'sib qo'ysin. Girooskopni aylantiring. O'ng qo'l yoki chap qo'l bilan girooskop shpindelining chetidan ushlab, tayanch korpusini chap qo'l yoki o'ng qo'l bilan bir necha marta shunday aylantiringki u 3 Hz dan yuqori bo'lmagan tezlik bilan aylansin. Girooskop shpindelini ehtiyotkorlik bilan biroz og'dirib shunday qo'yib yuboringki toza presetsion harakatga shpindellar tebranishi ta'sir qilmasin.

Girooskop sekin-asta sekinlashganda ω_p va ω qiymatlarni bir necha marta o'lchang. Amin bo'lingki, pressessiya chastotasi ω_p ni o'lchash girooskopning mos ω aylanish chastotasini o'lchash vaqtida amalga oshirilayotganiga ishonch hosil qiling. Tajribani s ning bir necha qiymatlari uchun takrorlang. s_0 ni shtangentsirkul yordamida o'lchang.

Natijalar:



4-rasmi



5-rasmi

4-rasmda d ning ikkita qiymati uchun (4) tenglamada talab qilinadigan, ko'rsatadiki ω_p va $1/\omega$ qiymatlar orasidagi bog'lanish keltirilgan.

5-rasmda ω_p ω ko'patma va d orasidagi bog'lanish keltirilgan.

Eslatma:

s_0 uzunligini o'lash xatoligi 5-rasmdagi keltirilgan grafikdagi to'g'ri chig'ining koordinata boshidan o'tmasligi tufaylidir. Shuning uchun d olingan barcha qiymatlar taxminan 2 mm ga kichikroq va shu sababli mos holda to'g'ri chiziq 2 mm ga d tomonga 2 mm siljigan.

Harakat vaqtida pressesiya burchagi kichraya boradi, chunki giroskop borgan sari vertikalga yaqinlashib boradi. Giroskop vertikal holatdan doimo og'ishga intilishi bilan yana ham kichikroq bo'lib boradi. Bu effect giroskop tayanchidagi ishqalanish tufayli sodir bo'ladi va bu shuni ko'rsatadiki, giroskop tajriba mobaynida vaqti - vaqti bilan og'adi. Demak, giroskopni tajribalar davomida turtib turish lozim.

Qo'shimcha o'lashlar.

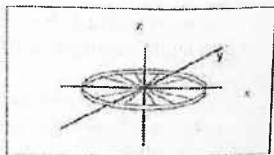
5-rasmdagi grafik qiyaligi burchaki tangensi (4) ifodaga ko'ra $\frac{m \cdot g}{I}$ qiymatga ega bo'lishi kerak. U orqali giroskop massasi (o'qni hisobga olmaganda) va inertsiya momenti aniqlanadi, hamda 5-rasmdagi grafik qiyaligi burchagi tangensi $\frac{m \cdot g}{I}$ munosabat bilan solishtiriladi.

2-mashq. Giroskopning inertsiya momentini aniqlash.

Ishdan maqsad:

Fizikaviy mayatnik tebranish davri orqali simmetrik giroskopning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momentlarini aniqlash.

Agar Dekart koordinata tekisligiga giroskopni 6-rasmdagi kabi xususiy o'qi Z- yo'nalishi bilan ustma-ust tushadigan qilib joylashtirsak, u holda giroskopning asosiy o'qlari koordinata yo'nalishlari bilan bir xil bo'ladi (6-rasm). O'qlar bo'yich va ekvatorial J_z va J_{xy} inertsiya momentlarini aniqlash kerak bo'ladi.



6-rasm

Silindrik simmetriya tufayli girooskop ikkita turli asosiy inertsiya momentiga ega J_z va J_{xy} . Ushbu tajribada har ikkala inertsiya momenti o'lanadi. Qo'shimcha yuk tufayli inertsiya momenti

$$I_z^* = I_z + mR^2 \quad (7)$$

qiymatgacha o'zgaradi. \ominus burchak uchun mayatnikning tiklovchi momenti quyidagiga teng:

$$M_z = -mgR \sin \theta \quad (8)$$

bu yerda g - erkin tushish tezlanishi. Agar bu olingan ifodani dinamikaning asosiy tengemasiga olib borib qo'ssak, asosiy tengema quyidagi ko'rinishni oladi:

Bundan foydalanib tebranish tenglamasini $M_z = I_z^* \frac{d^2\theta}{dt^2}$ ko'rinishda yozamiz.

Bu tenglama kichik θ burchaklarda garmonik ostsilyator harakat tenglamasiga keladi: $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{m \cdot g \cdot R}{I_z^*} \cdot \theta = 0 \quad (9)$

Differentsiyal tenglama yechimidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\omega = \sqrt{\frac{m \cdot g \cdot R}{I_z^*}} \quad (10)$$

Undan tebranish davri T uchun quyidagini olamiz:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_z^*}{m \cdot g \cdot R}} \quad (11)$$

Tenglamadan I_z ning ifosini qo'yib I_z^* ga nisbatan tenglamani yechsak talab qilingan shartli tenglamani olamiz:

3-mashq. Ekvatorial inertsiya momentini aniqlash.

Bu tajribada girooskop vertical o'qi bo'ylab 7-rasmda ko'rsatilganidek o'rnatiladi va og'irlik markazida tutib turiladi. Og'irlik markazi tayanch nuqtasidan d ($d=50$ mm) masofada siljiriladi va ushlab turiladi. Agar girooskop massasi m_g , bo'lsa, inertsiya momenti Shteyner-Guygens teoremasiga asosan quyidagi ko'rinishni oladi:

$$I_z = m \cdot r \left(\frac{gT^2}{4\pi^2} - R \right) \quad (12)$$

Tiklovchi moment uchun quyidagi tenglamani olamiz:

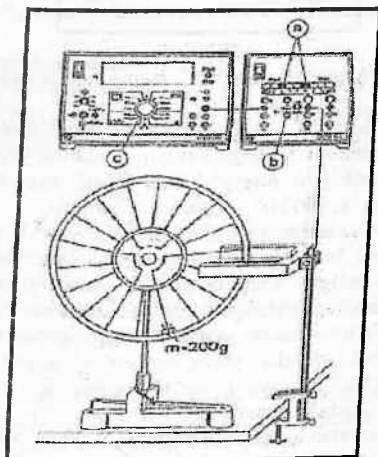
$$I_{xy}^* = I_{xy} + m_k d^2 \quad (13),$$

$$M_{xy} = -m_k d \cdot \sin \theta \quad (14)$$

Agar biz R ni d , m ni m_k va I_z ni I_{xy} bilan almashtirsak (13) va (14) tenglamalarni (10) va (11) tenglamalardan ham olishimiz mumkin.

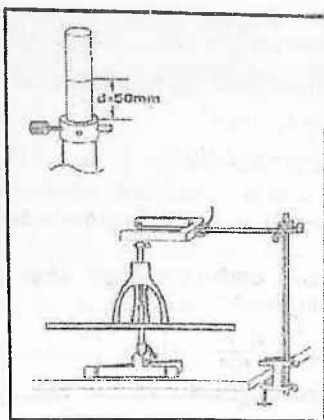
Qidiralayotgan I_{xy} inertsiya momenti uchun (12) tenglamaga o'xshash tenglamani olamiz :

$$I_{xy}^* = m_k \cdot d \left(\frac{g \cdot T^2}{4\pi^2} - d \right) \quad (15)$$



7-rasin

7. rasm. O'qqa nisbatani I_z inertsiya momentini aniqlash tajriba qurilmasi.



8-rasm

8-rasm. Ekvatorial inertsiya momentini aniqlash tajriba qurilmasi.

10 yarim davr - $5T$ ni o'lchash uchun raqamli hisoblagichni va boshqarish modulini o'rnatib (3-rasm): ajratib qo'yilgan qora (a) tugmachani bosib; (b) o'zgartirgichni "man" vaziyatiga va (c) o'zgartirgichni "s; 100 Hz" vaziyatiga qo'yamiz.

1. I_z inertsiya momentini aniqlash.

Giroskopni 2-rasmda ko'rsatilgandek yig'ing. Har biri 100 g massaga ega bo'lgan ikkita qo'shimcha yukni yopishqoq lenta yordamida giroskop gildiragi gardishiga mahkamlang. Yorug'lik himoya to'sig'ni shunday joylashtiringki, giroskop to'xtagan paytda g'ildirak spitsalari yorug'likni to'sib qo'ysin (tekshirish: **LED** yorug'lik himoya to'sig'ida yorug'lik uzilishi sodir bo'lmaydi). O'lchash namunalari:

O'qqa nisbatan inertsiya momenti I_z ni aniqlash ushun 5 marta tebrangan vaqt o'lchami tanlanadi. $R=0,232M$, $m=0,2$ kg uchun I_z hisoblanadi.

I_{xy} ekvatorial inertsiya momentini aniqlash shu usulda o'lchanib, oq'irlik markazi va tayanch nuqtasi orasidagi masofa $d=0,05 M$,

Girooskop massasi $m=3\text{kg}$ ushun I_{xy} ekvatorial inertsiya momenti aniqlanadi

Tajribaning ikkinchi qismi uchun eksperimental qurilmani 8-rasmda ko'rsatilgandek (yuksiz) shunday yig'ingki, podshipnikning yuqori cheti belgilangan halqaning asosiy chetidan aniq 50 mm pastda joylashsin.

Yorug'lik himoya to'sig'i va girooskop o'qini bir-biriga nisbatan shunday joylashtiringki, girooskop o'qi dastlabki vaziyatda yorug'lik nurini to'sib qolgan bo'lsin.

2. Ekvatorial inertsiya momentini (8-rasm) aniqlash uchun, Girooskop o'qini taxminan 20° ga buring. Tebranish davrini xuddi 1-qismdagidek aniqlang. Dinamometr yordamida $F = m_k g$ kuchni o'lchab, yuk massani aniqlang.

4-mashq. Girooskopning chayqalishi - presessiyasini o'zgarishi.

Mashqning maqsadi.

1. Qo'zg'almas nuqtaga ega girooskopning chayqalish chastotasi f_p ning aylanish chastotasi f_o ga bog'liqligini o'rganish.
2. Olingan kattaliklarni nazariya bilan solishtirish:

$$f_p = f_o \cdot \frac{I_z}{I_y} \quad (16)$$

Bu yerda I_z - z o'qi bo'ylab inertsiya momenti

I_{xy} -ekvatorial o'q bo'ylab inertsiya momenti

Faqat og'irlik kuchi ta'sirida bo'lgan simmetrik girokopga hech qanday aylantiruvchi moment ta'sir qilmaydi, va shu sababli uning impuls momenti quyidagiga teng va doimiy saqlanadi:

$$\vec{L} = I \vec{\omega} \quad (17)$$

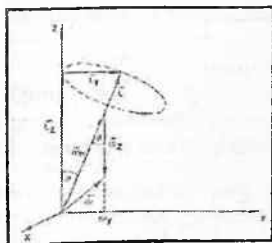
bu erda ω -giroskopning burchak tezligi, I-inertsiya tenzori. Bizning tajribada qo'llanilayotgan girooskop uchun I inertsiya momenti quyidagi ko'rinishga ega:

$$I = \begin{pmatrix} I_{xy} & 0 & 0 \\ 0 & I_{xy} & 0 \\ 0 & 0 & I_z \end{pmatrix}; \quad (18)$$

Agar burchak tezlik inertsia tenzorining biror asosiy o'qi yo'nalishi bilan ustma-ust tushmasa, u holda L va ω larning yo'nalishlari mos tushmaydi. Natijada giroskopning xususiy o'qi fazoviy-doimiy qolmaydi, lekin inertsia momentining fazoviy-doimiy yo'nalishi atrofida f_0 "chayqalish chastotasi" bilan aylanadi. ω burchak tezlikni ikki tashkil etuvchiga ajratish mumkin: giroskopning z-xususiy o'qi atrofidagi ω burchak tezligi va chayqalish ω_n burchak tezligi.

ω burchak tezlikning yo'nalish ham xuddi "oniy aylanish o'qiyaylanishi" kabi aniqlanadi. L , ω va ω_n kattaliklar bir tekislikda yotadi (9-rasm).

ω va ω_n kattaliklar orasidagi munosabatlarni hisoblash uchun giroskop harakatini fazoviy- doimiy koordinata sistemasi Dekart koordinata sistemasi bilan ustma-ust tushadigan paytdan boshlab o'rganamiz.



9-rasm

Boshlang'ich vaqt momentida L impuls momenti tashkil etuvchilari quyidagi tenglamalar orqali aniqlanadi:

$$L_y = I_{yy} \omega_y = L \sin \theta \quad (19)$$

$$L_z = I_z \omega_z = L \cos \theta \quad (20)$$

L_x nolga teng chunki, L (x, y) tekislikda yotadi. 7-rasmdan biz quyidagini olishimiz mumkin:

$$\sin \theta = \frac{\omega_y}{\omega_p} \quad (21)$$

(19) va (21) dan

$$L = I_{yy} \omega_p \quad (22)$$

kelib chiqadi.

Agar biz (20) tenglamadan L ni o'rniga qo'yib tenglamani ω ga nisbatan yechsak, u holda quyidagini olamiz α ni yo'qotib bu tenglamani ω bo'yicha yechsak, ω_p uchun quyidagini olamiz:

$$\omega_p = \omega_z \frac{I_z}{I_{xy} \cos \theta} \quad (23)$$

yoki 2π ga bo'sak va burchakni kichik deb hisoblasak, u holda

$$f_p = f_z \cdot \frac{I_z}{I_{xy}} \quad (24)$$

ni olamiz.

f_z aylanish chastotasi va f_p chayqalish chastotasi orasidagi boglanishni ifodalovchi proporsionallik koeffitsiyenti tajribada miqdoriy jihatdan ko'rsatib berildi. Agar giroskopning asosiy inertsiya momentlari I_z va I_{xy} ma'lum bo'lsa, proporsionallik koeffitsiyenti I_z/I_{xy} ni ham aniqlanishi mumkin.

Tajribaning borishi:

Chap qo'lingiz bilan giroskop valini, o'ng qo'lingiz bilan giroskop korpusini ushlagan holda chap qo'lingiz bilan giroskop tez aylanishi uchun bir nech bor turtki bering. Giroskop valini qo'yib yuborganingizda unga yon tomonga qarab kichik turtki beringki, chayqalish boshlanganda u nur yo'lini kesib o'tsin.

Boshqaruv panelida reset tugmasini bosib T_{ch} chayqalish davrini sanagich bilan aniqlang. P sanagichdagi $18 f_z$ nurni kesib o'tish soniga (18 ta spitsa) 1 ta aylanish davri to'g'ri keladi.

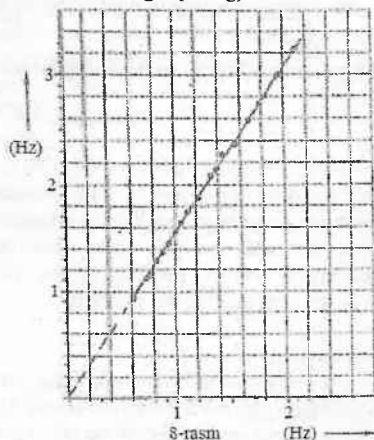
Tajribani aylanish tezligi kamayishi barobarida bir necha marta takrorlang (har bir o'lchashdan oldin reset tugmasini bosishni unutmang).

1-jadval

No	$18 f_z$	f_p, Hz	T_p, f_p	$f_z 1/T_p, \text{Hz}$	$f_z \text{ Hz}$
1					
2					
3					
...					

Baholash va natijalar.

$F_p = f(f_z)$ funksiyaning grafigi nutatsiya (chayqalish) chastotasi va aylanish chastotasi orasidagi boglanish chiziqi ekanligini ifodalaydi (8-rasmga qarang):



8-rasm. Nutatsiya(chayqalish) chastotasi f_p va f_z aylanish chastotasi orasidagi bog'lanish.

$$f_p, f_z \text{ yoki } f_p/f_z = \text{const.}$$

Bu erda
$$c = \frac{\Delta f_p}{\Delta f_z} = 1.54$$

8-rasmidagi burchak qiyaligidan quyidagini olamiz $\frac{f_p}{f_z} = 1.54$

Nazorat savollari:

1. Implmus momenti deb nimaga aytiladi?
2. Implmus momenti formulasini keltirib chqaring.
3. Implmus momenti bilan kuch momenti orasidagi bog'lanishni keltirib chiqaring.
4. Implmus momenti saqlanish qonunini ta'riflang.
5. Implmus momentini o'lchash metodini tavsiflang.
6. Erkin aylanish o'qi deb nimaga aytiladi?

7. Girosko'p deb nimaga aytiladi?
8. Erkin Girosko'p deb nimaga aytiladi?
9. Erkin Girosko'p o'qining harakati qaysi qonuniyatga asoslangan?
10. Presessiya deb nimaga aytiladi?
11. Presessiya burchk tezligi formulasini keltirib chiqaring va uni tavsiflang.
12. Girosko'pik kuchlar nima uchun vujudga keladi?
13. Girosko'pik kuchkardan texnikada foydalanish.

Adabiyotlar:

1. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. Механика. Тошкент: «Ўқитувчи», 1981, I - Том. §30-34. (165-180 б.), §45-52, 54. (231-302 б.).
2. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1977. § 52-54 (182-192 б.), § 63-71 (228-260 б.).
3. И.В.Савельев. Умумий физика курси. I – том Тошкент: Ўқитувчи, 1984. §37-41 (107-137 б.).
4. С.Э.Фриш., А.И. Тиморева. Умумий физика курси. I-том. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. § 34-39 (134-155 б.).
5. J.Walker. Fundamentals of Physics.N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

32-LABORATORIYA ISHI TORNING TEBRANISH CHASTOTASINING TOR UZUNLIGIGA VA TARANGLIGIGA BOG'LIQLIGINI ANIQLASH.

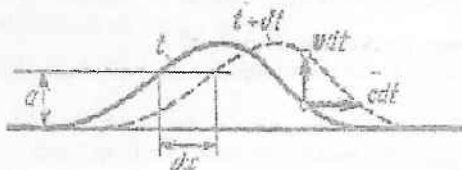
Ishning maqsadi:

Torning tebranish chastotasining tor uzunligiga va tarangligiga bog'liqligini o'rganish.

Nazariy qism

Bizga ma'lumki, biror jismning muhitdagi tebranma harakati shu jism turgan muhitga uzatiladi. Agar tebranish havoda bo'lsa, o'zining harakatini havo zarrachalariga uzatadi. Havo

zarrachalarini tebranma harakati barcha yo'nalishda havo bo'ylab tarqaladi. Bu jarayon suyuqliklarda ham, qattiq jismlarda ham ro'y beradi.



1-rasm

Shu tebranishning muhitda vaqt bo'yicha tarqalish jarayoniga **to'lqin** deyiladi.

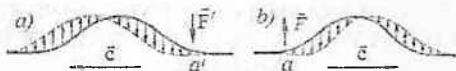
Agar to'lqin yo'lida to'siq bo'lmasa, u barcha yo'nalishlarda bir xilda tarqaladi.

Ixtiyoriy bir vaqt momentida tebranishlar shu muhitni biror (yuzasiga) sirtiga bir vaqtda yetib boradi. Bu yuzga **to'lqin sirti (yuzasi)** yoki **to'lqin fronti** deb ataladi va bu sirdagi muhit zarrachalari bir xil fazada tebranadi.

To'lqin sirti –sferik sirt bo'lsa → sferik to'lqin,

Yassi sirt bo'ylsa → yassi to'lqin deyiladi

Masalan: Tebranishlar suvda tarqalganda, to'lqinlar suv sirtida, aylana do'ngliklar hosil qiladi –suv hajmida esa to'lqin sferik bo'ladi.



2-rasm

Agar zarrachalarning tebranishi to'lqin tarqalishi yo'nalishi bo'yicha bo'lsa, bunday to'lqin **bo'vlama** to'lqin deyiladi. Agar muhitning zarrachalarini tebranish yo'nalishi to'lqin tarqalishi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lsa, bunday to'lqin **ko'ndalang** to'lqin deyiladi. Rubob va boshqa torli asboblarning torini tebranishi ko'ndalang to'lqinga misol bo'la oladi.

Torning tebranishi shu tor bo'ylab tarqalishi oddiy to'lqinga misol bo'la oladi.

Endi tebranishning tarqalish jarayonini ko'raylik (1 va 2 – rasmlarga qarang).

Do'nglik $c = \frac{dx}{dt}$ tezlik bilan tor (sterjen) bo'yicha siljiydi, ya'ni c tezlik bilan to'liq tarqaladi. Agar toring taranglik kuchi T va $\rho = \frac{m}{l}$ – uzunlik birligiga to'g'ri keladigan massasi aniq bo'lsa, u holda tor bo'ylab tebranishning tarqalish tezligi – to'liq tezligi $c = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ formula bilan aniqlanadi. Tarqalish vaqtida to'liq shakli o'zgarmaydi, lekin u c tezlik bilan siljiydi. Tor zarrachalarini tebranish tezligi $v = \frac{dy}{dt}$ ga teng bo'ladi (1-rasm).

Endi ixtiyoriy vaqt momentidagi toring tebranish ko'rinishini tahlil qilaylik.

Bu shakldan to'liq qaysi yo'nalishda tarqalishi bilib bo'lmaydi. Shuning uchun F' va F kuchlarini kattaligi va yo'nalishini bilishimiz zarur (2-rasm). F_e kattaligi T ga va hamda toring elastiklik koeffitsientiga bog'liq va $F_e \sim T$.

Agar berilgan vaqt momentida tor nuqtalarini harakati ma'lum bo'lsa, unda to'liq tarqalish yo'nalishini quyidagicha rasmdan aniqlash mumkin:

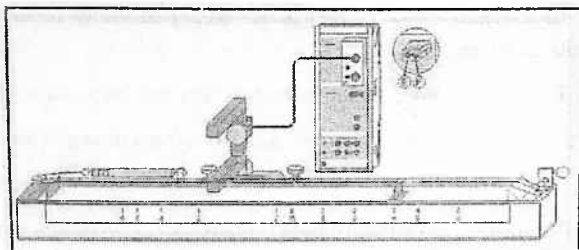
Tebranishning tarqalish tezligi $c = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ va shuning uchun:

a) tarqalish tezligi c toring taranglik kuchi va uning chiziqiy zichligi $\rho = \frac{m}{l}$ ga bog'liq.

b) muhitning elastikligi qancha katta bo'lsa, tebranishlarning tarqalish tezligi shuncha katta bo'ladi.

v) Inertligi katta, ya'ni zichligi katta bo'lgan muhitda to'liq tarqalish tezligi kichikdir.

Birligi SI da $[c] = \frac{[T]^{1/2}}{[\rho]^{1/2}} m/s$; SGS da $[c] = sm/s$



3-rasm

3-rasm eksperimental qurilmaning umumiy ko'rinishi
(Izoh: Pocket-CASSY dasturida bajariladi).

Tajriba tavsifi

Tor tarang tortilganda, tor uzunligi L u uni tarqatadigan mexanik tebranishlarning yarim to'lqin uzunligiga teng: $L = \lambda / 2$. Shu sababli torning asosiy toni chastotasi quyidagicha aniqlanadi:

$$v = c / (2L)$$

bu erda c - torning fazaviy tezligi. Fazaviy tezlik taranglik kuchi F , tor ko'ndalang kesimi yuzasi S va tor zichligiga bog'liq bo'lib, bu bog'lanish quyidagicha aniqlanadi:

$$c^2 = F / (A\rho)$$

Bu tajribada tebranish chastotasi f va mos holda tovush balandligi tor uzunligi hamda taranglik kuchi funksiyasi sifatida o'lehanadi. Tebranish davri T ni o'lehash uchun CASSY 2 dan yuqori aniqlikdagi sekundomer sifatida foydalaniladi. $v^2 = f(F)$
 $v = v(\lambda / 2)$ bog'lanishlar tekshirib ko'riladi.

Qurilma tarkibi:

1. CASSY Sensori
2. CASSY Lab 2 daftari
3. Taymer adapteri yoki Taymer S (sekundamer)
4. Shoxsimon yorug'lik qayd qiluvchi sistema
5. Ko'p o'zakli kabel, 6-o'zakli, 1.5 m
6. Monoxord
7. Yuqori aniqlikli dinamometr, 100 N
8. V-shaklli stend asosi, 20 cm

9. Stend yo'lkasi, 10 cm
10. Stend yo'lkasi, 25 cm
11. Leybold multiqisqichi
12. Windows XP/Vista/7/8 operatsion tizimi o'rnatilgan PC

Tajriba qurilmasi (3-rasmga qarang)

T tebranish davri monoxordning yog'och rezonans qutisi va tor orasida joylashgan o'zaro aloqador bo'lmagan yorug'lik himoya to'sig'i qurilmasi orqali o'lchanadi. Himoya to'sig'i (yorug'lik to'sgich) CASSY-Sensorning A kirishiga taymer bloki orqali kabel bilan ulangan.

Ishni bajarish tartibi

Tebranish davri T bir qiymatli aniqlanadi agarda torning muvozanat vaziyatidan o'tishi aniq bo'lsa. Buning uchun tor shunday qo'yilishi kerakki, tor muvozanat vaziyatida bo'lganda yorug'lik himoya to'sig'i tomonda qizil svetodiod (LED) yonmasligi kerak. Yorug'lik himoya to'sig'i infraqizil yorug'lik nuri uchun ikkita kichik tirqishga ega. Agarda tor bu ikki tirqishning birortasidan biroz yuqoriroqda joylashgan bo'lsa, yaxshi natijalar olish mumkin

Tebranish davrini aniqroq o'lchash uchun shoxsimon yo'rug'lik to'sgichni doimo torning tebranuvchi qismi o'rtasiga joylashtirish lozim. T tebranish davri tor nurini tebranish davri mobaynida ikki marta kesib o'tsagina aniqlanadi. Buning uchun shoxsimon yozrig'lik to'suvchi ichida joylashgan qizil yorug'lik diod nurini tor muvozanatda bo'lgan holatida kesib turishi lozim. Bundan tashqari tebranish qiymatini qayd qilish mobaynida tilga olingan qizil yorug'lik diodi eng chekka og'ishlar orasida bo'lishiga e'tibor qiling. Shoxsimon yorug'lik to'suvchida infraqizil nur uchun ikkita kichik appertura (tirqish) mavjud. Tor kichik tirqish ustiga o'rnatilgandagina yaxshi natijaga erishilishi mumkin (kerak bo'lganda to'sgichni ozroq burining). Tebranish davomida tor monoxord (usti) sirtiga nisbatan parallel harakat qilishi lozim.

Torning taranglik kuchi F darajalangan dinamometr bilan o'lanib, uning kattaligi rostlanishi mumkin. Buning uchun dinamometr bilan birga buraladigan ilgak ham qo'yilgan. Tordagi taranglik kuchi buraladigan ilgak bilan o'zgartirilishi mumkin. Tajribani o'tkazish davomida dastlab taranglik kuchi 100 N qilib o'rnatilsa va keyin kamaytirib borilsa, yaxshi natijaga erishiladi.

O'lchashlar davomida torning tebranuvchi qismi uzunligi L siljiydigan taglik bilan o'zgartirilishi mumkin. Tor tebrantirilganda torning tebranishda ishtirok etmaydigan qismiga qo'l bilan teginmang.

Tajribani o'tkazish tartibi:

a) Taranglik kuchini o'zgartirish:

Boshqariladigan kalitni burash orqali taranglik kuchini 90-100 N qiymatda o'rning.

Dinometr ko'rsatgan F taranglik kuchining o'lhangan qiymatlarini jadvalga kiriting.

Yorug'lik himoya to'sig'ini tor ostiga joylashtiring. Tor tinch turganida tor kichik tirqish ustiga to'g'ri kelishini va bunda qizil yorug'lik diodi yonmagan bo'lishi lozim. Kerak bo'lganda yorug'lik himoya to'sig'ini qayta o'rning.

Torni ohista chertib tebrantiring (tor tebranishi mobaynida yo'rug'lik diodi yonishi kerak), va shu zahoti (2-3 sekund ichida) ekrandagi o'lhangan qiymatlarni jadvalga kiriting (\odot yoki F9 tugmachasini bosib).

b) Tor uzunligini o'zgartirish:

1. Taglikni surib tor uzunligini keragicha o'rning ($L=50\text{sm}$, 60 sm, 70 sm,...).

2. Tor uzunligini aniqlab jadvalga kiriting.

3. Qizili yorug'lik diodi o'chganligini tekshiring, zarurat bo'lganda yorug'lik himoya to'sig'ini qayta o'rning.

Torni ohista chertib tebrantiring (tor tebranishi mobaynida yo'rug'lik diodi yonishi kerak), va shu zahoti (2-3 sekund ichida) ekrandagi o'lhangan qiymatlarni jadvalga kiriting (\odot yoki F9 tugmachasini bosib).

Baholash

a) Taranglik kuchini o'zgartirish:

O'lchashlar davom etayotgan paytda $T(F)$ va $v(F)$ bog'lanishlar yuzaga keladi. Oldindan tayyolangan "Evaluation zastavkasida" dasturi oynasida v^2 tebranish chastotasi kvadrati F taranglik kuchining funksiyasi sifatida paydo bo'ladi. Chastota kvadrati va kuch orasidagi $v^2 = \psi(F)$ chiziqlik bog'lanishni "line through the origin" ga qo'yish orqali olinadi (sichqonchanning o'ng tugmasi bilan). Bu bog'lanish shuni ko'satadiki, ton balandligi, tebranayotgan tor chastotasi tor tarangligi ortishi bilan ortar ekan. Mos holda, tor tarangligini kamaytirish orqali tor toni balandligini o'zgartirish mumkin ekan.

b) Tor uzunligini o'zgartirish:

Oldindan tayyolangan "Evaluation zastavkasi" dasturi oynasida v^2 tebranish chastotasi kvadrati $1/L$ uzunlikka teskari proporsional funksiya sifatida paydo bo'ladi. Chstota kvadrati va kuch orasidagi $v^2 = \psi(1/L)$ chiziqlik bog'lanishni "line through the origin" ni qo'yish orqali olinadi (sichqonchanning o'ng tugmasi bilan). Bu bog'lanishda, ton balandligi, tebranayotgan tor chastotasi tor uzunligi kamayishi bilan ortishiga ishonch hosil qilish kerak.

Nazorat savollar:

1. Torning tebranish jarayonini tavsiflang.
2. Torning tebranishida vujudga keladigan kuchlarni tavsiflang.
3. Torning tebranish davri qanday kattaliklarga bog'liq?
4. Torning tebranishida qanday to'lqinlar vujudga keladi?
5. Torda turg'un to'lqin hosil bo'lish jarayonini tushuntiring.
6. Nima uchun torning tebranish davri torning taranglik kuchiga va materialining chiziqli zichligiga $\rho_1 = \frac{m}{l} = \rho_s$ ga bog'liq?
7. Nima uchun turg'un to'lqinda energiya uzatilmaydi?
8. Torda qanday tebranishlar sodir bo'ladi?

9. Torda tebranish tarqalish tezligi formulasini yozing, tushuntiring.

10. Nima uchun torning tebranish davri uning taranglik kuchiga va modda turiga bog'liq?

11. Torning rezonans tebranishi qanday amalga oshiriladi?

12. Torda turg'un to'ldiqin hosil bo'lish shart – sharoitlarini tavsiflang.

13. Nima uchun torning uzunligi, ya'ni tebranayotgan qismining uzunligi o'zgarishi bilan uning tebranish qonuniyati o'zgaradi?

Adabiyotlar

1. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. М.: «Наука», 1971. § 69, стр. (135-137).

2. А.Н.Матвеев. Механика и теория относительности. М.: «Выс. Школа», 1981. § 34, 36.

3. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. 1.Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. §27.

4. J.Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

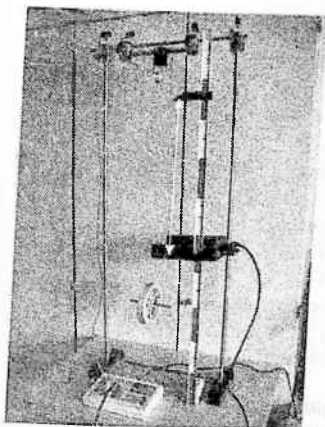
33-LABORATORIYA ISHI

“MAKSVELL MAYATNIGI” LABORATORIYA QURILMASIDA ENERGIYA SAQLANSH QONUINI O'RGANISH.

Tajribaning maqsadi: Energiya saqlanishi qonuniga ko'rish, Potensial energiyaning kinetik va aylanma harakat energiyasiga aylanishida energiya miqdorini o'lchash. Maksvell diski inertsiya momentini aniqlash.

Qisqacha nazariya

Mexanik energiyaning saqlanish qonunini namoyish qilish uchun Maksvel diskidan foydalaniladi. Agar disk qo'lda yuqoriga ko'tarilsa va pastga tusha boshlasa kinetic energiya potensial energiyaga va aksincha potensial energiya kinetik energiyaga aylanadi (energiyaning o'zgarish va aylanish qonuni).



I-rasm. Maksvel diskleri yordamida energiya saqlanishi qonunini tekshirish uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi
Siytemaning to'la energiyasi T esa o'zgarmasdir:

$$T = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} + mgh = const$$

Bu erda m -massa va I -diskning inertsiya momenti, h -ko'tarilish balandligi, v -diskning chiziqli tezligi va ω -burchak tezligi, g -erkin tushish tezlanishi.

Tinch holatda ($v = 0$ va $\omega = 0$) deb hisoblab, harakat pastga yo'nalganda (2) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} \quad (3)$$

r -mayatnik o'qi (shpindel) radiusini bilgan holda ω siklik chastotani quyidagidan aniqlash mumkin:

$$v = \omega r \quad (4)$$

(4) va (3) bilan disk inertsiya momentini aniqlash mumkin:

$$I = mr^2 \left(\frac{2gh}{v^2} - 1 \right) \quad (5)$$

bunda $m = 450$ g, $r = 3$ mm va $g = 9.81$ m/s².

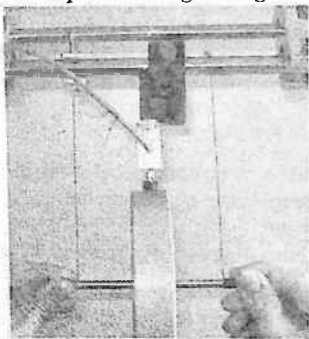
Asbob va uning asosiy qismlari:

1. Maksvell diskleri
2. U-simon tutgichga o'rnatilgan yorug'lik datchigi .
3. Ko'p o'zakli kabel, $l = 1.5$ m
4. Sanagich-S
5. Magnit tutgichli qaytuvchi mexanizimli adapter
6. Ko'rsatkichli o'lchagich
7. Egarsimon asos
8. Support block
9. Taglik asos MF
10. Sterjen ustun, 50 cm
11. Sterjen ustun, 100 cm
12. Leybold multiqisqichi

Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasini 1-rasmga asosan yig'ing. Dastlab yo'rug'lik to'silishini sezuvchi datchikli ramka o'rnatiladigan po'lat ustunlarni yig'ing. Keyin Maksvell diskli sterjenni shunday o'rnatangi disk o'qi ikki uchi bir sathda bo'lsin. Tajribani boshlashdan oldin diskni pastga va yuqoriga bir necha marta harakatlantirsangiz yaxshi natijaga erishasiz.

Ulash kalitini boshqarish blokiga ulang.



2-rasm. Diskning boshlang'ich holati

Shkalali o'lchagichni U-simon tutgichga o'rning. Shkala ko'rsatkichi yuqoridan disk o'qiniga eng yuqori holatiga to'g'rilangan bo'lsin. Bunday holati tajriba davomida o'zgarishsiz kerak. Eng quyi ko'rsatkichi esa yorug'lik nurini to'sish nuqtasi o'rni bilan barobar bo'lsin.

b) Yorug'lik datchigi yaqinidagi v tezlikni aniqlash:

- Yorug'lik datchigini elektron sanagichning E portiga ulang;
- t_E rejimini tanlang;
- Diskni yuqori nuqtasiga kalit tugmasini bosguncha ko'taring(2-rasm).

Tajribaning borishi:

- Tajribada disk boshlang'ich holatdan yorug'lik datchigigacha bo'lgan masofani o'tguncha ketgan vaqt t o'lchanadi va s masofa o'tgandagi disk tezligi aniqlanadi.

- Masofa 15 sm dan 55 sm gacha bo'lib 5 sm oralatib o'zgartirib boriladi;

Boshlang'ich holatdan yo'rug'lik datchigigacha bo'lgan s masofada t harakat vaqtini o'lchash:

- Klavishli kalitni sanagichning E portiga ulang. Yorug'lik datchigini F portga ulang.

$t_F \rightarrow F$ rejimini tanlang;

- Diskni yuqori nuqtasiga kalit tugmasini bosguncha ko'taring(2-rasm);

- START tugmasini bosing;

- Diskni qo'yib yuboring (sanagich hisoblashni boshlaydi)

- Disk yorug'lik datchigidan o'tishi bilan o'lchash to'xtaydi

- t tushish vaqtini yozib oling.

Start tugmasini bosing!

Diskni qo'yib yuboring (sanagich hali hisoblashni boshlamaydi) Disk yorug'lik datchigidan o'tishi davomida o'lchash amalga

oshiriladi

va t vaqtini yozib oling.

v tezlik qiymatini quyidagi ifodadan aniqlang: $v = \frac{\Delta h}{\Delta t}$

O'lchash namunalari

1-jadval: h masofa tanlangan, t vaqt o'lchangan holda Δt va tezlik hisoblanadi.

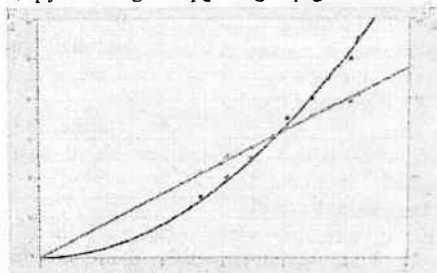
1-jadval

№	h, sm	t, s	$\Delta t, ms$	$v, m/s$
1	15			
2	12			
3	25			
4	30			
5	35			
6	40			
7	45			
8	50			
9	55			

Natijalar tahlili

Harakat dinamikasini tahlil qilish.

3-rasm: s -masofa (qora to'rtburchak) va v tezlik (qizil uchburchak) qiymatining t vaqtga bog'liqligi.



3-rasm

3-rasmda 1-jadvalda keltilgan o'lchash natijalari grafik tarzda keltirilgan. E'tibor qilingki, X-o'qidagi o'lchangan vaqt qiymatlari masofa va telikka ham tegishlidir.

Tezlikning vaqtga bog'liqligi chiziqli, masofa qiymati esa parabolik boglanishga ega bo'lishga ishonch hosil qiling.

Demak, $s \sim t^2$ va $v \sim t$ bog'lanishga ega bo'lishimiz kerak.

I inertsia momentini aniqlash

h va v ning o'lgangan qiymatlarini (5) tenglamaga qo'yib har bir o'lgangan qiymatlar uchun I inertsia momentini aniqlang va 2-jadvalga yozing.

2-jadval

No	$\frac{h}{\text{sm}}$	$\frac{v}{\text{m/s}}$	$\frac{I}{10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2}$
1	15		
2	20		
3	25		
4	30		
5	35		
6	40		
7	45		
8	50		
9	55		

Energiya aylanishi va (4) tenglamalardan hamda I inertsia momenti qiymatidan foydalanib biz potensial E_p va E_k energiyani aylanma harakat energiyasi E_{ayl} va o'zgarish energiyasi $E_{o'z}$ ni hisoblab, natijalarni 3-jadvalda yozamiz.

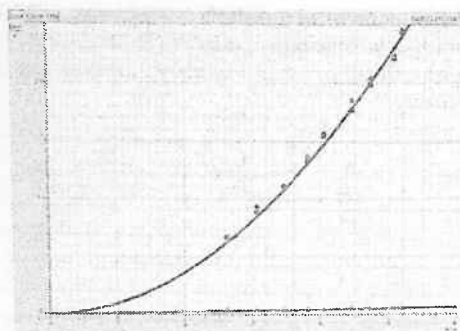
4-rasmda potensial energiya va kinetik energiyaning o'zgarishi keltirilgan. Ular doimo bir xil qiymatga ega bo'ladi.

Hagarilanna harakat energiyasi qiymati juda kichik bo'lgani uchun, xulosa qilishimiz mumkinki potensial energiyaning katta qismi aylanma harakat energiyasiga aylanadi.

3-jadval

No	t, s	E_{pot}, J	E_{kin}, J	$E_{aylanish}, \text{J}$	$E_{o'z}, \text{J}$
1					
2					
3					
...					

4-rasm. Potensial (qora to'rtburchak), kinetik (ko'k doira) va aylanni harakat energiyasi (qizil uchburchak) nuqtalar bilan belgilab, namunaviy shakldagi grafiklarni millimetrli qog'ozga chizing.



4-rasm

Qo'shimcha ma'lumot

Qo'shimcha mashqda olingan inertsiya momenti qiymati $I = 1 \text{ kg m}^2$ bo'yicha erkin tushish tezlanishini aniqlash mumkin.

Shuningdek har bir tebranishda ishqalanish tufayli energiya yo'qotilishini balandlik pasayishini o'lchab hisoblash mumkin.

Ilg'or talabalar uchun harakatni yo'nalishi o'zgarishini deyarli elastik to'qnashuvdagidek deb hisoblab tahlil qilishni tavsiya qilamiz.

Nazorat savollari:

1. Mayatnik nima?
2. Nima uchun mazkur qurilma mayatnik deb ataladi?
3. Inertsiya momenti deb nimaga aytiladi?
4. Dumalanish radiusi nima va uning jismning aylanma harakatidagi roli qanday?
5. Ham aylanma, ham ilgarilanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi nimaga teng? formulani keltirib chiqaring.
6. Ishqalanish kuchlarining aylanma harakatdagi momenti nimaga teng?
7. Tiklanish koeffitsienti nima va uni ma'nosini ayting?
8. Mayatnik harakati uchun saqlanish qonunlarini yozing.
9. Mayatnik harakatida gorizonttal tebranishlar hosil bo'lishiga qanday sabablar mavjud?

Adabiyotlar:

1. Л.Г. Дуденко и др. Общий физический практикум. Механика. МГУ. 1991, - 270 с.
2. С.П.Стрелков. Механика. «Ўқитувчи», 1977, VII боб. §58.
3. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. М.: Наука, 1963, Гл. VI, §41.
4. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси, Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1984, 33,34,36, 47, 48§.
5. J.Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

34 -LABORATORIYA ISHI HAVODAGI TOVUSH TEZLIGINING TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGINI O'RGANISH

Qisqacha nazariya.

Tovush va uning tabiati. Elastik muhitda tarqalayotgan to'liqlarning chastotasi 20 Hz dan (bazi adabiyotlarda 16 yoki 17 Hz) 20000 Hz gacha bo'lsa, bunday mexanik to'liqlarni inson eshitish organi sezadi. Bunday to'liqlar-tovush to'liqlari yoki tovush deb ataladi. Chastotasi 20 Hz dan kichik bo'lgan to'liqlar infra tovush deb ataladi va buni inson sezmaydi.

Chastotasi 1 Hz dan 10^{13} Hz gacha bo'lgan to'liqlarni xususiyatini o'rganadigan fizikaning bo'limiga akustika deyiladi.

Tovush ham mexanik bo'ylama to'liq bo'lib muhitning zichligiga, uning xususiyatiga bog'liq bo'lgan tezlik bilan tarqaladi.

Gazlarda tovush tarqalish tezligi $c = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}}$ -Laplas formulasi

bo'yicha hisoblanadi. Bu yerda γ - adiabata ko'rsatkichi, ρ - (havo) bosimi, ρ - zichligi.

Shuni ta'kidlash kerakki, muhitning harorati doimiy bo'lganda bosimning o'zgarishi zichlikni o'zgarishiga to'g'ri proporsional va

$\frac{P}{\rho} = const$ bo'lgani uchun gazlarda tovushni tarqalish tezligi

bosimga bog'liq bo'lib qolmaydi.

Lekin gazlarda tovushning tarqalish tezligi uning haroratiga bog'liq va bu bog'lanish gaz holat tenglamasiga asosan

$$\text{quyidagicha yozamiz: } c = \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}}$$

Bu yerda $R = 8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ – universal gaz doimiysi, μ – gazning molyar massasi.

Demak, tovush tezligi temperatura-haroratga bog'liq, ya'ni $c \sim \sqrt{T}$.

Qattiq jismlarda to'lqinlar ham bo'ylama, ham ko'ndalang tarqaladi, shuning uchun tovushning bo'ylama tezligi $c_s = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$,

ko'ndalang to'lqin tarqalish tezligi $c_t = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$ formula bilan hisoblanadi.

Bu yerda E – muhit uchun Yung moduli, G – siljish moduli. Qattiq jismlarda bo'ylama to'lqinlarning tarqalish tezligi ko'ndalang to'lqinlarning tarqalish tezligidan deyarli ikki marta katta (chunki $E > G$).

Shuning uchun Yer qimirlashini ikki marta sezaniz, chunki Yer qimirlash markazidan biz turgan joyga bo'ylama to'lqin avvalroq, ko'ndalang to'lqin esa keyinroq yetib keladi.

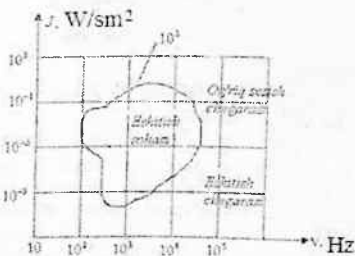
Tovush tezligi amalda turg'un to'lqin hosil qilinib, tugunlar orasidagi masofani o'lchagan holda aniqlanadi, ya'ni tugunlar

orasidagi masofa $d = \frac{\lambda}{2}$

bo'lsa, $\lambda = \frac{c}{\nu}$ dan

$c = \lambda \nu = 2d\nu$ orqali hisoblanadi.

Tovush tarqalayotgan fazoning qismi tovush maydoni deb ataladi. Tovush maydoni tovush



1-rasm

bosimi kattaligi bilan xarakterlanadi: $p = \rho v \cdot c$ yoki

$$v = A\omega \cos \omega \left(t - \frac{x}{c} \right) = y' \text{ va } p = \rho \cdot \omega \cdot A \cdot c \cdot \cos \omega \left(t - \frac{x}{c} \right)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, tovush bosimi va muhit zarrachalarining tezligi bir xil fazada tebranadi. $P_0 = \rho \omega A c$ - tovush bosimi amplitudasi deb yuritiladi.

Tovush tarqalayotganda o'z yo'nalishida energiya olib o'tadi va bu kattalik ko'pincha tovush intensivligi kattaligi bilan xarakterlanadi. Tovush tarqalish yo'nalishiga tik bo'lgan yuza birligidan o'tuvchi energiya oqimiga tovush intensivligi deyiladi va

$$I = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 c \text{ formula bilan ifodalanadi. } p_0 = \rho \omega A c \text{ ekanligini}$$

hisobga olsak, $I = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_0^2}{\rho c}$. Bu yerda ρc - kattalik muhitning akustik qarshiligi deyiladi.

Demak, tovush intensivligi tovush bosimi amplitudasining kvadratiga to'g'ri proporsional, muhitning akustik qarshiligiga teskari proporsionaldir.

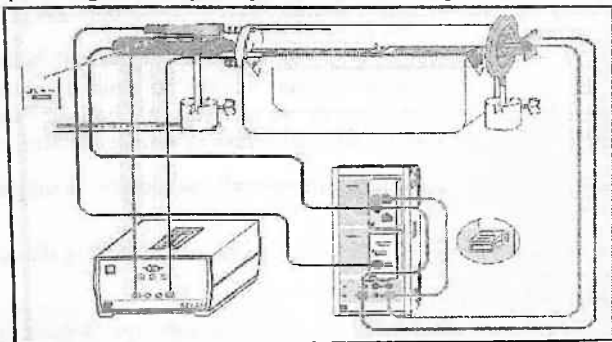
Tovush muhitda tarqalganda uning energiyasi muhit tomonidan yutiladi. Demak, uning amplitudasi intensivlik to'liq tarqalish yo'nalishi masofasi bo'yicha kamayib boradi, ya'ni $A = A_0 e^{-\beta r}$ yoki $I = I_0 e^{-2\beta r}$. Bu yerda β - muhitda tovush amplitudasining so'nish koeffitsienti. Tovush tarqalish tezligi va yo'nalishi faqatgina gazning temperaturasiga bog'liq bo'libgina qolmay, balqi undagi gaz harakatiga ham bog'liq. Masalan: havoda shamol tovush tezligining yo'nalishi va kattaligiga sezilarli ta'sir qiladi.

Enli tovush parametrlari bilan tanishamiz;

Tovushning balandligi tovush tebranishining chastotasi bilan xarakterlandi. Chastotasi qancha katta bo'lsa, shuncha ovoz baland hisoblanadi. Tovushning qattiqligi-tovush kuchini xarakterlaydi va uning intensivligi bilan xarakterlanadi. Quloq seza oladigan tovushning minimal intensivligi eshitish chegarasi deyiladi. Quloqning tovushni sezish va eshitish sohasi rasmda ko'rsatilgan

va uning maksimal qiymati 1000 dan 3000 Hz bo'lgan tovushlar to'g'ri keladi (1-rasm).

Tovush qattiqligini uning intensivligiga bog'liqligi Veber-Fexner tomonidan o'rganilib, tovush intensivligini bilan qattiqligi taqriban logarifimlik qonuniyat bilan o'sishi aniqlandi.



2-rasm. Tovushning havodagi tezligini o'lchash qurilmasi.

Shu qonuniyatga binoan tovush qattiqligi L – tovush bosimi darajasini ko'rsatuvchi kattaligi sifatida kiritilgan:

$$L = 2k \lg \frac{p}{p_0} \quad \text{yoki} \quad L = k \lg \frac{I}{I_0}$$

Buyerda $p = \sqrt{\rho v I} - v$ chastotali tovushning o'rtacha kvadratik bosimi, p_0 – shu chastota uchun eshitish chegarasi (chegaraviy bosim).

Agar $k=1$ bo'lsa bellarda, $k=10$ bo'lsa tovush bosimi desibellarda o'lchanadi (Olim A.G. Bell sharafiga qo'yilgan).

Havodagi tovush tezligining haroratga bog'liqligini o'rganish Akustika Tovush to'lqinlari tezligi va to'lqin uzunligi tavsifnomasi CASSY Lab 2 da tuzilgan. Tajriba o'tkazish va qurilmani ishga tushirish uchun CASSY Lab 2 yordam ma'lumotnomasidan foydalaniladi.

Tajriba tavsifi

Mazkur tajriba tovush impulsining havodagi tarqalish tezligini gruppaviy va fazaviy tezliklari teng bo'lgan hol uchun aniqlaydi. Tovush impulsini "titrovchi" membranali karnayga arrasimon kuchlanish berib hosil qilinadi. Bunda zarb natijasida havoda zarb to'lqini hosil bo'ladi. Tovush impulsini mikrofon yordamida karnaydan ma'lum masofada qabul qilinadi.

c-tovush tezligini aniqlash uchun biz, tovush impulsining karnayda hosil bolishi va mikrofondagi qabul qilinishi orasidagi t vaqtini o'lchaymiz. Karnayda shakllanadigan impulsning aniq boshlanish nuqtasini to'g'ridan-to'g'ri aniqlab bo'lmaydi. Shuning uchun mikrofonni bir marta s_1 , ikkinchi marta s_2 nuqtaga qo'yib o'lchash olib boriladi. Tovush tezligi $\Delta s = s_1 - s_2$ - yo'llar farqi va o'tish vaqtlari farqi $\Delta t = t_1 - t_2$ nisbati kabi quyidagicha aniqlanadi $c = \Delta s / \Delta t$.

Tovush qurilmasiga isitgichdan isitilgan havo yuboriladi shu bilan birga shu vaqtda bu qurilma o'lchashga ta'sir qiluvchi tashqi faktorlar harorat farqi va havo konveksiyasi kabilarni bartaraf qiladi. Bu tizimda p bosim o'zgarish saqlanadi (atrof muhitning amaldagi bosimi ga teng). T temperatura ortishi bilan ρ havo zichligi kamayadi va tovush tezligi ortadi.

Ashoblar tizimi:

1. Sensor-CASSY
2. CASSY Lab 2
3. Timer
4. Haroratni o'lchash bloki
5. NiCr-Ni harorat sensori yoki
6. NiCr-Ni S adapteri
7. NiCr-Ni harorat sensori, K tipli
8. Tovush tezligini qayd qilish qurilmasi va ga'ltaklar uchun taglik
9. Quvur

CASSY Lab 2 tarkibi:

1. Yuqori chastotali tovush dinamigi
2. Universal mikrofon

3. Transformator 12 V/3.5 A.
4. Shkalali metall rels, 0.5 m
5. Egarsimon izolyatsiyali taglik
6. Juft kabel, 25 sm, qizil va qora
7. Juft kabel, 100 sm, qizil va ko'k
8. Windows XP/Vista/7/8 OT kompyuter

Tajriba qurilmasi (2-rasmga qarang)

Isitgichni tovush tezligini o'lchash qurilmasidagi plastik quvurga tutashtiring.

Plastik quvurni quvur va shlanglaar uchun mo'ljallangan taglikka joylashtiring va yuqori chastotali karnayni iloji boricha mushtahkam o'rning.

Universal mikrofonni o'rtadagi tirqishga taxminan 1 sm chuqurlikka o'rning va harakatanganda quvur ko'ndalang kesimiga parallel qolishini ta'minlang. Universal mikrofon ishlash ma'omini tanlash muruvatini "Trigger" (ishga tushurish) holatiga o'tkazing. Mikrofonni ishga tushirishni esdan chiqarmang.

Darajalangan metall relsni tezda egarsimon tutgich ostiga qo'ying.

Sensor-CASSY dagi A kirishga taymerni va B kirishga temperaturani qayd qilish qurilmasini ulang va zanjirni rasmdagi kabi ulang. S ta'minlash manbaidan kuchlanishni maksimal qilib o'rning.

Ehtiyot choralari

Yuqori temperaturalarda havo uzatuvchi va tezlikni o'lchashda qo'llaniladigan plastik quvurlar buzilishi (erishi) mumkin. Shuning uchun 80 °C dan yuqori temperaturagacha qizdirmang.

Qizdirgichga beriladigan maksimum kuchlanishni 25 V dan oshirmang (tok kuchi esa 5 A atrofida).

Tajribani o'tkazish tartibi:

Xona temperaturadagi o'lchashlar.

Qurilmani ishga tushuring sensor CASSY orqali o'lchashlarni bir necha marta takrorlang. Siljiydigar kontaktga ega bo'lgan

mikrofon butun yo'l davomida plastik quvur ichida bo'lib, metall relsdagi shkala bo'yicha masofa o'zgarishlarni qayd qilil boring (Δs).

○ orqali o'lchashlarni bir necha marta va o'lchsh natijalari bilan saqlab qo'ying.

$c = \Delta s / \Delta t$ ifodadan foydalanib tovush tezligini aniqlang (Draw Mean dan foydalanib grafikdan tovush o'tishi vaqtining o'rtacha qiymatini aniqlang).

Haroratga bog'liqligini o'lchash

Qurilmani ishga tushiring (Load settings).

Universal mikrofonni o'rnatib. Alohida va o'lchsh natijalari bilan saqlab qo'ying.

Xona temperaturada yana Δt_1 o'tish vaqtini aniqlang va aniqlangan tovush tezligidan foydalanib $s = c \cdot \Delta t_1$ mikrofon va dinamik orasidagi masofani hisoblang, hamda bu qiymatni jadvalga yozing (s-ustundagi birinchi qatorga kiriting).

Qizdirgichni ta'minlash manbaiga (12 V , tok 3.5 A atrofida) himoyalangan kabell bilan ulang.

Har 5 °C da aniqlangan natijalar bilan saqlab qo'ying.

Tahlil

Xona haroratida tovush tezligini aniqlaganingizda (a-holda) $s = c \Delta t_1$ dan aniqlangan mikrofon va dinamik o'rtasidagi masofadir. b) holda komyuter dasturi har bir Δt_1 o'tish vaqtida tovush tezligining to'g'ri qiymatini aniq hisoblaydi. Tovush tezligi qiymati o'lchash(tajriba) davomida temperatura ekranida temperatura funksiyasi sifatida yozib boriladi. Tuzatma kiritilgan to'g'ri chiziqni adabiyotlarda keltirilgan quyidagi qiymat bilan solishtirishingiz mumkin:

$$c = (331.3 + 0.6 \cdot t^0 / ^\circ C) m / s .$$

Nazorat savollari:

1. To'lqin deb nimaga aytiladi?
2. To'lqin fronti deb nimaga aytiladi?

3. Ko'ndalang va bo'ylama to'lqinni tavsiflang
4. To'lqinning havoda (gazda) tarqalish jarayonini tushuntiring.

5. To'lqin uzunligi va fazasini tavsiflang.

6. To'lqon energiyasi.

7. To'lqin intensivligi.

8. Umov – Poyting vektori, uning ma'nosi.

9. Tovush deb nimaga aytiladi?

10. Infra va ultra – tovushlarni tavsiflang.

11. Tovush parametrlari: kuchi, yuksakligi, tembrini tavsiflang.

12. Eshtish sathini tushuntiring.

13. Fexner – Veber formulasini tushuntiring.

14. Bell va Detsibellarni tushuntiring.

15. Ultratovushni hosil qilish va uning texnikada qo'lanilishi.

16. Tovush tezligini temperenuraga bog'liqligi.

17. Echo, Ekoloskop.

18. Dopler effekti.

Adabiyotlar:

1. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси. Механика. Тошкент: «Ўқитувчи», 1981, 1-т. § 85 (431-433 б.)

2. С.П.Стрелков. Механика, «Ўқитувчи». Тошкент: 1977. §137-140. (481-498 б.).

3. И.В.Савельев. Умумий физика курси. 1 – том. Тошкент: Ўқитувчи, 1984. §30 (86-89 б.).

4. С.Э.Фриш, А.И.Тиморева. Умумий физика курси. 1-том. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. § 106-115 (461-495 б.), § 117-119 (499-511 б.).

5. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. М.: Наука, 1971. § 41, §153-155 (676-688 с.), § 163-170 (721-746 с.).

6. J.Walker. Fundamentals of Physics N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

Ma'lumotnoma jadvari

Grek va lotin alfavitlari

1-jadval

Grek alfaviti	Lotin alfaviti	Grek alfaviti	Lotin alfaviti
A α - alfa	A a - a	N ν - ni	M m - em
B β - beta	B b - be	Ξ ξ - ksi	N n - en
Γ γ - gamma	C c - tse	O o - omikron	O o - o
Δ δ - delta	D d - de	Π π - pi	P p - pe
E ε - epsilon	E e - e	Ρ ρ - ro	Q q - ku
Z ζ - dzeta	F f - ef	Σ σ ζ - sigma	R r - er
H η - eta	G g - je (ge)	T τ - tau	S s - es
Θ θ - teta	H h - ash	Υ υ - ipsilon	T t - te
I ι - iota	I i - i	Φ φ - fi	U u - u
K χ - kappa	J j - yot	X χ - xi	V v - ve
Λ λ - lambda	K k - ka	Ψ ψ - psi	W ^w - dubl-ve
M μ - mi	L l - el	Ω ω - omega	X x - iks
			Y y - igrek
			Z z - zet

O'n karrali va ulush birliklarini hosil qilish uchun ko'paytiruvchilari

2-jadval

Nomlanishi	Ko'paytiruvchi	Belgilanishi	
		ruscha	halqaro
eksa	10^{18}	Э	E
geta	10^{15}	Π	P
tera	10^{12}	T	T
giga	10^9	Γ	G
mega	10^6	M	M
kilo	10^3	κ	k
gekto	10^2	г	h
deka	10	да	da
detsi	10^{-1}	д	d
santi	10^{-2}	с	c

milli	10^{-3}	M	m
mikro	10^{-6}	MK	μ
nano	10^{-9}	H	n
piko	10^{-12}	Π	p
femto	10^{-15}	Φ	f
atto	10^{-18}	α	a

HB (SI) tizimidagi bir qator tizimdan tashqari birliklar

3-jadval

Uzunlik va yuza birliklari

1 angstrom (Å) = 10^{-10} m	1 dyuym = $2,54 \cdot 10^{-2}$ m
1 iks-birlik (X) = 10^{-13} m	1 fermi = 10^{-15} m
1 astronomik birlik (a.b) = $1,49 \cdot 10^{11}$ m	1 mil = $1,61 \cdot 10^3$ m
1 yorug'lik yili (yor. yil) = = $9,46 \cdot 10^{15}$ m	1 dengiz mili = $1,85 \cdot 10^3$ m
	1 gektar (ga) = 10^4 m ²
	1 barn (b) = 10^{-28} m ²

Massa birliklari

1 tonna (t) = 1000 kg	1 funt = 0,454 kg
1 sentner (ts) = 100 kg	1 a.m.b. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg
1 karat (kar) = $2 \cdot 10^{-4}$ kg	1 untsiya (troyan) = 31,103 g

Kuch birliklari

1 din = 10^{-5} N	1 kilogramm-kuch (kgk) = = 9,81 N
---------------------	--------------------------------------

Ish va energiya birliklari

1 erg = 10^{-7} J	1 eV = $1,60 \cdot 10^{-19}$ J
1 kgk·m = 9,81 J	1 vatt-soat (W·s) = = $3,6 \cdot 10^3$ J

1 kaloriya (kal) = 4,19 J

Quvvat birliklari

1 erg/s = 10^{-7} W	1 ot kuchi = 736 W
1 kilokaloriya soat	(kkal/s) = 1,16 W

Bosim birliklari

1 din/sm ² = 0,1 Pa	1 atm = $1,01 \cdot 10^5$ Pa
1 kgk/m ² = 9,81 Pa	1 mm.sim.ust. = 133,3 Pa
1 at = 1 kgk/sm ² = $9,81 \cdot 10^4$ Pa	

Universal fizik konstantalar

Er radiusi R	$6,37 \cdot 10^6$ m
Er massasi M_E	$5,87 \cdot 10^{24}$ kg
Yorug'likning vakummdagi tezligi c	$2,99792 \cdot 10^8$ m/s
Gravitatsion doimiy γ	$6,672 \cdot 10^{-11}$ N·m ² /kg ²
Og'irlik kuchi tezlanishii g	$9,807$ m/s ²
Ideal gazning molyar hajmi V_μ ($T_0 = 273,15$ K, $p_0 = 1,01 \cdot 10^5$ Pa)	$22,4138$ l/mol
Universal gaz doimiysi R	$8,314$ J/(K·mol)
Loshmidt soni n_0	$2,69 \cdot 10^{25}$ m ⁻³
Avogadro doimiysi N_A	$6,02204 \cdot 10^{23}$ mol ⁻¹
Boltsman doimiysi k	$1,38066 \cdot 10^{-23}$ J/K
Protonning tinchlikdagi massasi m_p	$1,67265 \cdot 10^{-27}$ kg
Elektronning tinchlikdagi massasi m_e	$9,10953 \cdot 10^{-31}$ kg
Neytronning tinchlikdagi massasi m_n	$1,67495 \cdot 10^{-27}$ kg
Tinchlikdagi proton va elektron massalarining nisbatlari m_p/m_e	$1836,1515$

HB tizimida fizik kattaliklarning asosiy o'lchov birliklari

4-jadval

Fizik kattalik	Nomlanishi	Belgilanishi	O'lchami
Asosiy birliklar			
Uzunlik	metr	m	m
Massa	kilogramm	kg	kg
Vaqt	sekund	s	s
Tok kuchi	amper	A	A
Temperatura	kelvin	K	K
Yorug'lik kuchi	kandela	Kd	Kd
Modda miqdori	mol	mol	mol
Qo'shimcha birliklar			
Yassi burchak	radian	rad	-
Fazoviy burchak	steradian	sr	-

Hosilaviy birliklar			
Yuza	kvadrat metr	m^2	m^2
Hajm	kub metr	m^3	m^3
Davr	sekund	s	s
Chastota	gerts	Hz	s^{-1}
Zichlik	kilogramm taqsim kub metr	kg/m^3	$m^{-3} \cdot kg$
Tezlik	metr taqsim sekund	m/s	$m \cdot s^{-1}$
Tezlanish	metr taqsim sekundning kvadrati	m/s^2	$m \cdot s^{-2}$
Kuch	nyuton	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Bosim	paskal	Pa	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Ish			
Energiya			
Issiqlik miqdori	Joul	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Quvvat			
Elektr miqdori	vatt	W	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Elektr zaryadi	kulon	C	$s \cdot A$

Ba'zi bir o'lchov birliklarini HB tizimi birliklariga o'tkazish

5-jadval

Kattalik	O'lchov birligi	O'lchov birliklarni HB tizimi birliklariga o'tkazish
Uzunlik	detsimetr santimetr millimetr mikron nüllimikron (nanometr) angstrem pikometr iks - editsa (X) fermi	1 dts = 10^{-1} m 1 sm = 10^{-2} m 1 mm = 10^{-3} m 1 mk = 10^{-6} m 1 mmk (nm) = 10^{-9} m 1 Å = 10^{-10} m 1 p = 10^{-12} m 1 (X) = 10^{-13} m 1 fermi = 10^{-15} m

Kattalik	O'lchov birligi	O'lchov birliklarni HB tizimi birliklariga o'tkazish
Yassi burchak	gradus	$1^{\circ} = 1,75 \cdot 10^{-2}$ rad
Massa	milligramm	$1 \text{ mg} = 10^{-6}$ kg
	gramm	$1 \text{ g} = 10^{-3}$ kg
	tsentner	$1 \text{ ts} = 100$ kg
	tonna	$1 \text{ t} = 1000$ kg
	texnik massa birligi (t.m.b.)	$1 \text{ t.m.b.} = 9,8$ kg
Kuch	atom massa birligi (a.m.b.)	$1 \text{ a.m.b.} = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg
	dina	$1 \text{ din} = 10^{-5}$ N
	kilogramm – kuch	$1 \text{ kgk} = 9,8$ N
Bosim	fizik atmosfera	$1 \text{ atm} = 1,01 \cdot 10^5$ Pa
	texnik atmosfera	$1 \text{ at} = 9,8 \cdot 10^4$ Pa
	mm.sim.ust.	$1 \text{ mm.rt.st.} = 133$ Pa
	din/sm^2	$1 \text{ din}/\text{sm}^2 = 0,1$ Pa
	kgk/m^2	$1 \text{ kgk}/\text{m}^2 = 9,8$ Pa
Ish, energiya	kilogramm – metr erg	$1 \text{ kgkm} = 9,8$ J
	elektronvolt	$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J
	vatt – soat	$1 \text{ W}\cdot\text{s} = 3,6 \cdot 10^3$ J
	kilovatt-soat	$1 \text{ kW}\cdot\text{s} = 3,6 \cdot 10^6$ J
	kaloriya	$1 \text{ kal} = 4,19$ J
Issiqlik	kilokaloriya	$1 \text{ kkal} = 4,19 \cdot 10^3$ J
	erg taqsim sekund	$1 \text{ erg}/\text{s} = 10^{-7}$ W
Quvvat	kilogramm-metr taqsim sekund	$1 \text{ kgm}/\text{s} = 9,8$ W
	ot kuchi	$1 \text{ ot kuchi} = 736$ W

O'lchov birliklarining belgilanishi

7-jadval

Birlik	Belgilanishi	Birlik	Belgilanishi	Birlik	Belgilanishi
Angstrom	\AA	Joul	J	Puaz	pz
Atmosfera	atm	Kaloriya	kal	Radian	rad
Gerts	Hz	Kyuri	$Kyuri$	Sekund	sek
Gramm	g	Litr	l	Steradian	$ster$
(massa)	g	Massa birligi	e	Soat	s
Gramm (kuch)	gr, G	Metr	m		
Dina	din	Minut	min		
		Nit	m		
		Nyuton	N		

Astronomik kattaliklar

8-jadval

Kattalik	Quyosh	Yer	Oy
Massasi, kg	$1,97 \cdot 10^{30}$	$5,96 \cdot 10^{24}$	$7,3 \cdot 10^{22}$
O'rtacha radiusi, m	$6,95 \cdot 10^8$	$6,37 \cdot 10^6$	$1,74 \cdot 10^6$

9-jadval

Quyosh sistemasi planetalari	Quyoshdan o'rtacha uzoqligi, mln. km	Yil davomida quyosh atrofida aylanish davri, yil
Merkuriy	57,87	0,241
Venera	108,14	0,615
Er	149,50	1,000
Mars	227,79	1,881
Yupiter	777,8	11,862
Saturn	1426,1	29,458
Uran	2867,7	84,013
Neptun	4494	164,79
Pluton	9508	248,43

Ba'zi bir elementar zarrachalarning asosiy xarakteristikalari

10-jadval

Zarracha	Simvol	Zaryadi, 10^{-9} C	Massasi, 10^{-27} kg
α -Zarracha	2^{α}	3,2	6,6446
Neytron	0^n	0	1,6748
Pozitron	1^e	1,6	0,000911
Proton	0^p	1,6	1,6724
Elektron	1^e	-1,6	0,000911

Ba'zi bir yengil izotop yadrolarining massalari

11-jadval

Izotoplar	$M, 10^{-27}$ kg	Izotoplar	$M, 10^{-27}$ kg
1_1H	1,6726	5_5B	18,2767
2_1He	3,3436	7_7N	23,2461
3_3He	6,6446	8_8O	26,5527
6_3Li	9,9855	8_8O	28,2202
7_3Li	11,6475	${}^{10}_{10}Ne$	33,1888

Ba'zi bir gazlarning molyar massalari

12-jadval

Gaz	Simvol	$\mu, 10^{-7}$ kg	Gaz	Simvol	$\mu, 10^{-7}$ kg
Azot	N_2	28	Geliy	He_2	4
Vodorod	H_2	2	Kislorod	O_2	32
Suv bug'i	H_2O	18	Karbonat		
Havo		29	angidrid	CO_2	44

Planetalarning kinematik parametri
 Quyosh atrofida aylanish davri T_q , o'z o'qi atrofida aylanish davri
 $T_{o'q}$, orbital tezlik v_0 , erkin bo'lish tezligi v

13-jadval

Planetalar	T_q , yil	$T_{o'q}$	v_0 , km/s	v , km/s
Merkuriy	0,241	59 sut.	48,8	4,3
Venera	0,615	243 sut.	35,0	10,3
Er	1,00004	23 soat 56 min 4 s	29,8	11,16
Mars	1,881	24 soat 37 min 22 s	24,2	5,0
Yupiter	11,86	9 soat 51 min	13,06	57,5
Saturn	29,46	10 soat 14 min	9,65	37
Uran	84,01	10 soat 49 min	6,78	22
Neptun	164,8	15 soat 40 min	5,42	25
Pluton	250,6	6,4 sut	4,75	10
Oy	(Erning yo'ldoshi)	24 sut 7soat 43min 11s	1,02	2,37

Har xil H balandlikdagi birinchi va ikkinchi kosmik tezliklar

14-jadval

H, 10^3 km	v_1 , km/s	v_2 , km/s	H, 10^3 km	v_1 , km/s	v_2 , km/s	H, 10^3 km	v_1 , km/s	v_2 , km/s
0	7,9	11,19	5	5,92	8,37	30	3,31	4,68
0,5	7,62	10,77	10	4,93	6,98	40	2,94	4,15
1	7,35	10,40	20	3,89	5,50	50	2,66	3,76
2	6,90	9,76						

Yer yo'ldoshlarining aylanish davrlari.

H- o'rtacha aylanish balandligi

15-jadval

H, km	T, s	H, km	T, s	H, km	T, s
0	1,41	1000	1,75	5000	3,35
250	1,49	1500	1,93	10 000	5,78
500	1,58	1690	2,00	35 800*	23,935
750	1,68	2000	2,12		

Izoh. Yer sirti nuqtasining burchak tezligi yo'ldoshning burchak tezligiga teng bo'lgan *balandlik; bu holda yo'ldosh yer sirtining aniq bir nuqtasi ustida joylashadi

Quyosh sistemasi planetalarining dinamik xarakteristikalari
 Quyoshdan uzoqlik D , R planetalarning ekvatorial radiusi,
 ρ planetalar moddasining zichligi, g planetalar sirtidagi erkin
 tushish tezlanishi, M planetalar massalari

16-jadval

Osmon jismlari	D , 10^{10} m	R , 10^6 m	ρ , 10^3 km/s ³	g , m/s ²	M , 10^{24} kg
Quyosh	-	696	1,41	274	$1,99 \cdot 10^6$
Merkuriy	5,79	243	5,59	3,72	0,33
Venera	10,8	6,05	5,22	8,69	4,87
Yer	14,96	6,378	5,52	9,78	5,976
Mars	22,8	3,39	3,97	3,72	0,645
Yupiter	77,8	70,85	1,30	23,01	1899,3

Dengiz sathida yer planetasining erkin tushish tezlanishi

17-jadval

Kenglik	g , m/s ²	Kenglik	g , m/s ²
0^0	9,78030	$55,45^0$ (Moskva)	9,81523
10^0	9,78186	$59,57^0$	9,81908
20^0	9,78634	60^0	9,81914
30^0	9,79321	70^0	9,82606
40^0	9,80166	80^0	9,83058
50^0	9,81066	90^0	9,83216

Zichlik, elastiklik moduli va Puasson koeffitsienti
 ρ -zichlik, E - Yung moduli, C -siljish moduli, ν - Puasson koeffitsienti

18-jadval

Materiallar	ρ , 10^3 km/s^3	E , 10^9 Pa ,	C , 10^9 Pa ,	ν
Alyuminiy	2,7	63 - 70	25 - 26	0,32 - 0,36
Beton	2,2	15 - 40	7 - 17	0,1 - 0,15
Vismut	9,8	32	12	0,33
Granit, mramor	2,8	35 - 50	14 - 44	0,1 - 0,15
Dyuralyuminiy	2,79	70	26	0,34
Invar	8,7	135	55	0,25
Kauchuk (natur.)	0,9	0,008	0,003	0,46
Kvarts (tola)	2,65	73	31	0,17
Konstantan		160	61	0,33
Jez(mis+ruh)	8,6	89 - 97	34 - 36	0,32 - 0,42
Mis	8,7 - 8,9	82 - 127	45	0,35
Nikel	8,9	204	79	0,28
Pleksiglas	1,18	5,25	1,48	0,35
Rezina	1,2	$(1,5-5) \cdot 10^{-3}$	$(5-15) \cdot 10^{-3}$	0,46 - 0,49
Qo'rg'oshin	11,3	16	5,7	0,44
Kumush	10,5	82,7	30	0,37
Po'lat	7,7 - 7,9	195 - 205	80	0,25 - 0,30
Shisha	2,2 - 2,5	49 - 78	17,5 - 29	0,2 - 0,3
Titan	4,5	116	44	0,32
Cho'yan	7,8	100 - 150	44	0,23 - 0,27

Har xil haroratlarda suv va simobning zichliklari

19-jadval

t , °S	ρ , 10^3 km/s^3	t , °S	ρ , 10^3 km/s^3	t , °S	ρ , 10^3 km/s^3	t , °S	ρ , 10^3 km/s^3
a) Suvning zichligi							
-10	0,99815	6	0,99997	50	0,98807	250	0,794
0	0,99930	7	0,99993	60	0,98824	300	0,710
1	0,99987	8	0,99988	70	0,97781	350	0,574
2	0,99993	9	0,99981	80	0,97183	374,15 ^{°)}	0,307
3	0,99997	10	0,99973	90	0,96534		
4	0,99999	20	0,99823	100	0,95838		
5	1,00000	30	0,99567	150	0,9173		
	0,99999	40	0,99224	200	0,8690		

Simobning zichligi (normal bosimda)

20-jadval

0	13,5951	25	13,5335	50	13,4723	75	13,4116
5	13,5827	30	13,5212	55	13,4601	80	13,3995
10	13,5704	35	13,5090	60	13,4480	90	13,3753
15	13,5580	40	13,4967	65	13,4358	100	13,3514
20	13,5457	45	13,4845	70	13,4237	300	13,875

(^c)Kritik harorat

Normal bosim va 0° C haroratda gazlarning zichliklari

21-jadval

Moddalar	$\rho, \text{kg} / \text{m}^3$	Moddalar	$\rho, \text{kg} / \text{m}^3$
Azot	1,251	Neon	0,900
Ammiak	0,771	Ozon	2,139
Argon	1,783	Uglerod oksidi	1,25

Ishqalanish koeffitsientlari

22-jadval

Tegib turuvchi yuzalar	Tinchlikdagi ishqalanish μ_0	Sirpanish ishqalanish, μ		
		quruq	moylangan	suvli surkagich
Po'lat-po'lat	0,15	0,1	0,01	-
Metall-yog'och	0,5 - 0,6	0,4 - 0,5	0,03 - 0,08	0,25
Yog'och-yog'och	0,6 - 0,7	0,3	0,1	-
Teri-cho'yan	0,5 - 0,6	0,2 - 0,3	0,12	0,28
Teri-yog'och	0,4 - 0,5	0,2 - 0,3	-	-
Po'lat-muz	-	-	-	0,014
Avtomobil shinasi - asfalt	0,55	0,3	0,15	-

Tebranish ishqalanish koeffitsienti μ , (sm):

metall ustida metall disk	0,001 – 0,002
po‘lat relsda po‘lat bandajli g‘ildirak	0,005
asfaltda avtomobil shinasi (tezlik 80 km/s).....	0,02

Avtomobil shinasining ilanish(tishlanish) koeffitsienti μ :

quruq asfaltda	0,7 – 0,8
ho‘l (nam) asfaltda	0,1 – 0,2
quruq betonda.....	0,9 – 1,0
ho‘l betonda	0,8 – 0,9
quruq tuproq yo‘lda.....	0,4 – 0,5
ho‘l tuproq yo‘lda.....	0,3 – 0,4

Tovush to‘lqinining silliqlangan metall sirtlariga normal tushishida qaytish koeffitsienti, %

24-jadval

Materiallar	Alyuminiy	Suv	Mis	Nikel	Simob	Po‘lat	Shisha
Alyuminiy	0	72	18	24	1	21	2
Suv		0	87	89	75	88	65
Mis			0	0,8	13	0,3	19
Nikel				0	19	0,2	34
Simob					0	16	4
Po‘lat						0	31
Shisha							0

Izoh. Qaytish koeffitsientlari bir muhitdan ikkinchi muhitga va teskarisiga o‘tishda bir xil qiymatga ega bo‘ladilar.

200C haroratda tovushning havoda yutilish koeffitsienti α , 10^{-2} m^{-1}

25-jadval

Chastota, kHz	Havoning nisbiy namligi, %				
	10	20	40	60	80
1	0,13	0,06	0,03	0,03	0,03
2	0,47	0,23	0,10	0,09	0,08
4	1,27	0,82	0,38	0,24	0,20
6	1,87	1,61	0,84	0,54	0,39
10	2,53	3,28	2,20	1,47	1,08

Har xil chuqurlikdagi tuproqning xossalari va seysmik to'liqlar tezligi

26-jadval

H, 10 ² km	ρ , 10 ³ kg/m ³	v_1 , km/s	v_2 , km/s	ρ , GPa	g , m/s ²
33	3,32	8,18	4,63	0,9	9,85
100	3,38	8,18	4,63	3,1	9,89
200	3,47	8,29	4,63	6,5	9,92
500	3,89	9,65	5,31	17,4	9,99
1000	4,68	11,42	6,36	39,2	9,95
2000	5,24	12,79	6,93	88	9,86
4000	10,8	9,51	-	240	8,00
5000	11,5	10,44	-	318	6,13

Izoh. Yer qobig'i qatlamida tarqalayotgan mexanik to'liqlar seysmik to'liqlar deyiladi. Seysmik to'liqlar bo'ylama v_1 (siqilish to'liqlari), yoki ko'ndalang v_2 (siljish to'liqlari) bo'lishi inunkin; zichlik - ρ . bosim - p . tezlanish - g , chuqurlik - H lar keltirilgan.

Normal bosimda tovushning gazlardagi tezligi

27-jadval

Gaz	t, C	v, m/s	α , m/(s·K)	Gaz	t, °C	v, m/s	α , m/(s·K)
Azot	0	334	0,6	Geliy	0	965	0,8
Ammiak	0	415	-	Kislorod	0	316	0,56
Vodorod	0	1284	2,2	Karbonat			
Suv bug'i	134	494	-	angidrid	0	259	0,4
Havo	0	331	0,59	Neon	0	435	0,8

Izoh: O'zgarmas bosimda tovushning gazlardagi tezligi harorat oshishi bilan ortadi. Boshqa haroratlarda tovushning tezligini hisoblash uchun tezlikning haroratga bog'lanish koeffitsienti α keltirilgan.

20°C haroratda qattiq izotrop materiallarda tovush tezligi

28-jadval

Materiallar	v_0 , m/s	v_1 , m/s	v_2 , m/s	Materiallar	v_0 , m/s	v_1 , m/s	v_2 , m/s
Alyuminiy	5080	6260	3080	Polistirol	-	2350	
Gips	-	4970	2370	Po'kak	500	-	-
Temir	5170	5850	3230	Rezina	46	1040	27
Kauchuk	-	1479	-	Qo'rg'oshin	2640	3600	1590
Jez	3490	4430	2123	Uglerodli			
Muz	3280	3980	1990	po'lat	5050	6100	3300
Mis	3710	4700	2260	Kvarts			
Mramor	-	6150	3260	shishasi	5370	5570	3515
Nikel	4785	5630	3969	Shisha	3490	3760	2220
Qalay	2730	3320	1670		5300	5660	3420
Qumtosh	-	3700	-	Farfor	4884	5340	3120
		4900	-	Ebonit	1570	2405	-
Pleksiglas(organik oyna)	-	2670	-				

Izoh: v_0 - tovushning sterjendagi tezligi, v_1 - bo'ylama to'lqin tezligi, v_2 - ko'ndalang to'lqin tezligi.

20°C harorat atrofida qattiq izotrop jismlar uzunligining
temperaturaga bog'liqlik koeffitsienti α .

29-jadval

Moddalar	α , $10^{-4} K^{-1}$	Moddalar	α , $10^{-4} K^{-1}$
Almaz	0.91	Muz(-10° dan 0°C gacha)	50.7
Alyuminiy	22.9	Magniy	25.1
Bronza	17.5	Mis	16.7
Viniplast	70	Neyzilber	18.4
Vismut	13.4	Nikel	13.4
Volfram	4.3	Qalay	21.4
Granit	8,3	Platina	8,9
Yog'och(tola bo'ylab)	2 - 6	Iridiyli - platina	8,7
Yog'och (tolaga ko'ndalang)	50 - 60	Qo'rg'oshin	28,3
Dyuralyuminiy	22.6	Zanglamaydigan po'lat	9,6 - 16,0
Bolg'alangan temir	11.9	Uglerodli po'lat	11,1 - 12,6
Oyvilgan temir	10.2	Odatdagi shisha	8.5
		Pireks shishasi	3.0

Oltin	14,5	Uglerod (grafit)	7,9
Invar(36,1% nikel)	0,9	Farfor	3,0
Iridiy	6,5	Rux	30,0
Kvarts(eritilgan)	0,5	Tsement va beton	12,0
G'isht terilgan devor	5,5	Cho'yan	10 – 12
Konstantan	17,5	Ebonit	70
Jez	18,9		

0°C haroratda gazlarning qovushqoqligi

30-jadval

Moddalar	$\eta, 10^{-5}$ Pa·s	Moddalar	$\eta, 10^{-5}$ Pa·s
Azot	1,67	Kislород	1,92
Ammiak	0,93	Metan	1,04
Vodorod	0,84	Azot oksidi	1,72
Havo	1,72	Uglerod oksidi	1,67
Geliy	1,89	Kar. angid. gazi	1,40
Azotning chala oksidi	1,38	Xlor	1,29

Har xil bosim va temperaturada gazlarning qovushqoqligi

31-jadval

Gaz	Temperatura, $t, ^\circ\text{C}$	Bosim, MPa			
		5,07	10,1	30,4	81,0
Azot	25	18,1	19,9	26,8	45,8
	75	20,5	21,5	26,6	41,6
Havo	0	18,2	19,7	28,6	-
	25	19,2	20,6	28,0	-
Kar. angid. gazi	100	22,4	23,4	28,1	-
	40	18,1	48,8	-	-

Har xil temperaturada suvning qovushqoqligi

32-jadval

$t, ^\circ\text{S}$	0	5	10	15	20	25	30
$\eta,$ mkPa·s	1797	1518	1307	1140	1004	895	803
$t, ^\circ\text{S}$	40	50	60	70	80	90	100
$\eta,$ mkPa·s	655	551	470	407	357	317	284
$t, ^\circ\text{S}$	110	120	130	140	150	160	170
$\eta,$ mkPa·s	256	232	212	196	184	174	-

18⁰C temperaturada suyuqliklarning yopishqoqligi

33-jadval

Moddalar	$\eta, 10^{-2} \text{ Pa}\cdot\text{s}$	Moddalar	$\eta, 10^{-2} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
Anilin	0,46	Kastor moyi	120,0
Atseton	0,0337	Mashina	
Benzol	0,0673	moyi engil	11,3
Suv	0,105	Mashina	
Glitserin	139,3	moyi og'ir	66,0
Tozalangan silindr		Simob	0,159
moyi (40 ⁰ S)	,109	Uglerodsulfid	0,0382
Qoramtir silindr	24,0	Etil spirti	0,122
moyi	0,0244	Tohuol	0,0613
Pentan			

Trigonometrik formulalar

34-jadval

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ $\sec^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha = 1$ $\csc^2 \alpha - \operatorname{ctg}^2 \alpha = 1$ $\sin \alpha \cdot \operatorname{csc} \alpha = 1$ $\cos \alpha \cdot \sec \alpha = 1$ $\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1$ $\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$ $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$ $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$ $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$ $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}$ $\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha}$ $\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$ $\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}}$ $\operatorname{sh} \alpha = \frac{e^\alpha - e^{-\alpha}}{2}$ $\operatorname{ch} \alpha = \frac{e^\alpha + e^{-\alpha}}{2}$	$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$ $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$ $\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$ $\operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}{\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta + 1}$ $\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cdot \cos \beta}$ $\operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta = \pm \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}$ $\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]$ $\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)]$ $\sin \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\sin(\alpha - \beta) + \sin(\alpha + \beta)]$ $\operatorname{th} \alpha = \frac{e^\alpha - e^{-\alpha}}{e^\alpha + e^{-\alpha}}$ $\operatorname{cth} \alpha = \frac{e^\alpha + e^{-\alpha}}{e^\alpha - e^{-\alpha}}$
---	---

Sinus va tangenslar jadvali
Sinuslar

35-jadval

φ''	0	20	40	φ''	0	20	40
0	0,0000	0,0058	0,0116	45	0,7071	0,7112	0,7153
1	0,0175	0,0233	0,0291	46	0,7193	0,7234	0,7274
2	0,0349	0,0407	0,0465	47	0,7314	0,7353	0,7392
3	0,0523	0,0581	0,0640	48	0,7431	0,7470	0,7509
4	0,0698	0,0756	0,0814	49	0,7547	0,7585	0,7623
5	0,0872	0,0929	0,0987	50	0,7660	0,7698	0,7735
6	0,1045	0,1103	0,1161	51	0,7771	0,7808	0,7844
7	0,1219	0,1276	0,1334	52	0,7880	0,7916	0,7951
8	0,1392	0,1449	0,1507	53	0,7986	0,8021	0,8056
9	0,1564	0,1622	0,1679	54	0,8090	0,8124	0,8158
10	0,1736	0,1794	0,1851	55	0,8192	0,8225	0,8258
11	0,1908	0,1965	0,2022	56	0,8290	0,8323	0,8355
12	0,2079	0,2136	0,2196	57	0,8387	0,8418	0,8450
13	0,2250	0,2306	0,2363	58	0,8480	0,8511	0,8542
14	0,2419	0,2476	0,2532	59	0,8572	0,8601	0,8631
15	0,2588	0,2644	0,2700	60	0,8660	0,8689	0,8718
16	0,2756	0,2812	0,2868	61	0,8746	0,8774	0,8802
17	0,2924	0,2979	0,3035	62	0,8829	0,8857	0,8884
18	0,3090	0,3145	0,3201	63	0,8910	0,8936	0,8962
19	0,3256	0,3311	0,3365	64	0,8988	0,9013	0,9038
20	0,3420	0,3475	0,3529	65	0,9063	0,9088	0,9112
21	0,3584	0,3638	0,3692	66	0,9135	0,9159	0,9182
22	0,3746	0,3800	0,3854	67	0,9205	0,9228	0,9250
23	0,3907	0,3961	0,4014	68	0,9272	0,9293	0,9315
24	0,4067	0,4120	0,4173	69	0,9336	0,9356	0,9377
25	0,4226	0,4279	0,4331	70	0,9397	0,9417	0,9436
26	0,4384	0,4436	0,4488	71	0,9455	0,9474	0,9492
27	0,4540	0,4592	0,4643	72	0,9511	0,9528	0,9546
28	0,4695	0,4746	0,4797	73	0,9563	0,9580	0,9596
29	0,4848	0,4899	0,4950	74	0,9613	0,9628	0,9644
30	0,5000	0,5050	0,5100	75	0,9659	0,9674	0,9689
31	0,5150	0,5200	0,5250	76	0,9703	0,9717	0,9730
32	0,5299	0,5348	0,5398	77	0,9744	0,9757	0,9769
33	0,5446	0,5495	0,5544	78	0,9781	0,9793	0,9805
34	0,5592	0,5640	0,5688	79	0,9816	0,9827	0,9838
35	0,5736	0,5783	0,5831	80	0,9848	0,9858	0,9868
36	0,5878	0,5925	0,5972	81	0,9877	0,9886	0,9894
37	0,6018	0,6065	0,6111	82	0,9903	0,9911	0,9918
38	0,6157	0,6202	0,6248	83	0,9925	0,9932	0,9939
39	0,6293	0,6338	0,6383	84	0,9945	0,9951	0,9957
40	0,6428	0,6472	0,6517	85	0,9962	0,9967	0,9971
41	0,6561	0,6604	0,6648	86	0,9976	0,9980	0,9983
42	0,6691	0,6734	0,6777	87	0,9986	0,9989	0,9992
43	0,6820	0,6862	0,6905	88	0,9994	0,9996	0,9997
44	0,6947	0,6988	0,7030	89	0,9998	0,9999	1,0000

Tangenslar

36-jadval

φ°	0	20	40		φ°	0	20	40
0	0,0000	0,0058	0,0116		45	1,0000	1,012	1,024
1	0,0175	0,0233	0,0291		46	1,036	1,048	1,060
2	0,0349	0,0407	0,0466		47	1,072	1,085	1,098
3	0,0524	0,0582	0,0641		48	1,111	1,124	1,137
4	0,0699	0,0758	0,0816		49	1,150	1,164	1,178
5	0,0875	0,0934	0,0992		50	1,192	1,206	1,220
6	0,1051	0,1110	0,1169		51	1,235	1,250	1,265
7	0,1228	0,1287	0,1346		52	1,280	1,295	1,311
8	0,1405	0,1465	0,1524		53	1,327	1,343	1,360
9	0,1584	0,1644	0,1703		54	1,376	1,393	1,411
10	0,1763	0,1823	0,1883		55	1,428	1,446	1,464
11	0,1944	0,2004	0,2065		56	1,483	1,501	1,520
12	0,2126	0,2186	0,2247		57	1,540	1,560	1,580
13	0,2309	0,2370	0,2432		58	1,600	1,621	1,643
14	0,2493	0,2555	0,2617		59	1,664	1,686	1,709
15	0,2679	0,2742	0,2805		60	1,732	1,756	1,780
16	0,2867	0,2931	0,2994		61	1,804	1,829	1,855
17	0,3057	0,3121	0,3185		62	1,881	1,907	1,935
18	0,3249	0,3314	0,3378		63	1,963	1,991	2,020
19	0,3443	0,3508	0,3574		64	2,050	2,081	2,112
20	0,3640	0,3706	0,3772		65	2,145	2,177	2,211
21	0,3839	0,3906	0,3973		66	2,246	2,282	2,318
22	0,4040	0,4108	0,4176		67	2,356	2,394	2,434
23	0,4245	0,4314	0,4383		68	2,475	2,517	2,560
24	0,4452	0,4522	0,4592		69	2,605	2,651	2,699
25	0,4663	0,4734	0,4806		70	2,747	2,798	2,850
26	0,4877	0,4950	0,5022		71	2,904	2,960	3,018
27	0,5095	0,5169	0,5243		72	3,078	3,140	3,204
28	0,5317	0,5392	0,5467		73	3,271	3,340	3,412
29	0,5543	0,5619	0,5696		74	3,487	3,566	3,647
30	0,5774	0,5851	0,5930		75	3,732	3,821	3,914
31	0,6009	0,6088	0,6168		76	4,011	4,113	4,219
32	0,6249	0,6330	0,6412		77	4,331	4,449	4,574
33	0,6494	0,6577	0,6661		78	4,705	4,843	4,989
34	0,6745	0,6830	0,6916		79	5,145	5,309	5,485
35	0,7002	0,7089	0,7177		80	5,671	5,871	6,084
36	0,7265	0,7355	0,7445		81	6,314	6,561	6,827
37	0,7536	0,7627	0,7720		82	7,115	7,429	7,770
38	0,7813	0,7907	0,8002		83	8,144	8,556	9,010
39	0,8098	0,8195	0,8292		84	9,514	10,08	10,71
40	0,8391	0,8491	0,8591		85	11,43	12,25	13,20
41	0,8693	0,8796	0,8899		86	14,30	15,60	17,17
42	0,9004	0,9110	0,9217		87	19,08	21,47	24,54
43	0,9325	0,9435	0,9545		88	28,64	34,37	42,96
44	0,9657	0,9770	0,9884		89	57,29	85,94	171,9

Ba'zi bir taqribiy formulalar va o'zgarmas sonlar

37-jadval

O'zgarmas sonlar	$\alpha \ll 1$ bajarilganda, hisoblash uchun formulalar
$\pi = 3,1416$ $1/\pi = 0,3183$ $\pi/4 = 0,7854$ $4\pi/3 = 4,1888$ $\pi^2 = 9,8696$ $\sqrt{\pi} = 1,7725$ $e = 2,7183$ $\lg e = 0,4343$ $\ln 10 = 2,3026$	$(1 \pm \alpha)^n = 1 \pm n\alpha$ $\frac{1}{1 \pm n\alpha}$ $(1 \pm \alpha)^n = 1 \mp n\alpha$ $e^\alpha = 1 + \alpha$ $\ln(1 + \alpha) = \alpha$ $\sin \alpha = \alpha$ $\cos \alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2}$ $\operatorname{tg} \alpha = \alpha$

Vektorlar haqida ba'zi bir ma'lumotlar

38-jadval

Vektorlarni ko'paytirish:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \varphi$$

$$[\vec{a} \cdot \vec{b}] = ab \sin \varphi$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}$$

$$[\vec{a} \cdot \vec{b}] = -[\vec{b} \cdot \vec{a}]$$

$$\vec{a}(\vec{b} + \vec{c}) = \vec{a} \cdot \vec{b} + \vec{a} \cdot \vec{c}$$

$$[\vec{a} \cdot \vec{b} + \vec{c}] = [\vec{a} \cdot \vec{b}] + [\vec{a} \cdot \vec{c}]$$

$$[\vec{a}[\vec{b} \cdot \vec{a}]] = \vec{b}(\vec{a} \cdot \vec{c}) - \vec{c}(\vec{a} \cdot \vec{b})$$

Vektorlarni koordinatalar bo'yich ko'paytirish:

agar $\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}$ $\vec{b} = b_x \vec{i} + b_y \vec{j} + b_z \vec{k}$ u holda

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$$

$$[\vec{a} \cdot \vec{b}] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix} = (a_y b_z - a_z b_y) \vec{i} + (a_z b_x - a_x b_z) \vec{j} + (a_x b_y - a_y b_x) \vec{k}$$

Vektorlarni differentsiallash qoidalari:

$$\frac{d}{dt}(\vec{a} + \vec{b}) = \frac{d\vec{a}}{dt} + \frac{d\vec{b}}{dt}$$

$$\frac{d}{dt}(\vec{a} \cdot \vec{a}) = \frac{d\vec{a}}{dt} \cdot \vec{a} + \vec{a} \cdot \frac{d\vec{a}}{dt}$$

$$\frac{d}{dt}(\bar{a} \cdot \bar{b}) = \frac{d\bar{a}}{dt} \bar{b} + \frac{\bar{a}(d\bar{b})}{dt}$$

$$\frac{d}{dt}[\bar{a} \cdot \bar{b}] = \left[\frac{d\bar{a}}{dt} \bar{b} \right] + \left[\frac{\bar{a}(d\bar{b})}{dt} \right]$$

Hosila va integrallar jadvali

39-jadval

Funksiya	Hosilasi	Funksiya	Hosilasi
x	1	$\sin x$	$\cos x$
x^n	nx^{n-1}	$\cos x$	$-\sin x$
$\frac{1}{x}$	$-\frac{1}{x^2}$	$\operatorname{tg} x$	$\frac{1}{\cos^2 x}$
$\frac{x}{1}$	$\frac{x^2}{2}$	$\operatorname{ctg} x$	$-\frac{1}{\sin^2 x}$
$\frac{1}{x^n}$	$-\frac{1}{x^{n+1}}$	$\arcsin x$	$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
\sqrt{x}	$\frac{2\sqrt{x}}{1}$	$\arccos x$	$-\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
$\sqrt[n]{x}$	$\frac{1}{n\sqrt[n]{x^{n-1}}}$	$\operatorname{arctg} x$	$\frac{1}{1+x^2}$
e^x	e^x	$\operatorname{arcctg} x$	$-\frac{1}{1+x^2}$
e^{nx}	ne^{nx}	$\operatorname{sh} x$	$\operatorname{ch} x$
a^x	$a^x \ln a$	$\operatorname{ch} x$	$\operatorname{sh} x$
a^{nx}	$\frac{1}{na^{nx}} \ln a$	$\operatorname{th} x$	$\frac{1}{\operatorname{ch}^2 x}$
$\ln x$	$\frac{1}{x}$	$\operatorname{cth} x$	$-\frac{1}{\operatorname{sh}^2}$

40-jadval

$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \quad (n \neq -1)$	$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x$	$\int \frac{dx}{x} = \ln x$
$\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg} x$	$\int \sin x dx = -\cos x$	$\int e^x dx = e^x$
$\int \cos x dx = \sin x$	$\int \frac{dx}{1+x^2} = \operatorname{arc} \operatorname{ctg} x$	$\int \operatorname{tg} x dx = -\ln \cos x$
$\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \arcsin x$	$\int \operatorname{ctg} x dx = \ln \sin x$	$\int u dv = uv - \int v du$

Student koefitsienti $t_{\alpha,n}$

41-jadval

$\alpha \backslash n$	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
2	0,33	0,73	1,00	1,38	2,0	3,1	6,3	12,7	31,8	63,7	636,6
3	0,29	0,62	0,82	1,06	1,3	1,9	2,9	4,3	7,0	9,9	31,6
4	0,28	0,58	0,77	0,98	1,3	1,6	2,4	3,2	4,5	5,8	12,9
5	0,27	0,57	0,74	0,94	1,2	1,5	2,1	2,8	3,7	4,6	8,6
6	0,27	0,56	0,73	0,92	1,2	1,5	2,0	2,6	3,4	4,0	6,9
7	0,27	0,55	0,72	0,90	1,1	1,4	1,9	2,4	3,1	3,7	6,0
8	0,26	0,55	0,71	0,90	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,5	5,4
9	0,26	0,54	0,71	0,90	1,1	1,4	1,9	2,3	2,9	3,4	5,0
10	0,26	0,54	0,70	0,88	1,1	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	4,8
15	0,26	0,54	0,69	0,87	1,1	1,3	1,8	2,1	2,6	3,0	4,1
20	0,26	0,53	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,9
25	0,26	0,53	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,7
30	0,26	0,53	0,68	0,85	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	2,8	3,7
40	0,26	0,53	0,68	0,85	1,1	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7	3,6
60	0,25	0,53	0,68	0,85	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7	3,6
120	0,25	0,53	0,68	0,85	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,6	3,4
∞	0,25	0,52	0,67	0,84	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6	3,3

Mundarija

Soʻz boshi

I- bob. Oʻlchash xatoliklari va ularni hisoblash.

1. Oʻlchashlar va oʻlchash xatoliklari	5
2. Oʻlchash xatoliklari turlari	9
3. Oʻlchashlarning absolut va nisbiy xatoliklari	10
4. Xatoliklarni hisoblash nazariyasi	12
5. Oʻlchash natijalarini jadval va grafik yordamida ifodalash	16
6. Eng kichik kvadratlar usuli	18

II-bob. Laboratoriya ishlari.

1. Atvud mashinasi yordamida kinematika va dinamika qonunlarini tekshirish	24
2. Matematik mayatnik yordamida ogʻirlik kuchi tezlanishini aniqlash	35
3. Prujinali mayatnik qurilmasi yordamida soʻnuvchan tebranish qonuniyatlarini oʻrganish	45
4. Suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsientini prujinali mayatnik yordamida aniqlash	53
5. Sharlarning elastik toʻqnashish asosida impuls va energiya saqlanish qonunini oʻrganish	59
6. Fizikaviy mayatnik yordamida ogʻirlik kuchi tezlanishini aniqlash	64
7. Soʻnuvchi tebranishlarni oʻrganish va soʻnishning logarifmik dekrementini aniqlash qurilmasi	72
8. Tebranishlarning soʻnishidan qattiq jismlar orasidagi dumalanish ishqalanish koeffitsientini aniqlash	78
9. Tebranishlarning soʻnishidan qattiq jismlardagi dumalanish ishqalanish koeffitsientini «Maksvell mayatnigi» yordamida aniqlash	86
10. Analitik tarozida tortish	92
11. Elektromexanik – analitik tarozida tortish	103

12. Qattiq jismning zichligini gidrostatik tortish usuli bilan aniqlash	111
13. Elastik to'qnashish uchun impulsning va energiyaning saqlanish qonularini tekshirish	115
14. Elastiklik modulini cho'zilishdan aniqlash.....	123
15. Elastiklik modulini egilishdan aniqlash.....	131
16. Trifilyar mayatnik yordamida jismlarning inertsiya momentini aniqlash va Shteyner-Guygens teoremasini tekshirish	140
17. G'ildirakning inertsiya momentini aniqlash	146
18. Maksvell mayatnigining harakatini o'rganish	156
19. Qattiq jismlarning aylanma harakat qonunlarini Oberbek mayatnigida tekshirish	164
20. Oberbek mayatnigining inersiya momentini uning tebranma harakati yordamida aniqlash va uning so'nuvchan tebranma harakatini o'rganish	175
21. Siljish modulini buralishdan aniqlash	184
22. Torning xususiy tebranishini rezonans usuli bilan o'rganish	194
23. Tovushning havoda tarqalish tezligini turg'un to'lqin usuli bilan aniqlash	200
24. Tovushning havodagi tarqalish tezligini interferensiya usuli bilan aniqlash	207
25. Kavendish burilma tarozisi yordamida gravitatsion doimiylikni aniqlash	213
26. Elastik to'qnashuvda energiya va impuls saqlanish qonunlarini tekshirish	224
27. Erkin tushish tezlanishini o'rganish	231
28. Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakatini o'rganish	241
29. Aylanma noelastik to'qnashuvda impuls momentining saqlanish qonunini o'rganish.....	250
30. Aylanayotgan jismga ta'sir qiluvchi markazdan qochma kuchni o'lchash qurilmasi	255
31. Giroskop chayqalishi – presessiyasini o'rganish	260

32. Torning tebranish chastotasining tor uzunligiga va tarangligiga bog'liqligini aniqlash..... 273
33. "Maksvell mayatnigi" laboratoriya qurilmasida energiya saqlanish qonuuini o'rganish..... 280
34. Havodagi tovush tezligining temperaturaga bog'liqligini o'rganish 287

Izoh: 25-34 – labjratoriya ishlari Germaniyada ishlab chiqarilgan qurilmalarda bajariladi.

o'quv qo'llanma

UMUMIY FIZIKA KURSIDAN PRAKTIKUM

M E X A N I K A

Muharrir: M. Rixsibekova
Badiiy muharrir: J. Ne'matov
Texnik muharrir: A. Li
Musahhil: M. Rixsibekova
Sahifalovchi: Ye. Butsyak

Nashriyot litsenziyasi: AI № 014, 20.07.2018
Bosishga 26.12.2021 da ruxsat etildi:

Bichimi: $60 \times 84 \frac{1}{16}$.
Garnitura «Times New Roman».
Nashriyot-hisob tabog'i: 19.2.
Shartli bosma tabog'i: 9,5.
Adadi: 300. Buyurtma № 16.

«SPECTRUM MEDIA GROUP» MCHJ bosmaxonasida offset
usulida chop etildi.

Manzil: Toshkent sh., Qushbegi ko'chasi, 6.
e-mail: smg-print@mail.ru