

Yangi o'quv-uslubiy majmualarni tayyorlash bo'yicha uslubiy ko'rsatmalarni tavsiya etish to'g'risidagi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2017 yil 1-martidagi №107 sonli buyrug'iga asosan ishlab chiqilgan.

Tuzuvchilar: dots. G'.Raxmonov Sh. Ashirov R.Daminov

Taqrizchi:

*O'.T.Davlatov GulDu "Fizika" kafedrası
dotsenti f.m.f.n.*

*O'quv-uslubiy qo'llanma Guliston davlat universitetinining ilmiy-uslubiy
kengashining 201_ yil __ _____gi -sonli qarori bilan tasdiqlandi .*

Annotatsiya

Ushbu o'quv qo'llanma universitetlarning «Fizika» mutaxassisligi bo'yicha ta'lim oluvchi «bakalavr» bosqichidagi talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, u umumiy fizika kursining mexanika bo'limiga oid 10 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.

O'quv qo'llanmaga kiritilgan laboratoriya qurilmalari va qator ishlanmalarda GulDu fizika kafedrasining etakchi o'qituvchilari qatnashgan va ularga mualliflar chuqur minnatdorchilik bildiradi.

O'quv qo'llanma texnika va pedagogika universitetlari talabalari hamda fizika fani o'qituvchilari ham foydalanishi mumkin.

Настоящее учебное пособие предназначена для студентов, обучающиеся на этапа бакалавриата ВУЗов и содержит более 10 - ти лабораторных работ по разделу общей физики «Механика». В каждой лабораторной работе, включенных в этом учебное пособие, имеются краткое теоретические сведения по изучаемой физической явлений 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.

В постановке ряд лабораторных работ и описании к ним, участвовали ведущие преподаватели физического кафедра и авторы учебного пособие выражают глубокую благодарность.

Учебное пособие полезно также студентам технических и педагогических университетов а также оно полезно для преподавателей Физики.

SO‘Z BOSHI

Universitetlarda va boshqa oliy o‘quv yurtlarida «Fizika» ixtisosligi 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» 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‘yganlar.

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 talabalarning 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.

Qo‘llanmaga kiritilgan laboratoriya ishlaridan bir qismi yangi ishlar bo‘lib. Ko‘pchilik adabiyotlarda bu mavzularga deyarli ahamiyat berilmagan. Shuning uchun bu ishlar bayonida uslublari batafsil berilgan. Bu esa talabalarning zamonaviy texnika uchun zarur bo‘lgan bo‘limni yanada chuqurroq egallashga imkon beradi. Shu jumladan, impulsni saqlanish qonunini o‘rganish, elektr tarozida jismning og‘irligini aniqlash, disk va g‘ildirakning inertsia momentini nazariy va tajribada aniqlash hamda taqqoslash, shu asosda «Shteyner 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 savollari keltirilgan.

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

Shuni ta‘kidlash kerakki, laboratoriya ishlarini qo‘yish, ta‘mirlash, saqlash va o‘quv jarayoniga tadbiq etishda qatnashgan umumiy fizika kafedrasining o‘qituvchilariga mualliflar o‘z minnatdorchiligini bildiradilar.

Mualliflar o‘quv qo‘llanmaning sifatini yanada yaxshilashga qaratilgan fikr va mulohazalarni bajonidil qabul etadilar va ularni quyidagi manzilga yuborishlaringizni so‘raydilar:

Guliston davlat universiteti, fizika matematika fakulteti, fizika kafedراسي

I-bob. O'LGHASH XATOLIKLARI VA ULARNI HISOBLASH

1. O'lchashlar va o'lchash xatoliklari

Fizika fani tajribaviy (eksperimental) fandir. 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) fandir. 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 ishlatish, ularda ishlatish 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 EHM dan foydalangan holda o'lchash 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 katta- kichikligini bilishdan iborat. O'lchash aniqligi hech qachon «absolut» aniq bo'lishi mumkin emas. U qandaydir biror xatolikka ega bo'ladi. Bunga quyidagi sabablarning 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 kriteriyani 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). Lekin tajriba sharoitini yoki bu natijani bilmaydigan boshqa tajribachi o'lchashi natijasida qo'pol xatolik oson aniqlanishi mumkin.

2. 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

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

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:

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

Shu sababli oxirgi natija quyidagi ko'rinishlarda yoziladi:

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

Odatda 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:

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

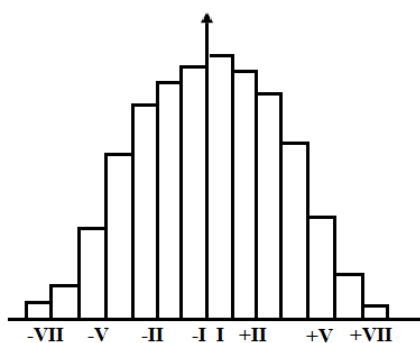
4. Xatoliklarni hisoblash nazariyasi

Faraz qilaylik, tasodifiy xatoliklarni o'z ichiga olgan bir qancha tajriba natijalari: x_1, x_2, \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). Absissa 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

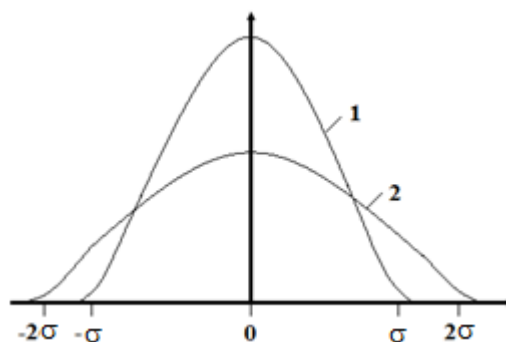
bo‘ladi. Uning maksimumiga kichik qiymatli xatoliklar intervaliga mos keladi. Xatoliklarning qiymati ortib borgan sari bunday voqealar kam uchraydi yoki uchramasligi ham mumkin. Har bir xatolik intervaliga to‘g‘ri keluvchi to‘rtburchakning yuzasi yoki uning balandligi voqealar soniga proporsionaldir. 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 esa undan 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 ning 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:

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

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

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

formula bilan aniqlanadi.

Sistematik xatolikni e'tiborga olish natijasida, tajriba natijasi

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

ko'rinishda yoziladi.

(4) formuladan ko'rinadiki, agar sistematik xatolik $\Delta_{sist}=2\sigma$ 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 paytinining o‘zida hosil qildik. Bunday o‘lchash bevosita o‘lchash deyiladi. Lekin bunday hol doimo bo‘lavermaydi. 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 $\sigma_A, \sigma_B, \sigma_C$ va hokazolar bilan belgilab, σ_y ni

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

formula orqali aniqlaymiz. $\sigma_A, \sigma_B, \sigma_C$ va hokazo standart xatoliklar tajribadan aniqlanadi ($A, B, C \dots$ va hokazo o‘lchangan bo‘lsa) yoki hisoblab aniqlanadi (agar $A, B, C \dots$ 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 ni o‘lchash yoki hisoblash orqali aniqlanganini farqi yo‘q.

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

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

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 – jadval

№	Fizik kattalik, birligi	Funksiya yamati y_i , birligi	O'rtacha yamati, birligi	Absolyut xatolik, birligi	$\Delta \bar{y}$, birligi	$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{y}}{\bar{y}} \cdot 100\%$
1						
2						
3						
n						

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 grafikdan 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:

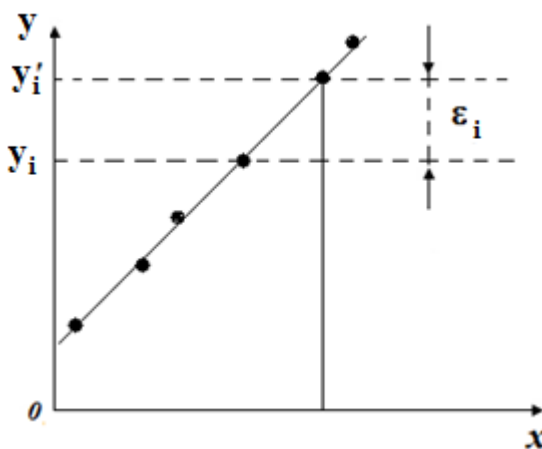
$$y = Ax + B \quad (1)$$

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 ϵ_i ga teng bo'ladi. (3-rasm)

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



3-rasm

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

$$\zeta = \sum \varepsilon_i^2 = \min \quad (3)$$

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

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

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

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

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

ekanligini hisobga olsak, (4) tenglamalar sistemasini yechib,

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

va

$$B = \bar{y} - A\bar{x} \quad (6)$$

larni hosil qilamiz.

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

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

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

bu ifodalarda

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

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:

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

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:

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

$$B = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i y_i}{D} \quad (12)$$

bu yerda

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

Ularga 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.

1 - LABORATORIYA ISHI

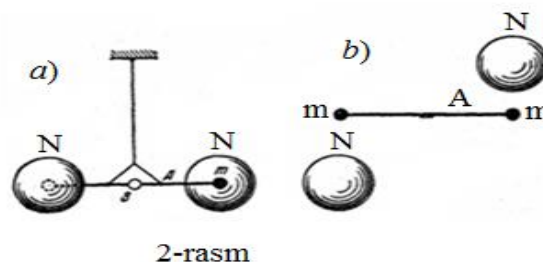
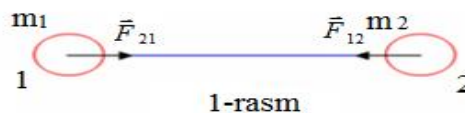
Kavendish buralma tarozisi yordamida gravitatsion doimiylikni aniqlash.

Ishning maqsadi:

1. Buralma 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 jismlarining 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

$$\vec{F} = \sum \Delta \vec{F}_i = \sum \gamma \frac{\Delta m_1 \Delta m_2}{r_i^3} \vec{r}_i.$$

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 buralma 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'zguna 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.

Buyerda simning burilish moduli f ni sistemaning tebranish davrini o'lchagan holda topish mumkin:

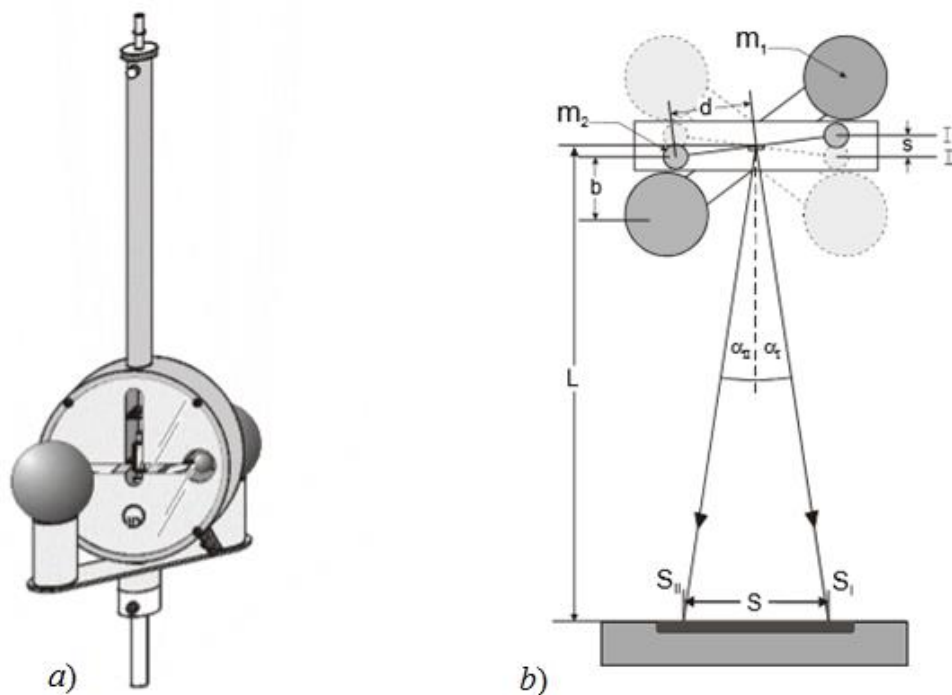
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{f}} = 2\pi \sqrt{\frac{ml^2}{2f}}, \text{ buyerda } I = \frac{ml^2}{2} - \text{ sistemaning inersiya momenti. Demak,}$$

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 sistemasida $G = 6,65 \cdot 10^{-8} \text{ dn} \cdot \text{sm}^2 / \text{gr} \cdot \text{s}^2$ birliklarda o'lchanadi.

Kavendishdan keyin qator tajribalardan G ning qiymati aniqlandi va Kavendish taklif qilgan G ning kattaligi amalda tasdiqlanadi.

O'lchash metodining qisqacha nazariyasi

Kavendish buralma 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 buralma tarozi yordamida kuzatish mumkin. Kichik sharlar harakati infraqizil holat detektorida 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 buralma mayatnikning ko'ndalang to'siniga o'rnatilgan. Ko'zgudan qaytgan nur qator fototranzistorlarga tushadi va m_2 massali sharchalar tebranishini qayd qiladi. Harakat, m_1 massali jism kattaligi va qurilma geometriyasi haqidagi ma'lumotlar asosida maksimal o'gish usuli yoki oddiyroq bo'lgan tezlanish usulidan foydalanib, gravitatsion doimiylikni aniqlash mumkin.



3-rasm.Kavendishning buralma tarozisi (a - chapda) va tajriba qurilmasi (b - o'ngda).

Qurilma tarkibi

1. Gravitatsion buralma 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) buralma mayatnikka ta'sir qiluvchi kuch 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 momenti bilan kompensatsiyalanadi. Buning natijasida buralma mayatnik s_1 muvozanat vaziyatini oladi.

I vaziytdagi katta qo'rg'oshin sharchalarni II vaziyatga 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 almashtiramiz:

$$D = (\alpha_1 - \alpha_2) = M_2 = 2M_1 \quad (3)$$

D buralish moduli bo'lib bu buralma mayatnik tebranish davri T va inersiya momenti I bilan aniqlanuvchi kattalik:

$$D = \frac{4\pi^2}{T^2} I \quad (4)$$

Bu yerdagi I inertsiya momenti ikki kichik sharlar inertsiya 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:

$$D = \frac{2\pi^2}{T^2} \frac{d^2 d}{m_1} (\alpha_1 - \alpha_2) \quad (7)$$

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) tenglamani 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 sharlar 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 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:

$$\alpha_0 = 2 \cdot A \quad (12)$$

(11) va (12) tenglamalarni hisobga olgan holda gravitatsion doimiylikni aniqlanish mumkin:

$$G = \alpha_0' \frac{db^2}{4m_1L} \quad (15)$$

Tajriba qurilmasini yig'ish

Buralma tarozi talab bo'yicha sozlangandagina o'lchash natijalari ishonchli bo'lishi mumkin. Jismlarning o'zaro ta'siri tufayli yuzaga keladigan buralma tebranishlar har qanday tashqi ta'sirlardan xoli bo'lishi shart. Tajriba qurilmasining umumiy ko'rinishi 4-rasmda keltirilgan.

Gravitatsion Buralma tarozini yig'ish:

- Tajriba qurilmasi ish stolini 4-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
- Gravitatsion *Buralma tarozi* mahkamlanadigan optik relsni o'rnatish.
- Gravitatsion *Buralma tarozini* shunday holatga keltiringki (katta sharlar qo'yilmagan holda) kichik sharchalarga ega richag bemalol aylana olsun.
- Buralma mayatnikni tutib turish mexanizmini bo'shating va shunday sozlangki mayatnik osmalari uchlaridagi ignalari trubka o'rtasida bo'lib, mayatnik erkin aylana olsun.
- Buralma mayatnikni bir yoki bir necha kun osilgan holda turishiga qo'yib bering va so'ngra zarurat tug'ilganda qurilma nolini qayta sozlang.

Gravitatsion buralma tarozi va IQ holat detektori 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 buralma tarozi ko'zgusi va IQ detektor orasidagi masofa 70 sm ni tashkil qilsin.
- IQ holat detectorini 12 V li tok manbainiga ulang va IQ yorug'lik diodlari oynasini gravitatsion buralma 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 buralma tarozini shunday buringki, LED diodlar nurining ko'zgu aksi old paneldan o'tsin.

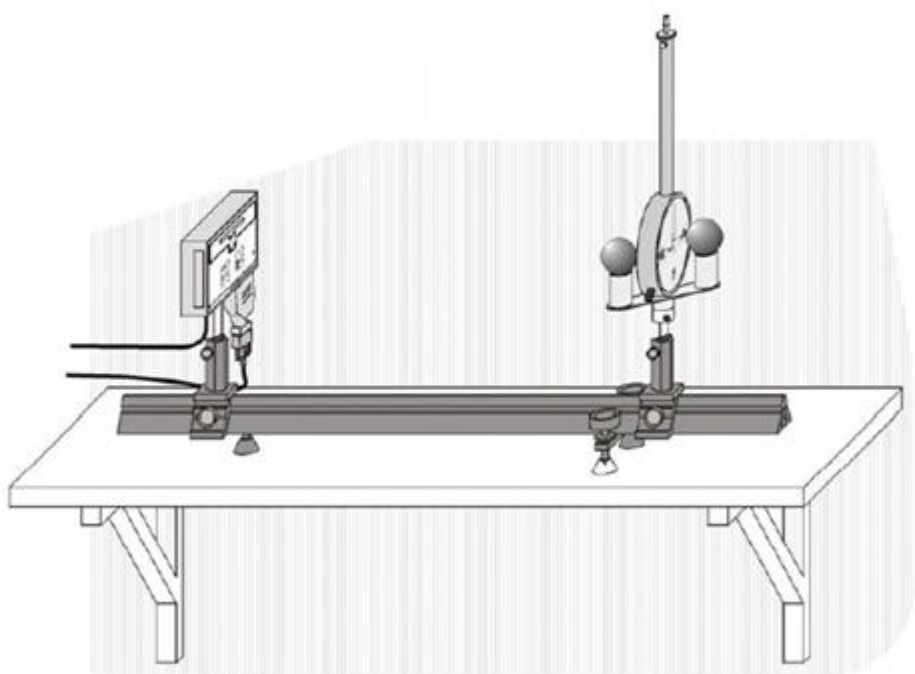
- Agar tasvir oynadan pastda yoki yuqorida ko'rinsa IQ detektorni pastga yoki yuqoriga harakatlantirib nurni markazdan o'tishini ta'minlang.

- 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.



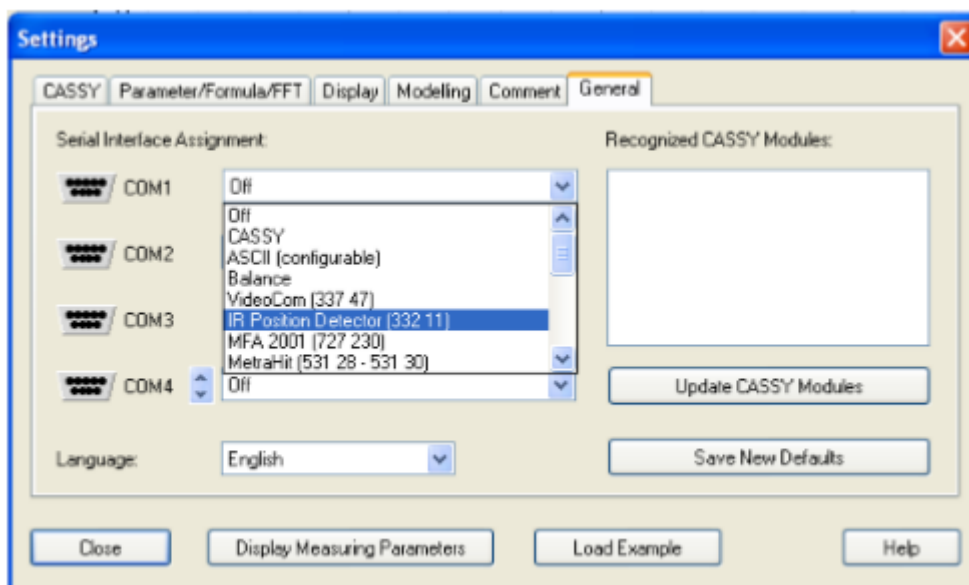
4-rasm. Tebranishni IQ holat detektori elektron tarzda qayd qiluvchi gravitatsion buralma tarozi tajriba qurilmasi.

Tebranishlarni qayd qilish

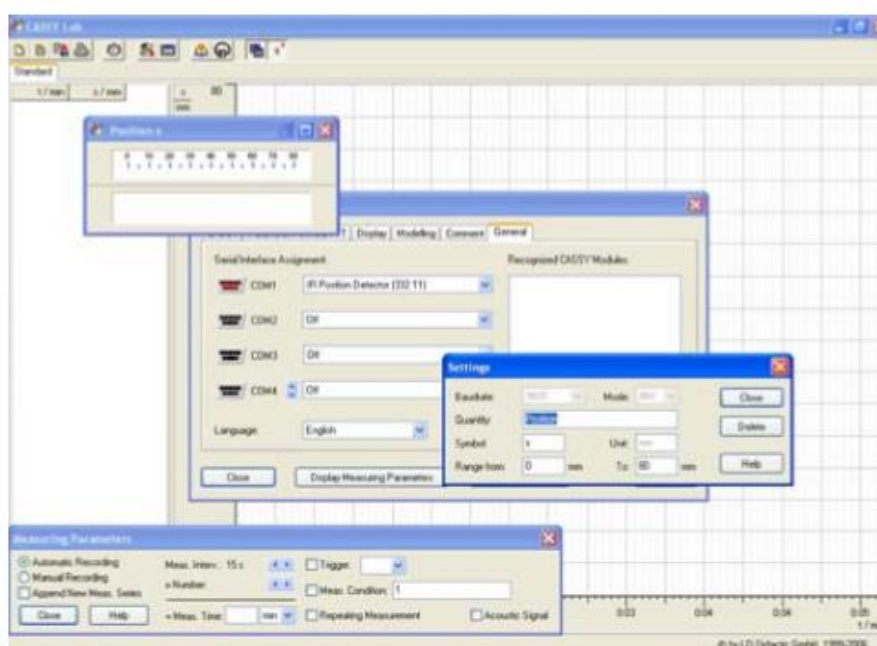
- IQ detektorni RS232-interfeys porti orqali kompyuterga ulang
- Hali kompyuterga dastur o'rnatilmagan bo'lsa o'rnatib va ishga tushiring (CASSY Lab foydalanuvchi interfeysining berilgan konfiguratsiyasi bo'yicha).
- "Settings" oynasini asboblardagi tugmasini yoki F5 klavishini bosib chaqiring:



- “Settings” oynasidan “General” bo'limini tanlang va IQ holat detektori uchun mos COM portni tanlang.



IQ holat detektori uchun mos COM port tanlangandan keyin dasturdagi ishchi oynalar va jadvallar ochiladi hamda o'lchanuvchi kattaliklar indikatori faollashadi, ya'ni “Positions”, “Settings” va “Measuring Parameters” oynalari ochiladi.



- Tanlangan parametrlar ekrandagi barcha menyu oynalari yopilgach qabul qilinadi.

- Gravitatsion buralma 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 buralma 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, buralma 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 buralma tarozi muvozanatga kelishi uchun ko'p vaqt talab qilinadi.


- Asosiy chiziqni kuzatish orqali sanoq boshi, nol nuqta stabilligini 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  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 kronshteynni 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'lchagan natijalaringizni tugmasini yoki F2 funksional klavishini bosish orqali saqlashingiz mumkin.


b) Tezlanish usuli.

- Sistema to'la muvozanat holatiga kelgunicha kuting (dastlabki tayyorgarlik ko'rsatmasiga qarang);

- Siz o'lchangan asosiy kattaliklarni  tugmasi yoki F4 klavishi yordamida o'chirishingiz mumkin;

- Kattaliklarni olish va ularni to'plash uchun ugmasini yoki F9 klavishi bosish kerak;

- Qo'rg'oshin sharli kronshteynni I holatdan II holatga tez va ehtiyotkorlik bilan o'tkazing va harakatning birinchi fazasini yozib oling.

- Kattaliklarni olish va ularni to'plash uchun ugmasini yoki F9 klavishi bosish kerak.

Eslatma: Bu tajribada gravitatsion buralma tarozi tebranishlarini qayd qilishga mo'ljallangan IQ holat detektor maksimal og'ish usulida o'lchalar olib borilganda avtomatik tarzda ishga tushadi. O'lchash intervalini kiritish zarur bo'ladi, masalan 15 sekund.

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 trayektoriyalari.
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 (273 – 287 б.).
2. Д.В. Сивухин. Умумий физика курси. 1 – том. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. IX боб, §53–62 (303 – 334 б.).
3. С.Э.Фриш, А.В. Тиморева. Умумий физика курси. 1 – том. Тошкент: Ўқитувчи, 1965. §23 (80 – 82 б.).
4. И.С. Савельев. Умумий физика курси. 1 – том. Механика., Тошкент: Ўқитувчи, 1971. §46–50 (144 – 153 б.).
5. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. М.: Наука. 1971.
6. J.Walker. Fundamentals of Physics N.-Y.: 2011. §13.1÷13.8. (354-375 p.).

2 - LABORATORIYA ISHI

ELASTIK TO'QNASHUVDA ENERGIYA VA IMPULS SAQLANISH QONUNLARINI TEKSHIRISH.

Ishning maqsadi: Energiya va impulsning saqlanish qonunlarini tekshirish va o'rganish.

Kerakli jihozlar

- 1 CASSY-sensori
- 1 CASSY Lab 2 dasturi
- 1 Taymerli adapter yoki Taymer S
- 1 Chiziqli havo trakti
- 1 Trakt asosi
- 1 Havo manbai
- 1 Ta'minlash manbai kontrolleri
- 2 Shoxsimon yorug'lik datchigi
- 2 Multi-core cables, 6-pole, 1.5 m
- 2 Ko'p negizli kabellar, 6-qutbli, 1.5 m
- 1 Windows XP/Vista/7/8 OT o'rnatilgan kompyuter

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 potentsial va kinetic entrjiyalarining 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,

$$mgh_a + \frac{mv_a^2}{2} = mgh_b + \frac{mv_b^2}{2} = W_0 = const \quad (4)$$

Bu esa Yerning tortish maydonida harakat qilayotgan jism uchun mexanik energiyaning saqlanish qonunidir. Demak, har qanday nuqtada, har qanday vaqtda

$$W_k + W_p = const \quad (5)$$

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 jism shu energiyani yo'qotadi. Lekin bu yo'qolgan mexanik issiqlik energiyasiga aylanadi.

Impulsning saqlanish qonuni. Massani tezlikka ko'paytmasi harakat miqdori yoki jismning impulsi deyiladi, ya'ni

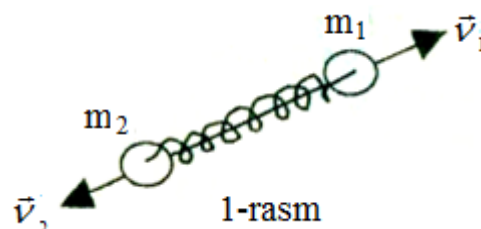
$$\vec{K} = m\vec{v} \quad (6)$$

Nyutonning I va II-chi qonunlariga ko'ra, yopiq sistemada $\sum \vec{K} = const$ bo'ladi

Masalan: $\frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{F}$ teng bo'lsa, $F=0$ holda t - vaqt uchun $\vec{K} = const$ bo'ladi.

Endi ayrim misollar ko'rib chiqamiz:

1-misol: ikkita sharcha orasida prujina biror tekislikda siqilib tursin ishqalanish kuchlari bo'lmasin va ikkala ikkita sharcha yengil ip bilan bog'lansin. Massalari esa m_1, m_2 bo'lsin. Ipn uzsak (yondirsak) prujina m_1 ga \vec{F}_{12} kuch bilan m_2 ga 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 shariklarga ta'sir kuchlaridir. Prujina qo'zg'almas bo'lganda ip va prujinaning massasi nolga teng desak bo'ladi. Shuning uchun:

$$\left. \begin{aligned} \vec{f}_{p1} + \vec{f}_{p2} &= 0 \\ \vec{F}_{p1} + \vec{f}_{12} \quad m_1 \vec{a}_1 &= \vec{F}_{12} \\ \vec{F}_{p2} + \vec{f}_{21} \quad m_2 \vec{a}_2 &= \vec{F}_{21} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2 = 0 \quad (10)$$

$$\vec{a}_1 = \frac{d\vec{v}_1}{dt_1} \quad \vec{a}_2 = \frac{d\vec{v}_2}{dt_2} \quad (11)$$

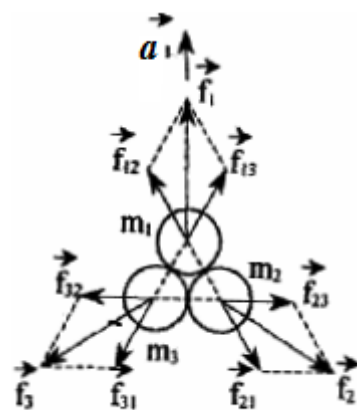
$$\int \frac{d}{dt} (m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2) = 0 \quad (12)$$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = const \quad (13)$$

Demak,

$$\vec{K}_1 + \vec{K}_2 = const \quad (14)$$

Yoki $\vec{K}_1 = -\vec{K}_2$ (15) va $v_i = \frac{1}{m_i}$ (16) bo'lar ekan.



2-rasm

Bu xulosalar sharlarning o'zaro ta'sir kuchi xarakteriga

va kattaligiga bog'liq ekanligini ko'rsatadi.

Harakat vaqtida ham, prujina ta'sir etganida ham 6-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:

$$\begin{cases} 1-uchun & m_1 \vec{a}_1 = \vec{f}_{12} + \vec{f}_{13} \\ 2-uchun & m_2 \vec{a}_2 = \vec{f}_{21} + \vec{f}_{23} \\ 3-uchun & m_3 \vec{a}_3 = \vec{f}_{31} + \vec{f}_{32} \end{cases} \quad (17)$$

Tenglamalari hadma-had qo'shamiz: $m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2 + m_3 \vec{a}_3 = \sum_{ij} \vec{f}_{ij} = 0$, chunki:

$$\left. \begin{aligned} \vec{f}_{12} + \vec{f}_{21} &= 0 \\ \vec{f}_{23} + \vec{f}_{32} &= 0 \\ \vec{f}_{13} + \vec{f}_{31} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

$$\frac{d}{dt}(m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3) = 0 \quad (19)$$

bu yerda $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3$ - ularning tezlanishlari, v_1, v_2, v_3 - ularning tezliklari.

Shunday qilib

$$\frac{d\vec{K}}{dt} = 0 \quad (20)$$

Bu xulosa barcha sistemalarda o'rinli. Agar $\vec{K} = const$ (21) bo'lsa, u holda

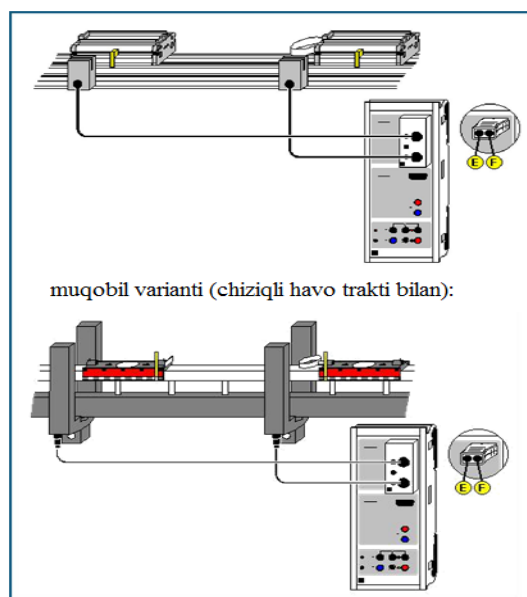
$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 = const \quad (22)$$

ekan.

Jismlar sistemasining impulsi ichki kuchlarning ta'sirida o'zgarmaydi, uni quyidagicha ifodalash mumkin.

$$\sum \vec{K} = \sum m_i \vec{v}_i = 0 \quad (23)$$

Energiya va impulsning saqlanishi(to'qnashuvda)



3-rasm

3-rasm. Eksperimental qurilma, [Pocket-CASSY](#) bilan bajarilishi mumkin

Tajriba tavsifi

Ikki aravachaning ϑ 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'tayotganda 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'rnatilgan ([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 \otimes 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 \otimes tugmachsi 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 sezasiz.

Elastik to'qnashuv uchun quyidagitenglamalarga 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.

Adabiyotlar

7. С.П. Стрелков. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1977. IX боб, §24–27 (90 – 108 б.)
8. Д.В. Сивухин. Умумий физика курси. 1 – том. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. IX боб, §26–28 (133 – 156 б.).
9. С.Э.Фриш, А.В.Тиморева. Умумий физика курси. 1 – том. Тошкент: Ўқитувчи, 1965. §20 (66 – 71 б.).
10. И.С. Савельев. Умумий физика курси. 1 – том. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1971. §30 (86 – 89 б.).

3 -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. tutashiruvchi blok 230 V / 12 V / 20 W.
3. uch oyoqli kamera.
4. Video Com uchun erkin tashlanuvchi jism.
5. uslab 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 yunalishda 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 h bilan almashtirish zarur bo'ladi.

Boshlang'ich 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 boshlang'ich tezlikka ega bo'lmasa, uning tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$v = gt \quad (2)$$

v_0 boshlang'ich 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 boshlang'ich 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 boshlang'ich 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

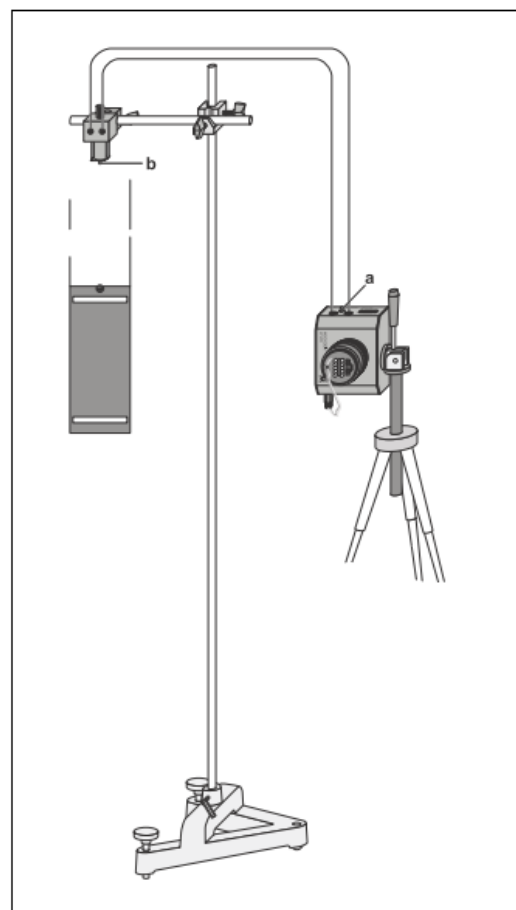
$$\frac{1}{2}gt^2 \quad (11)$$

ga teng bo'ladi.

Eksperimental qurilma va tajribani o'tkazish tartibi.

Tajribada erkin tushayotgan jism harakati Video Com ning bir-kadrlil 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 piksellil CCD liniyasiga tushadi va tasvir hosil qiladi.

Berilgan vaziyatdan erkin tushayotgan jismning joriy vaziyati tasviri kompyuterga ketma-ket interfays orqali sekundiga 80 marta uzatiladi. Kompyuter dasturi bilan ta'minlangan Video Com erkin tushayotgan jismning barcha



1-rasm

harakatlarini yo'l-vaqt grafigi sifatida ko'rsatadi va o'lchangan qiymatlarni tahlil qiladi.

$$\text{Xususan tezlik } v(t) = \frac{s(t + \Delta t) - (st - \Delta t)}{2 \cdot \Delta t} \quad (12)$$

va tezlanish

$$a(t) = \frac{v(t + \Delta t) - (vt - \Delta t)}{2 \cdot \Delta t} \quad (13)$$

ifoda orqali aniqlanadi. Sichqoncha bilan faollashtirilishi va 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'rnating 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'rnating 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'minlang.


– Tutib turuvchi elektromagnitning ferromagnit o'zagini moslovchi vint (b) bilan shunday to'g'irlangki, erkin tushuvchi jism vertikal tik holatda bo'lsin.




– "VideoCom Motions" dasturida "Intensity Test" tugmachasini bosing.

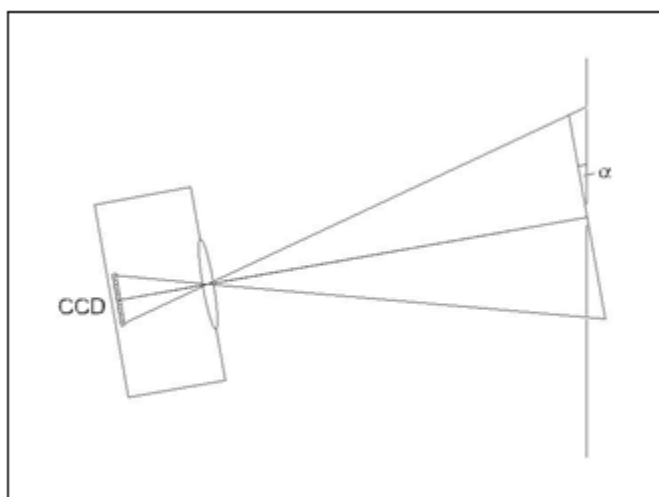
– Fonni kamaytirish maqsadida xonani bir oz qorong'ilashtiring.

- VideoCom ni shunday to'g'irlangki kameradagi LC displeyida yoki ekranda ikkita cho'qqi o'ng tomonda ko'rinsin. 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 0.2 m va ikkinchi vaziyati uchun 0 m qiymatlarni kiriting.
- “Read Pixels from Display” tugmachsini bosing va “Apply Calibration” funksiyasini faollashtiring.
- “Settings/Path Calibration” menyusini yana bir marta chaqiring va “Measuring Parameters” registridan quyidagilarni tanlang:

Δt 12.5 ms (80 fps).	
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 Callibration" menyusidagi "Linearization" registrida “Suggest Linearization” tugmasini bosing.
- 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 byrug'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, jissmning erkin tushishini yana bir marta yozib oling va yana a burchakni o'lchang.
- Jarayonni $\alpha < 1^0$ bo'lguncha takrorlang; keyin “Apply Linerization” ni faollashtiring va aniqlangan α burchakni kiriting.
- O'lchanqan 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'lning kallibrovkasini takrorlang, “Apply Calibration” funksiyasini faollashtiring va “OK”ni bosib tasdiqlang.

– Sichqonchanning “s1/m” o'lchangan qiymatlar ustuniga olib kelib o'ng tugmasini bosib va chiqqan menyudan “Delete Column” buyrug'ini tanlang.

–O'lchangan 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'lning 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.

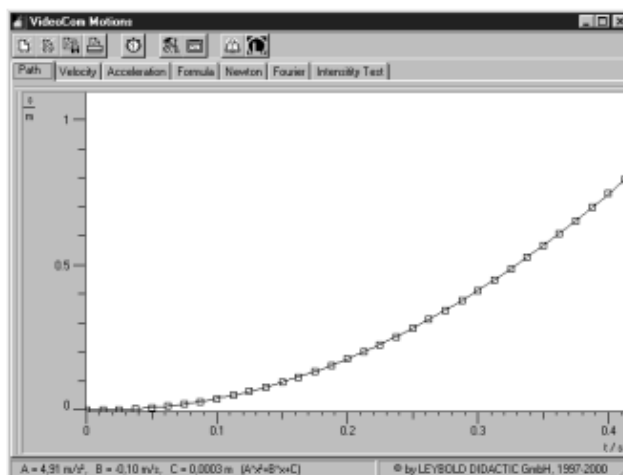
Parabola tenglamasi $S=At^2+Bt+C$ asosida erkin tushish tezlanishi aniqlanadi. U quyidagiga teng:

$$g = 2A=9.82 \text{ m/s}^2$$

Oniy v tezlikning "Velocity" registratorini bosib, tezlikning hisoblangan qiymati vaqtga chiziqli bog'lanishga ega ekanligiga iqror 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

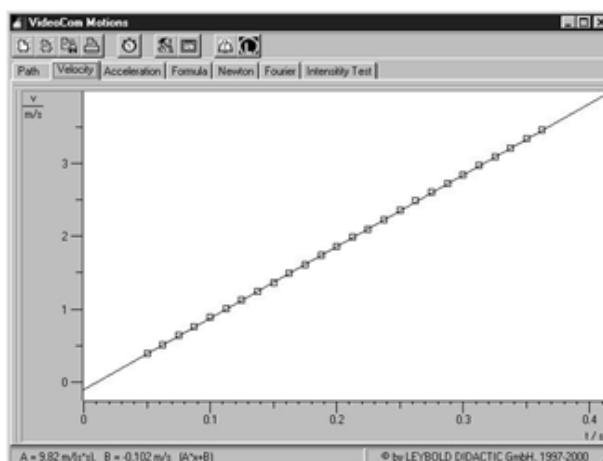
$$g = A = 9.82 \text{ m/s}^2$$

bo’lgan doimiy qiymat kelib chiqadi.

Erkin tushish tezlanishining Evropa uchun adabiyotlarda keltirilgan qiymati

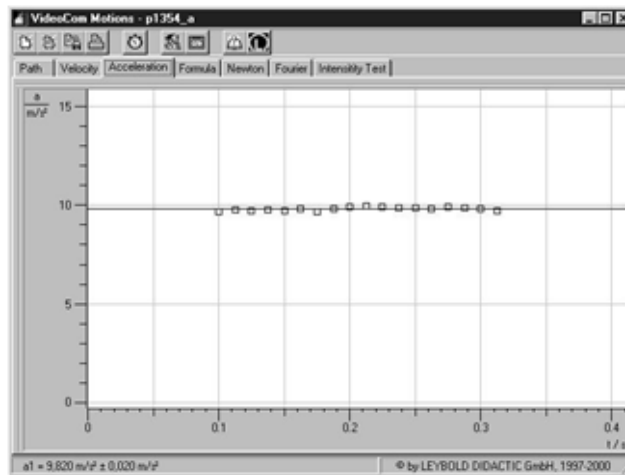
$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

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 $B = -0.1 \text{ m/s}$ (fizik jihatdan ma'noga ega emas). Amalda natijalarni qayd qilish harakat boshlanishidan sal oldinroq boshlanadi, chunki elektromagnit erkin tushayotgan jismni biroz kechikib qo'yib yuboradi.

Nazorat savollari

1. Erkin tushish deb nimaga aytiladi?
2. Erkin tushish tezlanishi nima uchun yer sirtidan balandlikka bog'liq?
3. Nima uchun erkin tushish geografik kenglikka bog'liq?
4. Butun olam tortishish qonunini tushuntirig'?
5. Gravitatsion doimiylikning fizik ma'nosini aytib bering?
6. Gravitatsion maydon deganda nimani tushunasiz?
7. Gravitatsion maydon kuchlanganligi deganda nimani tushunasiz va u nimalarga bog'liq?

Adabiyotlar:

11. С.П. Стрелков. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1977, IX боб, 24–27 (90 – 108 б.)
12. Д.В. Сивухин. Умумий физика курси. 1 – том. Механика., Тошкент: Ўқитувчи, 1981, IX боб, 26–28 (133 – 156 б.).
13. С.Э.Фриш, А.В. Тиморева. Умумий физика курси. 1 – том., Тошкент: Ўқитувчи, 1965, 20 (66 – 71б.).
14. И.С. Савельев. Умумий физика курси. 1 – том. Механика., Тошкент: Ўқитувчи, 1971, 30 (86 – 89 б.).
15. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. М.: Наука. 1971 г.
16. С.П. Стрелков. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1977, IX боб, 32–35 (115 – 127 б.)
17. J.Walker. Fundamentals of Physics N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

4 - 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.

Kerakli jihozlar

- Katta proeksion qurilma
- Qisqich
- Vertikal shkala, 1 m
- Po'lat o'lchov lentasi, 2 m
- Egarsimon asos
- Laboratoriya tagligi II
- Lotok, 552 x 197 x 48 mm
- Kvarts quv 1 kg

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 esa 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 (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):

$$\left. \begin{aligned} v_{0x} &= v_0 \cos \alpha, \\ v_{0y} &= v_0 \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} v_x &= v_{0x} = v_0 \cos \alpha, \\ v_y &= v_{0y} - gt = v_0 \sin \alpha - gt \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Jismning x va u koordinatalarini vaqtning funktsiyalari sifatida quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_0 t = v_0 t \cos \alpha, \\ y &= v_{0y} t - \frac{gt^2}{2} = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

(16) dagi tenglamalardan t ni yo'qotib, jismning traektoriyasini 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'zgarmas kattalik bo'lganligi uchun, ularni mos ravishda k va b orqali belgilasak, ifoda $y = kx - bx^2$ ko'rinishiga keladi. Bu parabola tenglamasidir. Demak, gorizontga 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 traektoriyaining eng yuqori nuqtasiga ko'tarilishiga ketgan vaqt $t_k = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$ ga tengligi kelib chiqadi. Jismning maksimal ko'tarilish balandligi

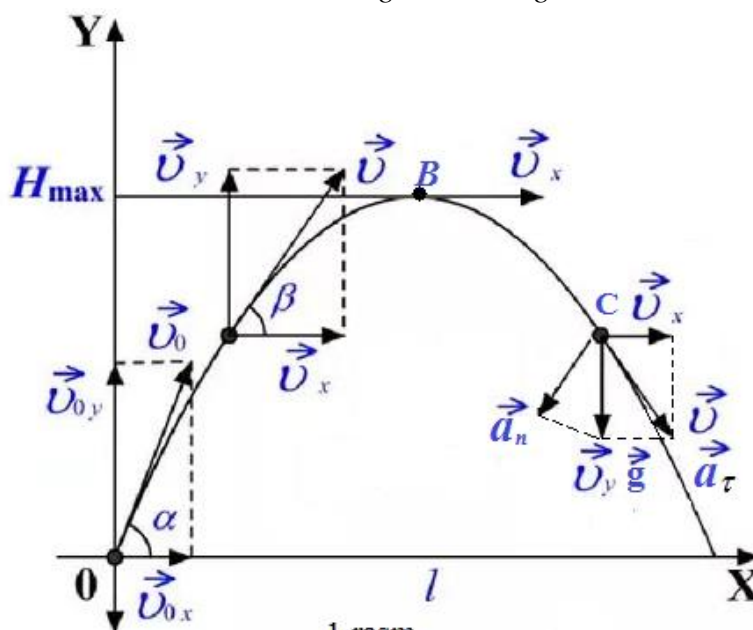
$$h = v_{0y} \cdot t_k - \frac{gt_k^2}{2} = v_0 t_k \sin \alpha - \frac{gt_k^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad (6)$$

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:

$$s = v_x t = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (7)$$



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, burchak $\alpha = 45^\circ$ bo'lganda jism eng uzoqqa borib tushadi.

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:

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{g^2 t_k^2}{2g} = \frac{g t_k^2}{2} \quad (9)$$

Topilgan formulalarning hammasi jism vakuumda harakat qilgandagina o'rinli

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 gorizonttal 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:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{\sqrt{gR}} = \sqrt{\frac{2h}{R}} \quad (10)$$

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 $a_n = \frac{v_x^2}{v} \cdot g$ (12)

hamda $\frac{a_n}{g} = \frac{v_y}{v}$ va undan $a_n = \frac{v_y}{v} \cdot g$ (13) ifoda yordamida normal va tangentsial tezlanishlarni aniqlashimiz mumkin.

Ishning qisqacha nazariyasi

Tajribada m massali po'lat sharcha gorizontga α burchak ostida v_0 boshlang'ich burchak ostida otilgan. Po'lat sharchaning gravitatsiya maydonidagi harakatining tekislikdagi proeksiyasi (1-rasm) quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi.

$$m = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = m \begin{pmatrix} 0 \\ g \end{pmatrix} \quad (14)$$

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

$$\vec{r}(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{va} \quad \vec{V} = \begin{pmatrix} V_0 \cos \alpha \\ V_0 \sin \alpha \end{pmatrix} \quad \vec{V} = V(V_0 \cos \alpha; V_0 \sin \alpha)$$

(I) tenglama yechimi po'lat shar koordinatalarining t vaqt funksiyasi kabi ifodalanadi:

$$\begin{aligned} x(t) &= v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y(t) &= v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \end{aligned} \quad (15)$$

Bularni s uchish masofasi va h maksimal ko'tarilish balandligining, otilish burchagi α va v_0 boshlang'ich tezlikka bog'liq tenglamalar kabi ifodalash

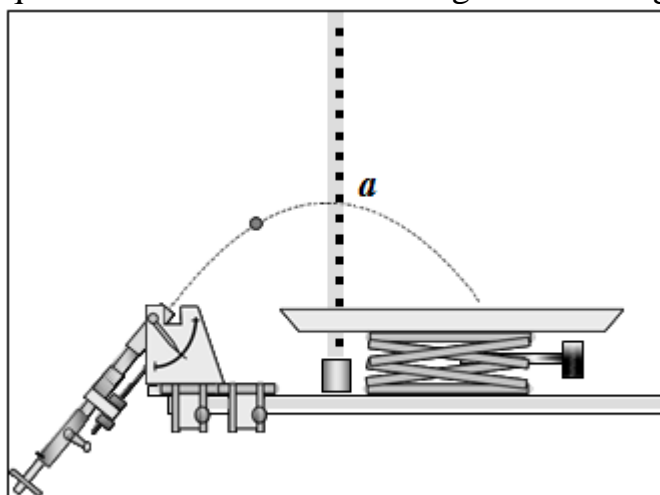
$$\text{mimkin: } s = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha \quad (16)$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \alpha \quad (17)$$

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.

Eksperimental 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'rnatish.
- 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 siljiticiga a shkala o'rnatish.

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 holati, 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'ozini (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.

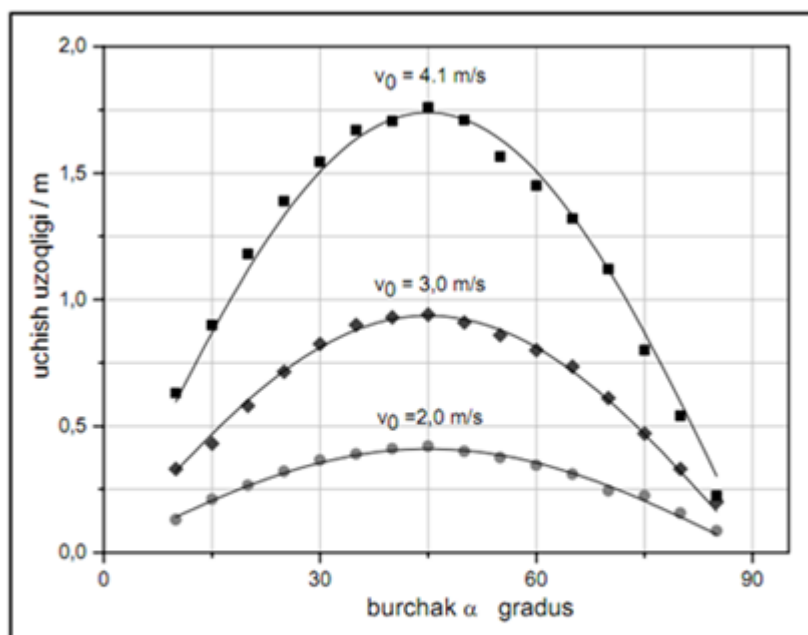
α gradus	$s_1, m (\vartheta_{10})$	$s_2, m (\vartheta_{20})$	$s_3, m (\vartheta_{30})$
00			
15			
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50			
55			
60			
65			
70			
75			
80			
85			

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	$h_1, m (\vartheta_{10})$	$h_2, m (\vartheta_{20})$	$h_3, m (\vartheta_{30})$
10			
15			
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50			
55			
60			
65			
70			
75			
80			
85			

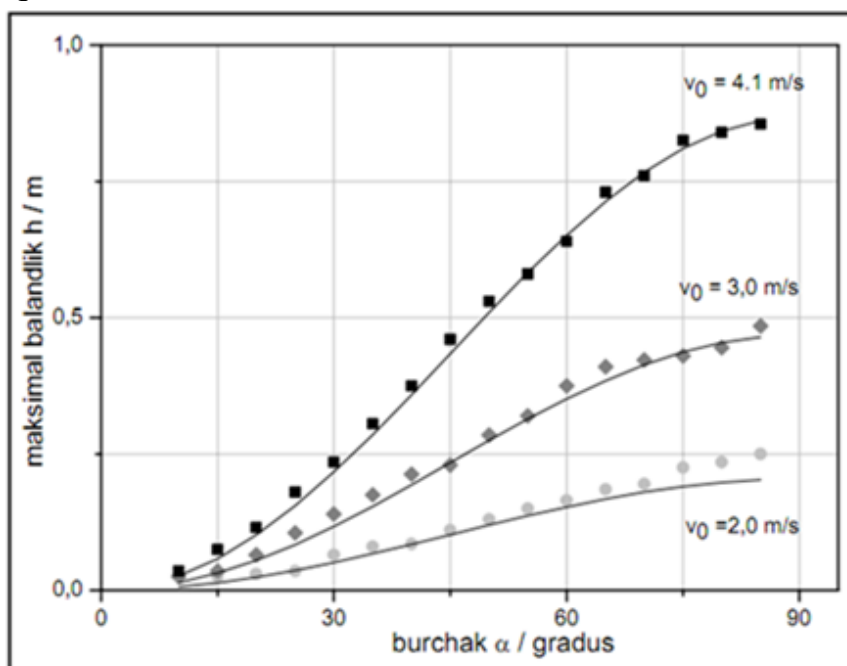
Olingan natijalar asosida uchish uzoqligi va maksimal ko'tarilish balandligining sharchaning otilish burchagiga bog'liqligi grafiklari chiziladi. Olingan natijalar baholanib, tahlil qilinadi.



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 kvadratlar 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 gorizontal harakatda qarshilik bo'lmagan deb hisoblansa 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 o'lchanishi mumkin. Tajriba qurilmasi haqida ko'proq ma'lumotlarni 336 56 yo'riqnomasidan olasiz. O'lchangan qiymatlar to'g'ridan to'g'ri a) qismda tajriba natijalariga ko'ra eng kichik kvadratlar usulida topilgan – qiymati bilan solishtirish mumkin. b) O'lchangan v_0 boshlang'ich tezlik qiymatini tajriba natijalari 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?

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.).
4. И.С. Савельев. Умумий физика курси. 1 – том. Механика. Тошкент: Ўқитувчи, 1971, §8-9 (26-31б.).
5. J.Walker. Fundamentals of Physics N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 s.).

5 - 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

Kerakli jihozlar

- Sensor-CASSY
- CASSY Lab 2
- Taymer bloki yoki Taymer S
- Aylanuvchi model
- Ayriga o'rnatilgan yorug'lik datchiklari
- Ko'p o'zakli ka,b 6e-lqutbli, 1.5 m
- Laboratoriya shtativi II
- Windows XP/Vista/7/8 OT kompyuter

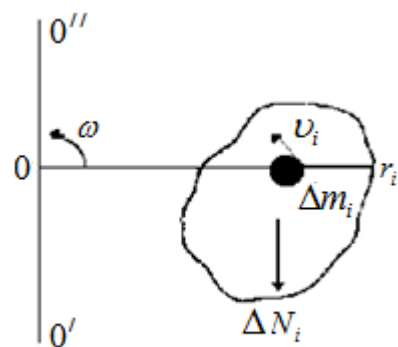
Qisqacha nazariya

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.

Ilgarilama harakatda jism harakati F -kuch, $K = mv$ impuls bilan, aylanma harakatda esa M - kuch momenti, I - inersiya momenti, N - impuls momenti bilan karakterlanadi.



1-rasm

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

$$\Delta N_i = \Delta m_i v_i r_i \quad (1). \text{ Jismning impuls momenti esa}$$

$$N = \sum_i N_i = \sum_i \Delta m_i r_i v_i \quad (2).$$

$$v_i = \omega r_i \quad (3) \text{ bo'lgani uchun,}$$

$$N = \sum \Delta m_i r_i r_i \omega = \sum \Delta m_i r_i^2 \omega = I \omega \quad (4),$$

$$\vec{N} = I \vec{\omega} \quad (5)$$

Demak, jismning impuls momenti (harakat miqdori momenti) $N = I \omega$ ga teng ekan, unda kuch momenti esa $M = I \frac{d\omega}{dt}$ (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 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 impuls momentining saqlanish qonuni deyiladi.

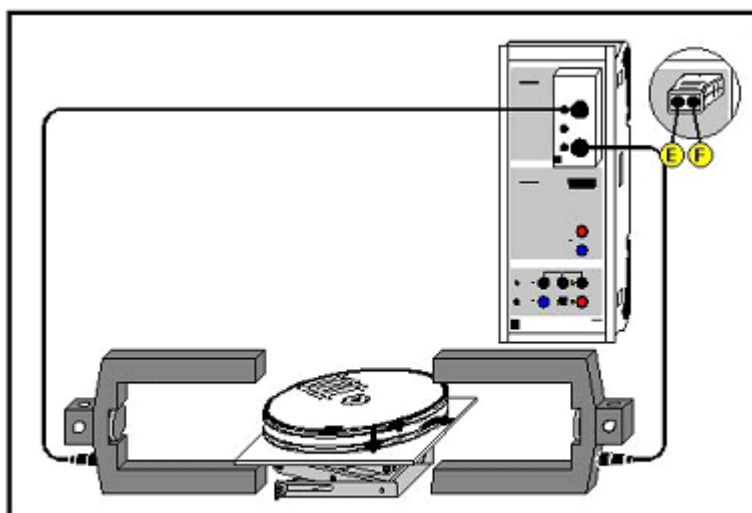
Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasini topamiz;

$$\Delta E_i = \frac{\Delta m_i v_i^2}{2} = \omega^2 \frac{\Delta m_i r_i^2}{2} \quad (8)$$

Umumiy holda $N = I \cdot \omega$ ekanligini hisobga olsak.

$$E_k = \sum E_{ki} = \frac{\omega^2}{2} \sum \Delta m_i r_i^2 = \frac{I \omega^2}{2} = \frac{N^2}{2I} \quad (9) \text{ ifoda kelib chiqadi.}$$

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.

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. Inertiya 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' va ω_2' parametrlarni ham).

To'qnashuvni amalga oshiring (agar to'qnashuvdan oldin burchak tezlik qiymati noldan 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 jismqaytayotgan 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  tugmasi bilan jadvalga o'tkazing yoki $\rightarrow 0 \leftarrow$ 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  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. dan foydalanishingiz mumkin. Elastik to'qnashishlar uchun quyidagigi formulalardan foydalanamiz:

$$\omega_1' = \frac{I_2\omega_2 + (I_1 - I_2)\omega_1}{(I_1 + I_2)}$$

$$\omega_2' = \frac{I_1\omega_1 + (I_2 - I_1)\omega_2}{(I_1 + I_2)}$$

$$\omega_1' = \omega_2' \frac{I_1\omega_1 + I_2\omega_2}{I_1 + I_2}$$

Nazorat savollari:

1. Implmus momenti deb nimaga aytiladi?
2. Implmus momenti formulasini kelnirib chqaring.
3. Implmus momenti bilan kuch momenti orasidagi bog'labishni kelnirib 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. Савельев И. В. Умумий физика курси. 1 – том. Тошкент: Ўқитувчи, 1984. §30 (86-89 б.).
3. С.Э. Фриш, Тиморева А.И. Умумий физика курси. 1-том. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. § 34-37 (134-147 б.).
4. J.Walker. Fundamentals of Physics N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

6 -LABORATORIYA ISHI

AYLANAYOTGAN JISMGA TA'SIR QILUVCHI MARKAZDAN QOCHMA KUCHNI O'LCHASH QURILMASI VA UNI CASSY BILAN O'LCHASH

Ishning maqsadi Qattiq jismlarning aylanma harakatini, markazdan qochma kuchni o'rganish

Kerakli jihozlar

- CASSY-sensori
- CASSY Lab 2
- Taymerli adapter yoki S-Taymer
- Markazdan qochma kuch qurilmasi-S
- Ta'minlash manbai
- Shoxsimon yorug'lik datchigi
- Ko'p ozakli kabel, 6-o'zakli
- Tutgichli qisqich
- Sterjen asos-taglik V-simon, 20 sm
- Sterjen ustun, 10 sm
- Juft kabella, r50 sm, qizil va ko'k
- Windows XP/Vista/7/8 OT o'rnatilgan kompyuter

Qisqacha nazariya

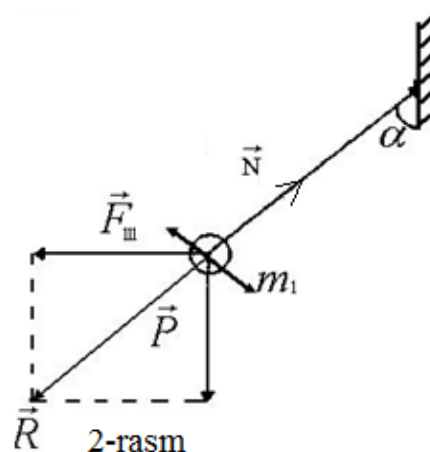
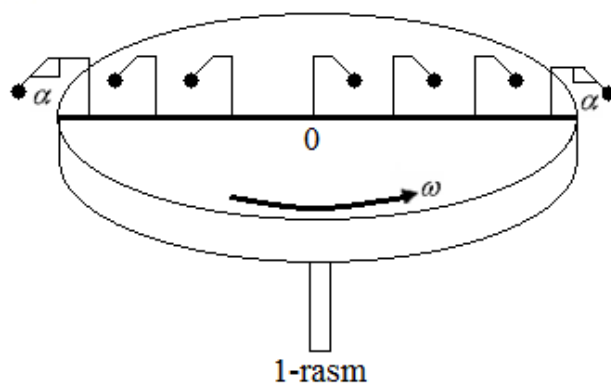
Aylanma harakat qilayotgan sistemadagi (tinch holatdagi) jismga ta'sir qiluvchi inertsia kuchlari.

Quyidagi tajribada mayatniklarning og'ish burchaklarini ko'raylik, R ortishi bilan α ham ortib boradi va $\omega = const$ bo'ladi. Hamma mayatniklar tinch holatda, diskka nisbatan, lekin Yerga nisbatan tekis aylanma harakat qilayotgan bo'lsin.

Markazdan qochma kuch

$$F_m = m\omega^2 R = \frac{mv^2}{R} \quad (1)$$

ga teng bo'lib *inertsia kuchini* ifodalaydi. Inertsia 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, $F_m \vec{P}$ 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 $\alpha \sim R$ teng bo'lar ekan.

Diskka nisbatan mayatniklarning α -burchakga og'gan holda ular tinch holatda qoladi. Shu holda tinch tursa, unga doimiy

$$F_i = m\vec{a}_i = m\omega^2 \vec{R} \quad (4)$$

Inertsia kuchi ta'sir qiladi. Lekin natijaviy kuch

$$F_i + \vec{P} + \vec{N} = 0 \quad (5)$$

teng ekan. Shuning uchun jism diskka nisbatan tinch harakatda bo'ldi.

Markazdan qochma kuch $F_m = ma_n = m\omega^2 R$ (6) dan tashqari unga aylana radius R ga perpendikulyar bo'lgan

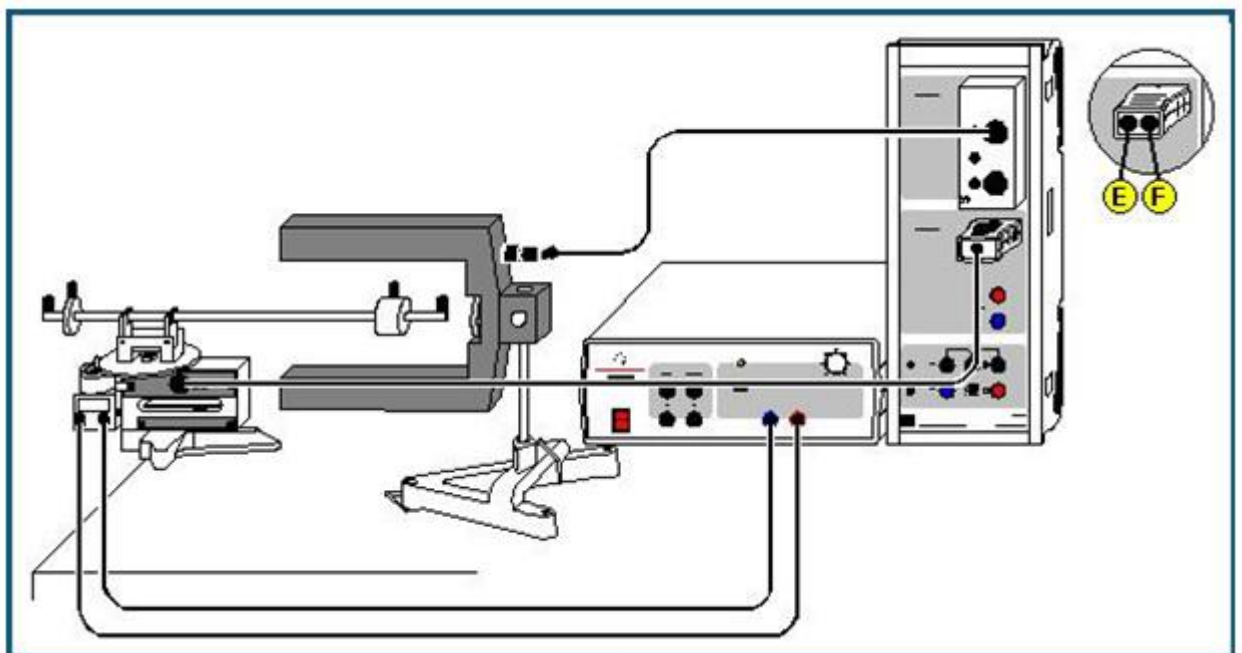
$$F = m2\omega v_0 \quad (7)$$

Koriolis kuchi ta'sir qiladi Bu kuch esa R ga perpendikulyar-burilish tezlanishi hosil qiladigan kuchdir va uning vector shakli quyidagicha yoziladi:

$$\vec{F}_k = 2m[\vec{\omega} \vec{v}_0]$$

Bu \vec{F}_k inertsia kuchidir va jismni deformatsiyalashga harakat qiladi.

Markazdan qochma kuch (markazdan qochma kuch qurilmasi)



1-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 qiluvchi 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 degormatsiya ko'effitsiyenti 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 imarkazdan qochma kuch muftasi bilan ishlatishdan oldin nol holati va kuchni ko'paytirish ko'effitsiyenti markazdan qochma kuch muftasi yo'riqnomasiga asosan o'rnatilishi lozim.

Tajriba qurilmasi (rasmga qarang)

Markazdan qochma kuch qurilmasini tutgichli qisqichlar bilan stolga mahkamlang. Yorug'lik datchigi sterjenli asos taglik bilan o'rnatilgan bo'lib shunday joylashtiriladiki aylanayotgan sterjen U-simon datchikli dastak orasidan bemalol o'ta olsin. Ammo U-simon oraliqdan m-massali jism o'tib yorug'likni to'sib qo'yimasligi zarur. Markazdan 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'lchngan kuch qiymati 15 N dan oshmasligi zarur.

Tajribaning borishi.

Parametrlani o'rnatish:

Aylanuvchi dastak tinch turganda ekrandagi kuchni 0 ga o'rnatish. Buning uchun markazdan qochma kuch qurilmasida [Settings Force FB1](#) tugmasini bosib $\rightarrow \mathbf{0} \leftarrow$ o'rnatish (sichqonchanning o'ng tugmasi bialn).

Kompensatsiyalovchi yuklarni qurilmaning qisqa dastagiga shunday o'rnatilgani, bunda o'lchangan F kuch yuksiz ammo xavfsizlik vintlari bilan o'tkazilgandagi kabi bo'lsin.

Past ω burchak tezligidan boshlang, o'lchangan kuch qiymatini qo'l tugmasi bilan jadvalga kiriting.

O'lchashni kattroq burchak tezligida davom ettiring.

Qator o'lchashlar o'tkazishda m massani o'zgartirib ($r = \text{o'zgarmas}$) va r ni o'zgartirib ($m = \text{o'zgarmas}$) hollarda o'lchashlar olib boring. Buning uchun **Measurement** → **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 ($\omega, r = \text{o'zgarmas}$) va F hamda r ($\omega, m = \text{constant}$) orasidagi orasidagi boshqa bog'lanishlarni aniqlamoqchi bo'lsangiz, F kuch o'zgarmas burchak tezligida 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 aniqlangan proporsionallik koeffitsiyentlar bilan tasdiqlanganni yaqqolloq ko'shish uchun

$F = F(m, \omega \text{ va } r = \text{const}), F = F(r, \omega \text{ va } m = \text{const}),$ hamda
 $F = F(\omega^2, r \text{ va } m) = \text{const},$ bog'lanishlarni millimetrli qog'ozga chizing, tahlil qiling va xulosalar qiling.

Nazorat savollari:

1. Inertsiya nima?
2. Inertsiyal sanoq sistemasi deb nimaga aytilidi?
3. Noinertsiyal sanoq sistemasi deb nimaga aytilidi?
4. Inertsiya kuchlarini tavsiflang.
5. Markazdan qochma kuch 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

1. Д.В. Сивухин. Умумий физика курси. Механика. Тошкент: «Ўқитувчи», 1981 й. §44-47 (231-248 б.) §64(339-349 б.)
2. С.П. Стрелков. Механика. Тошкент: «Ўқитувчи», 1979 й. §123 (79-85 б.) §45(156-175 б.)
3. И. В. Савельев. Умумий физика курси. 1 – том. Тошкент: Ўқитувчи, 1984. §31-33 (90-93 б.).
4. С.Э.Фриш, А.И. Тиморева. Умумий физика курси. 1-том. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. § 22-23 (75-87 б.).
5. J. Walker. Fundamentals of Physics. N.-Y. 2011. §6-2, 6-3, (103-140 p.).

7 - LABORATORIYA ISHI

GIROSKOP CHAYQALISHI - PRESSESIYASINI O'RGANISH,

Ishning maqsadi: Aylanma harakat dinamikasida asosan Girooskop harakatini o'rganish.

Kerakli jihozlar

CASSY datchigi
CASSY Lab 2
S aylanish harakati datchigi
S taymeri
Aks etgan yorug'lik bareri
Girooskop
Ikkilangan prujina qisqichi
Tarozi, har biri 50 g dan
Windows XP/Vista/7/8 bilan ShK

Nazariy qism

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 bo'ladi.

Girooskopning impuls momenti quyidagiga teng:

$$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega} \quad (1)$$

bu erda ω - girooskop aylanma 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

$$M = F \cdot d \cdot \sin a = mgd \cdot \sin a [\vec{d} \times \vec{F}] = m \cdot [\vec{d} \times \vec{g}] \quad (2)$$

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 quyidagiga teng:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

bu erda $dL = L \sin \alpha \cdot d\varphi$ (1-rasmga qarang), Bundan quyidagini olishimiz mumkin:

$$M = L \sin \alpha \frac{d\varphi}{dt} = L \cdot \sin \alpha \cdot \omega_p \quad (3)$$

Bu yerda $\omega_p = \frac{d\varphi}{dt}$ -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 chastotasi d og'irlik markazidan tayanch nuqtasigacha bo'lgan d masofaga to'g'ri proporsional va giroskop aylanish burchak tezligiga teskari proporsional bo'lib, giroskop shpindeli va og'ishi faraz qilinayotgan Z -o'q orasidagi α burchakka bog'liq emas (bu yerda og'ish uchun $\omega_p \ll \omega$, giroskop tez deb qaralgan).

4) ifodani tekshirish uchun ω_p ni d va ω funktsiyasi sifatida o'lchanadi. Bundan tashqari I inertsiya momenti va (4) ifodadagi ikkinchi omil $\frac{mg}{I}$ -

ω_p , $\omega = f(d)$ to'g'ri chiziq og'ishi burchak tangensi bilan solishtiriladi.

d krattalikni bevosita aniqlab bo'lmaydi, chunki giroskopning og'irlik markazi P ning vaziyati noma'lum. s o'lchanuvchi 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 spindeli 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 ustma-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 –uzunlikka 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.

Giroskop pretsessiyasi



shuningdek Pocket-CASSY yordamida ham bajarilishi mumkin

Prinsiplar

Eksperimentda f_p giroskop pretsessiyasi chastotasi F ta'sir qiluvchi kuch funksiyasi, ya'ni $M = F \cdot d$ aylanuvchan moment va f_D giroskop diski aylanishi chastotasi sifatida ko'riladi.

Quyidagi nisbat qo'llaniladi:

$$f_p = \frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{M}{J_s} \cdot \frac{1}{f_D}$$

Giroskop diskining inersiya momenti taxminan quyidagi vositasida beriladi:

$$J_s = \frac{m}{2} \cdot r^2$$

Eksperiment ta'rifi

Pretsessiya chastotasi (f_{B1} chastotasi)aylanma harakat datchiki yordamida bevosita o'lchanadi. Aylanish chastotasi aks etgan yorug'lik bareri vositasida


aniqlanadi. Bunga qadar giroskop diskining T_D aylanish harakati davri o‘lchanadi, va bundan $f_D = 1/T_D$ aylanish chastotasi hisoblab chiqiladi.

Eksperimentni sozlash (diagrammaga qarang)

- Ikkilangan prujina qisqichi yordamida giroskop diskining old qismiga taxminan 1 sm ga aks etgan yorug‘lik barerini mahkamlab qo‘ying. Ta‘minot kabelini shunaqa o‘tkazish kerakki, u giroskopga hech qanday xalaqit qilmasin, giroskop kamida bir marta erkin aylanishga qodir bo‘lsin.
- Aylanish harakati datchigini pastdan giroskop o‘qiga o‘rnating va uni taram kallakli vint yordamida mahkamlab qo‘ying.
- Muvozanatlashtiruvchi tarozi toshining joyini shunday o‘zgartiring-ki, giroskop balanslangan bo‘lsin, ya‘ni unga oldindan tashqi kuchlar ta‘sir qilmasin. So‘ng huddi muvozanatlashtiruvchi tarozi toshi turgan tomonga giroskop o‘qi uchiga yukni (50 g) osib qo‘ying.
- Giroskop oyoqli tekislovchi vintlar ustida aniq gorizontol to‘g‘rilangan bo‘lishi kerak.

Eksperimentni o‘tkazish

■ Sozlashlarni yuklang

- Aks etgan yorug‘lik barerining to‘g‘ri korrektirovkasini tekshiring.
- Giroskop diskini qo‘lda ishga tushiring. Aylanish chastotasi aks etadi (taxminan 1 Hz). Zarur bo‘lganda aks etgan yorug‘lik barerini sal surib qo‘ying.
- Aylanish harakat datchigining to‘g‘ri korrektirovasini tekshiring.
- Giroskopni uning vertikal o‘qi atrofida asta-sekin aylantiring, pretsessiya chastotasi (taxminan 0,5 Hz) uncha katta bo‘lmagan vaqtdan keyin aks etadi.
- Ingichka arqon yordamida giroskop diskining tez aylanishini ishga tushiring. Maksimal aylanish chastotasi taxminan 10 Hz tashkil qiladi.
- Giroskop pretsessiyalansin, va agar giroskop bir tekisda pretsessiyalanmasa, o‘lchovlarni  vositasida yeching.
- Pretsessiyalash harakati tebranish harakati bilan yopilishi kerak. Giroskopni pretsessiyalash tebranishsiz giroskopni ishga tushirganda yaxshiroq sodir bo‘ladi. Giroskopni boshlang‘ich holatiga qaytaring va aylanish chastotasini qisqartirish va o‘lchovlarni olish uchun takroran pretsessiyalashni ishga tushiring. Zarur bo‘lganda giroskop diski har qanday tarzda to‘xtatilishi mumkin.
- Ikkita osib qo‘yilgan yuklar (100 g) bilan eksperimentni takrorlang.

Baholash

Diagrammada f_p pretsessiyalash chastotasi f_D aylanish chastotasiga bog‘liqligi

giperbola ko‘rinishda yoki diagrammada aks etgan, bu yerda f_P to‘g‘ri chiziq - $1/f_D$ ga bog‘liq, ya‘ni $f_P \propto 1/f_D$. To‘g‘ri chiziq gradiyenti mutanosiblik koeffitsiyenti hisoblanadi

$$\frac{m_2 \cdot g \cdot d}{4\pi^2 \cdot J_S}$$

masalan, bitta yuk bilan - 0,45, ikkita yuk bilan - 0,91.

Baholangan inersiya momenti bilan (bir xil yoki bir joyga to‘plangan massaning soddalashtiruvchi yo‘l qo‘yish bilan)

$$J_S = \frac{1}{2} m \cdot r^2 \approx 0.010 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \text{ (} m = 1.54 \text{ kg, } r = 11.5 \text{ sm bo‘lganda)}$$

natijalar, bitta yuk bilan ($m_2 = 50 \text{ g}$), mutanosiblik koeffitsiyentida 0,43 yoki ikkita yuk bilan ($m_2 = 0.1 \text{ kg}$) - 0,86.

Nazorat savollari:

1. Implmus momenti deb nimaga aytiladi?
2. Implmus momenti formulasini kelnirib 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 xhiqaring va uni tavsiflang.
12. Girosko‘pik kuchlar nima uchun vujudga keledi?
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. 1 – том Тошкент: Ўқитувчи, 1984. §37-41 (107-137 б.).
4. С.Э. Фриш., А.И. Тиморева. Умумий физика курси. 1-том. Тошкент: Ўқитувчи, 1981. § 34-39 (134-155 б.).
5. J.Walker. Fundamentals of Physics.N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

8 - LABORATORIYA ISHI

TORNING TEBRANISH CHASTORASINING TOR UZUNLIGIGA VA TARANGLIGIGA BOG'LIQLIGINI ANIQLASH.

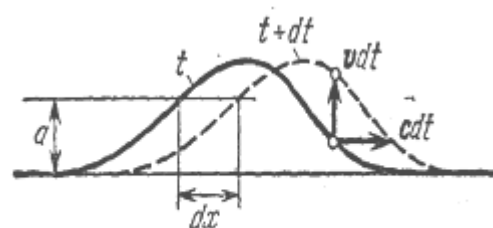
Ishning maqsadi: torning tebranish chastorasining tor uzunligiga va tarangligiga bog'liqligini tajriba yordamida organish

Kerakli jihozlar

1. CASSY Sensori
2. CASSY Lab 2 daftari
3. Taymer adapteri yoki Taymer S (sekundamer)
4. Shoxsimon yorug'lik qayd qiluvchi
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

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 hodisa suyuqliklarda ham, qattiq jismlarda ham ro'y beradi.



1-rasm

Shu tebranishning muhitda vaqt bo'yicha tarqalish jarayoniga **to'lqin** deyiladi.

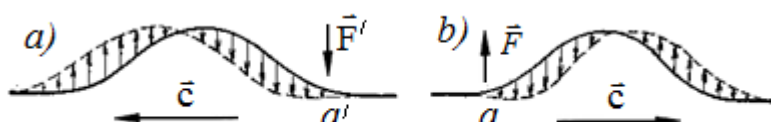
Agar to'lqin yo'lida to'siq bo'lmasa, u barcha yo'nalishlarda bir xilda tarqaladi.

Ixtiyoriy bir vaqt momentida tebranishlar shu muhitni biror (yuzasiga) sirtiga bir vaqtda yetib boradi. Bu yuza **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'liqin tarqalishi yo'nalishi bo'lsa bunday to'liqin **bo'ylama** to'liqin deyiladi. Agar muhitning zarrachalarini tebranish yo'nalishi to'liqin tarqalishi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lsa, bunday to'liqin **ko'ndalang** to'liqin deyiladi. Rubob va boshqa torli asboblarning torini tebranishi ko'ndalang to'liqinga misol bo'la oladi.

Torning tebranishi shu tor bo'ylab tarqalishi oddiy to'liqinga 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'liqin tarqaladi. Agar torning 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'liqin tezligi $c = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ formula bilan aniqlanadi. Tarqalish vaqtida to'liqin

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 torning tebranish ko'rinishini tahlil qilaylik.

Bu shakldan to'liqin 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 torning elastiklik koeffitsientiga bog'liq va $F_e \sim T$.

Agar berilgan vaqt momentida tor nuqtalarini harakati malum bo'lsa, unda to'liqin tarqalish yo'nalishini qo'yidagicha rasmdan aniqlash mumkin:

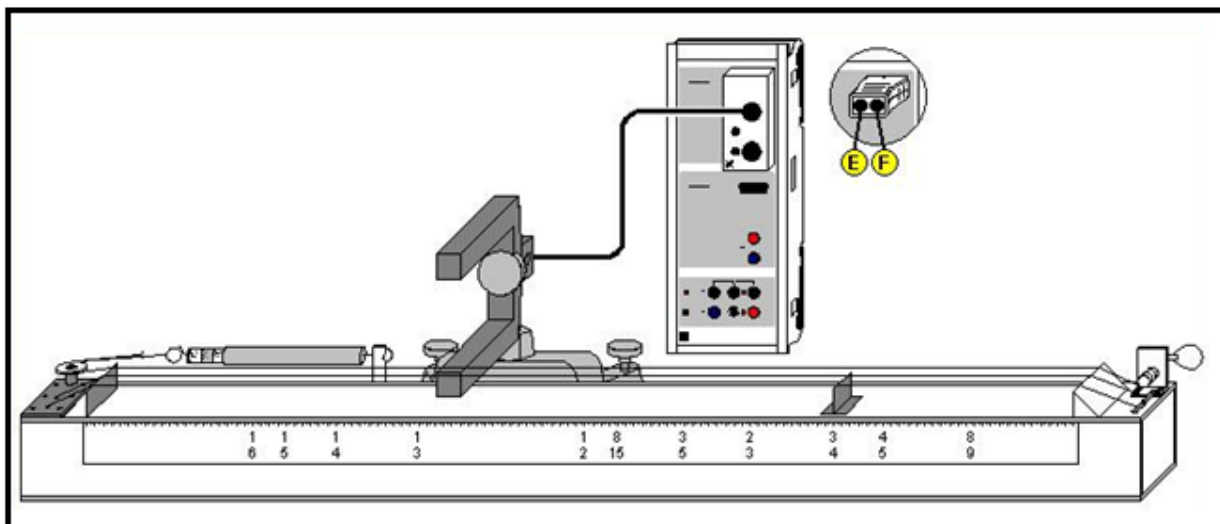
Tebranishning tarqalish tezligi $c = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ va shuning uchun:

a) tarqalish tezligi c torning 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'liqin tarqalish tezligi kichikdir.

Birligi SI da $[c] = \frac{[T]^{1/2}}{[\rho]^{1/2}}$; SGS da $[c] = \frac{m}{s}$ $[c] = \frac{sm}{s}$



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 yarm to'liqin uzunligiga teng: $L = \lambda/2$. Shu sababli torning asosiy toni chastotasi quyidagicha aniqlanadi:

$$f = c/(2L)$$

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'lchanadi. Tebranish davri T ni o'lchash uchun CASSY 2 dan yuqori aniqlikdagi sekundomer sifatida foydalaniladi. $f^2 = f(F)$ va $f = f(\lambda/2)$ bog'lanishlar tekshirib ko'riladi.

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 A ga 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 yuqorirjda 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 nurni 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'lchanib, 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'rnting.


Jadvalga dinomometr ko'rsatgan F taranglik kuchining o'lchangan 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'rnting.

Torni ohista chertib tebrantiring (tor tebranishi mobaynida yo'rug'lik diodi yonishi kerak), va shu zahoti (2-3 sekund ichida) ekrandagi o'lchangan qiymatlarni jadvalga kiriting ( yoki F9 tugmachasini bosib).

b) Tor uzunligini o'zgartirish:

1. Taglikni surib tor uzunligini keragicha o'rnting.
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'rnting.

Torni ohista chertib tebrantiring (tor tebranishi mobaynida yo'rug'lik diodi yonishi kerak), va shu zahoti (2-3 sekund ichida) ekrandagi o'lchangan qiymatlarni jadvalga kiriting ( yoki F9 tugmachasini bosib).

Baholash

a) Taranglik kuchini o'zgartirish:

O'lchashlar davom etayotgan paytda $T(F)$ va $f(F)$ bog'lanishlar yuzaga keladi. Oldindan tayyolangan "Evaluation zastavkasida" dasturi oynasida f^2 tebranish chastotasi kvadrati F taranglik kuchining funksiyasi sifatida paydo bo'ladi. Chastota kvadrati va kuch orasidagi $f^2 = \Psi(F)$ 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 f^2 tebranish chastotasi kvadrati $1/L$ uzunlikka teskari proporsional funksiya sifatida paydo bo'ladi. Chastota kvadrati va kuch orasidagi $f^2 = \Psi(1/L)$ 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 harayonini 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'lqin 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. 9-LABORATORIYA ISHI

“MAKSVELL MAYATNIGI” LABORATORIYA QURILMASIDA ENERGIYA SAQLANISH QONUNINI O’RGANISH.

ishning maqsadi: Energiya saqlanishi qonuniga kirish, G Potensial energiyaning kinetik va aylanma harakat energiyasiga aylanishida energiya miqdorini o'lchash Maksvel diski inertsia momentini aniqlash

Kerakli jihozlar

1. Maksvell disklari
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 mexanizmlı 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

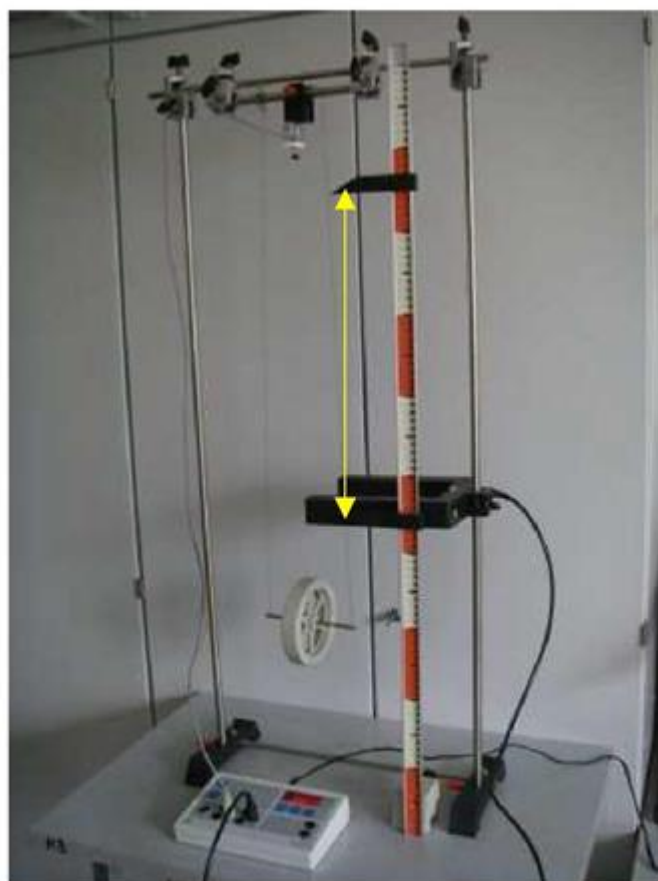
Qisqacha nazariya

Mexanik energiyaning saqlanish qonunini namoyish qilish uchun Maksvel diskidan foydalaniladi. Agar disk qo'lda yuqoriga ko'tarilsa va pastga tusha boshlasa kinetik energiya potensial energiyaga va aksincha potensial energiya kinetik energiyaga aylanadi (energiyaning o'zgarish va aylanish qonuni) .

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 inertsia momenti, h -ko'tarilish



1-rasm. Maksvell disklari yordamida energiya saqlanishi qonunini tekshirish uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi.

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: $mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$ (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 inertiya momentini aniqlash mumkin: $I = mr^2 \left(\frac{2gh}{v^2} - 1 \right)$ (5)

bunda $m = 450$ g, $r = 3$ mm va $g = 9.81$ m/s².

Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasini 1-rasmga asosan yig'ing. Dastlab yo'rug'lik to'silishi sezuvchi datchikli ramka o'rnatiladigan po'lat ustunlarni yig'ing. Keyin Maksvel diskli sterjenni shunday o'rningingki 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.

Shkalali o'lchagichni U-simon tutgichga o'rninging. Shkala ko'rsatkichi yuqoridan disk o'qinining eng yuqori holatiga to'g'rilangan bo'lsin. Bunday holati tajriba davomida o'zgarmasligi kerak. Eng quyi ko'rsatkichi esa yorug'lik nurini to'sish nuqtasi o'rni bilan barobar bo'lsin.

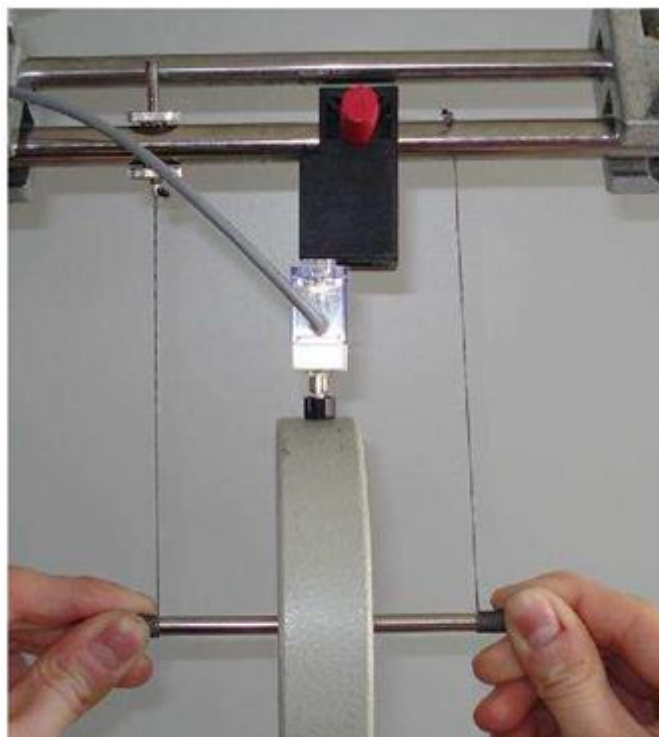
b) Yorug'lik datchigi yaqinidagi v tezlikni aniqlash:

– Yorug'lik datchigini elektron sanagichning E portiga ulang;

– t_E rejimini tanlang;

– Diskni yuqqori nuqtasiga kalit tugmasini bosguncha ko'taring (2-rasm).

Tajribaning borishi:



2-rasm. Diskning boshlang'ich holati

–Tajribada disk boshlang'ich holatdan yorug'liq 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 ualang.

$t_{E \rightarrow F}$ rejimini tanlang;

–Diskni yuqqori 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.

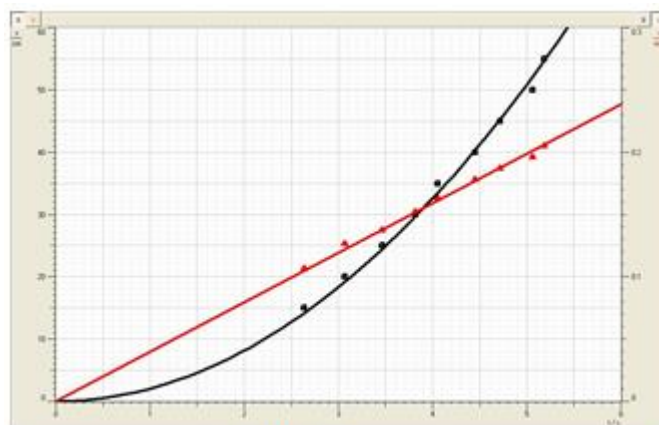
3-rasmda 1-jadvalda keltilgan o'lchash natijalari grafik tarzda keltirilgan. E'tibor qilingki, X-o'qidagi o'lchangan vaqt qiymatlari masofa va telikka ham tegishlidir.

Ntzlikning 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 inertiya momentini aniqlash

h va v ning o'lchangan qiymatlarini (5) tenglamaga qo'yib har bir o'lchangan qiymatlar uchun I inertiya momentini aniqlang va 2-jadvalga yozing.



3-rasm

2-jadval

No	$\frac{h}{sm}$	$\frac{v}{m/s}$	$\frac{I}{10^{-3} kg \cdot m^2}$
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 inertiya momenti qiymatidan foydalanib biz potensial E_p va E_k energiyani aylanma harakat energiyasi E_{ayl} va o'zgarish energiyasi $E_{o'z}$ E ni hisoblab, natijalarni 3-jadval uozamiz.

4-rasmda potensial energiya va kinetik energiyaning o'zgarishi keltirilgan. Ular doimo bir xil qiymatga ega bo'ladilar.

Ilgarilanma harakat energiyasi qiymati juda kichik bo'lgani uchun, xulosa qilishimiz mumkinki potensial energiyaning katta qismi aylanma harakat energiyasiga aylanadi.

3-jadval

N _o	t, s	E_{pot}, J	E_{kin}, J	$E_{aylanish}, J$	$E_{o'z}, J$
1					
2					
3					
...					

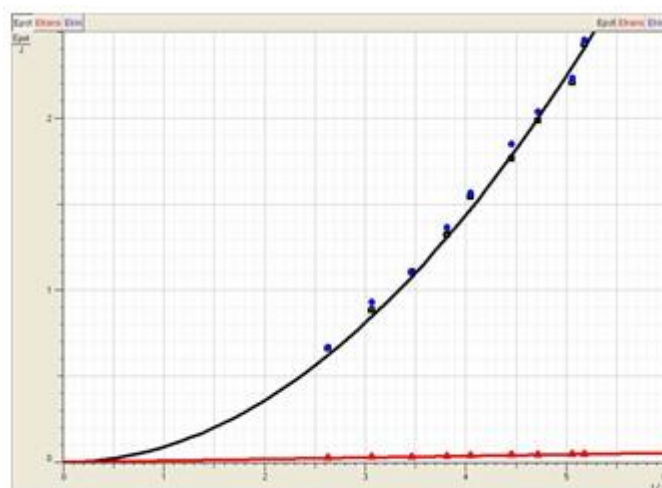
4-rasm. Potensial (qora to'rtburchak), kinetik (ko'k doira) va aylangan enrgiya (qizil uchburchak) nuqtalar bilan belgilab, namenoviy shakldagi grafiklarni millimetrli qog'ozga chizing.

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.



4-rasm

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 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, - 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.).

10 -LABORATORIYA ISHI

HAVODAGI TOVUSH TEZLIGINING TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: havodagi tovush tezligining temperaturaga bog'liqligini laboratoriya sharoitida o'rganish

Kerakli jihozlar

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 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

Qisqacha nazariya.

Tovush va uning tabiati. Elastik muhitda tarqalayotgan to'lqinlarning chastotasi 20 Hz dan (bazi adabiyotlarda 16 yoki 17 Hz) 20000 Hz gacha bo'lsa, bunday mexanik to'lqinlarni inson eshitish organi sezadi. Bunday to'lqinlar-tovush to'lqinlari yoki tovush deb ataladi. Chastotasi 20 Hz dan kichik bo'lgan to'lqinlar infra tovush deb ataladi va buni inson sezmaydi.

Chastotasi 1 Hz dan 10^{13} Hz gacha bo'lgan to'lqinlarni xususiyatini o'rganadigan fizikaning bo'limiga akustika deyiladi.

Tovush ham mexanik bo'ylama to'lqin 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, p - (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 quyidagicha yozamiz: $c = \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}}$

Buyerda $R = 8.31 J / mol \cdot K$ –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

$c_k = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$ 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 uchunyer qimirlashini ikki marta sezamiz, chunkiyer qimirlash markazidan biz turgan joyga bo'ylama to'lqin avvalroq, ko'ndalang to'lqin esa keyinroqyetib 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 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. $P_0 = \rho\omega Ac$ – tovush bosimi amplitudasi deb yuritiladi.

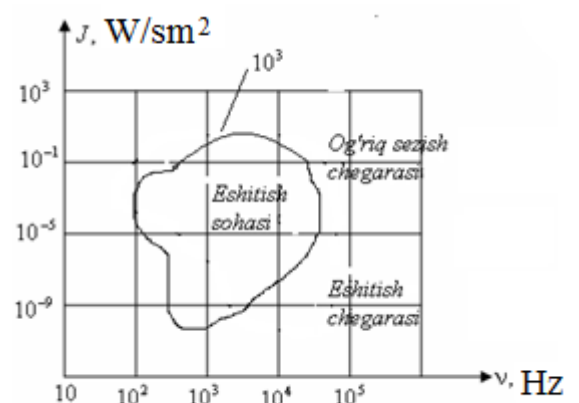
Tovush tarqalayotganda o'z yo'nalishida enegiya olib o'tadi va bu kattalik ko'pincha tovush intensivligi kattaligi bilan xarakterlanadi. Tovush tarqalish yo'nalishiga tik bo'lgan yuza birligidan o'tuvchi energiya oqimiga tovush intensivligi deyiladi va $I = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A^2 \cdot \omega^2 \cdot c$ formula bilan ifodalanadi.

$p_0 = \rho \cdot \omega \cdot A \cdot c$ 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.



1-rasm

Tovush muhitda tarqalganda uning energiyasi muhit tomonidan yutiladi. Demak, uning amplitudasi intensivlik to'liqin tarqalish yo'nalishi masofasi bo'yicha kamayib boradi, ya'ni $A = A_0 e^{-\beta r}$ yoki $I = I_0 e^{-2\beta r}$. Buyerda 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.

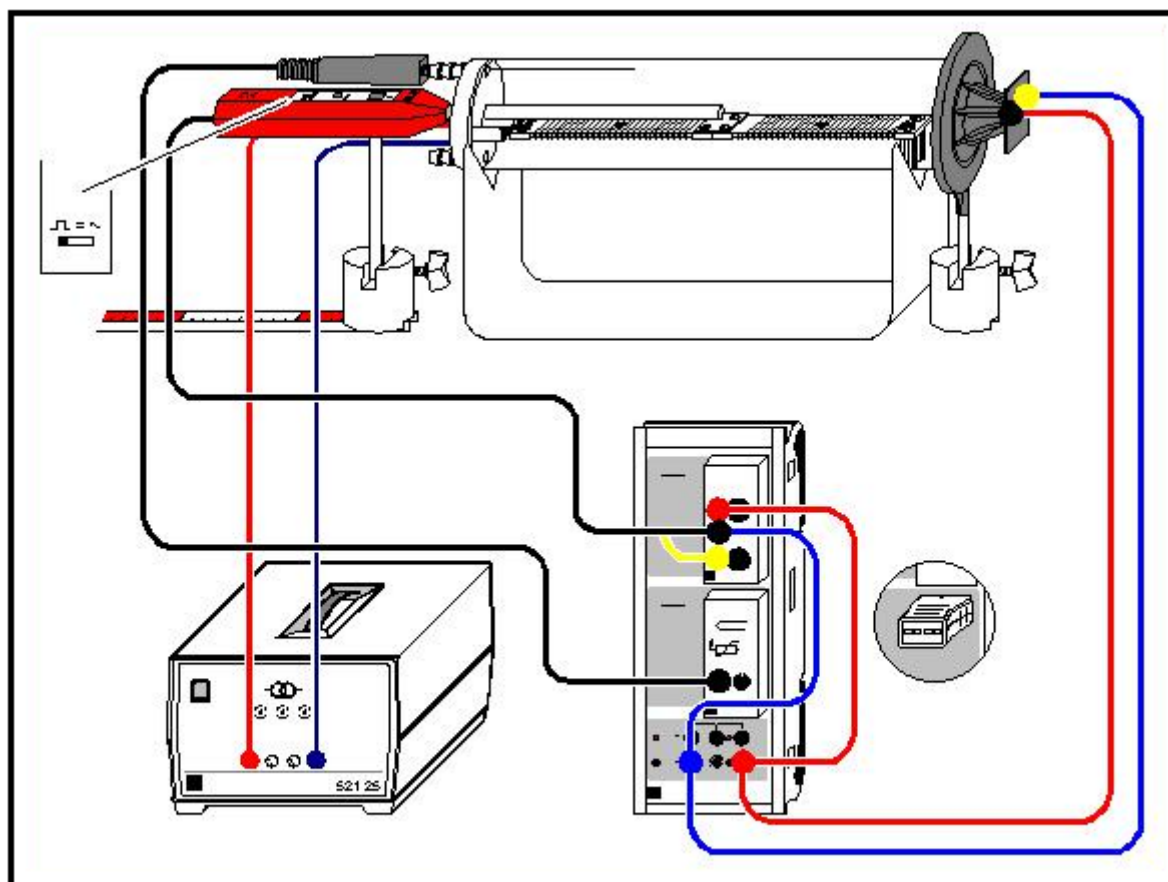
Enli tovush parametrlari bilan tanishamiz;

Tovushning balandligi tovush tebranishining chastotasi bilan harakterlandi. Chastotasi qancha katta bo'lsa, shuncha ovoz baland hisoblanadi.

Tovushning qattiqligi-tovush kuchini harakterlaydi va uning intensivligi bilan harakterlanadi. 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 logarifmlik 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:

$$L = 2k \lg \frac{p}{p_0} \text{ yoki } L = k \lg \frac{I}{I_0}$$

Buyerda $p = \sqrt{\rho v} - \nu$ 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 Tavsifnoma CASSY Lab 2 tomonidan 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 impulsi "titrovchi" membranali karnayga arrasimon kuchlanish berib hosil qilinadi. Bunda zarb natijasida havoda zarb to'lqini hosil bo'ladi. Tovush impulsi mikrofon yordamida karnaydan malum masofada qabul qilinadi.

c-tovush tezligini aniqlash uchun biz, tovush impulsining karnayda hosil bolishi va mikrofondan 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'zgarmas saqlanadi (atrof muhitning amaldagi bosimi ga teng). T temperatura ortishi bilan ρ havo zichligi kamayadi va tovush tezligi ortadi.

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 harakatlenganda 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 manбайдan 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 orqali o'lchashlarni bir necha marta takrorlang. Siljiydigan kontaktga ega bo'lgan mikrofon butun yo'l davomida plastik quvur ichida bo'lib, metall relsdagi shkala bo'yicha masofa o'zgarishlarni qayd qilish boring (Δs).

🔊 orqali o'lchashlarni bir necha marta va o'lchash 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'rning Alohida va o'lchash 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) $s = c \cdot \Delta t$ 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:

$$c = (331.3 + 0.6 \cdot t^0 / ^\circ C) m / c.$$

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.
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, Exoloskop.
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.).

11 - LABARATORIYA ISHI

MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA ERKIN TUSHISH TEZLANISHINI ANIQLASH

Ishning maqsadi :

- Mayatnik tebranish davrining mayatnik ipi uzunligiga bog'liqligini aniqlash.
- Mayatnik tebranish davrining mayatnik og'ish burchagiga bog'liqligini aniqlash.
- Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash.

Kerakli jihozlar

1 Osmaga osilgan sharli mayatnik

1 Po'lat o'lchash lentasi, 2 m

1 Stopli soat

Nazariy qism

Tebranish (va to'lqin) tabiatda va texnikada ko'p kuzatiladigan va yaxshi ma'lum bo'lgan hodisadir. Bu hodisani ham nazariy ham amaliy o'rganish fizikaning fundamental asoslarini tushunish va o'rganishda juda muhim hisoblanadi. Shuningdek bu tajribalar nazariy va amaliy fizika orasidagi bog'liqlikni elementar darajada tushunishga imkon beradi. Matematik mayatnik tajribasi mexanik tebranishni modelini vaqt va uzunlikni o'lchash bilan tavsiflovchi ko'plab turli tajribalar orasida eng mashhuri hisoblanadi. Boshqa mexanik tebranishlar modelini tadqiq qilish uchun quyidagilarga murojat qiling: fizik mayatnik (ya'ni teskari mayatnik: P1.5.1.2 to P1.5.1.6), prujinali mayatnik (P1.5.2.1 yoki S-laserli harakat sensori bilan CASSY tajribalari: PCP1.5.1 dan PCP1.5.5 gacha) va aylanma tebranish (P1.5.3.1 dan P1.5.3.4 gacha) bularning bari o'rganilishi zarur bo'lgan tebranishlarning asosiy turlaridir (erkin, majburiy va vaotik tebranishlar titrash tebranishi bilan birga).

Matematik mayatnik deb, og'irligi va cho'zilishi hisobga olinmaydigan ipga osilgan material nuqtaga aytiladi. Mayatnikning tebranish davri deb, bir to'la tebranish uchun ketgan vaqtga aytiladi.

Massasi m bo'lgan mayatnikni biror burchakka og'diraylik. Mayatnikni muvozanat vaziyatiga qarab harakatalanuvchi kuch, og'irlik kuchining ipga bo'lgan tashkil etuvchisidir. Og'ish burchagi φ kichik bo'lganda bu tashkil etuvchi son jihatdan taqriban $P\varphi$ -ga teng va muvozanat vaziyatga tomon yo'nalgan bo'ladi. Buning uchun

$$\frac{P\tau}{P} = \sin \varphi = \varphi$$

Tenglik o'rinli bo'ladi. Bundan

$$P\tau + P\varphi = -mg\varphi$$

Bunda g -og'irlik kuchining tezlanishi. Minus ishora $P\varphi$ kuchning musbat φ burchakni o'lchash tomonga teskari yo'nalganligini ko'rsatadi. YUkning traektoriyasiga urinma bo'lgan tezlanish

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt} = \frac{d(wl)}{dt} = 6l = \varphi l \quad (2)$$

Nyutonning ikkinchi qonunga ko'ra (1) va (2) dan

$$ma_{\tau} = P_{\tau}$$

va

$$m\ddot{\varphi}l = P_{\tau}$$

Bulardan yoki

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{l} \varphi = 0 \quad (3)$$

(3) dagi

$$w^2 = \frac{g}{l} \quad (4)$$

bilan belgilaymiz. Ikkinchi tomondan

$$w = \frac{2\pi}{T}$$

yoki

$$w = \frac{4\pi^2}{T^2} \quad (5)$$

(4) va (5) ni tenglashtiramiz.

$$\frac{g}{l} = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (6)$$

(6) formula yordamida matematik mayatnikning tebranish davri tajribada aniqlanadi. (6) dan

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \quad (7)$$

(7) formuladan Er tortish kuchining tezlanishni aniqlash mumkin.

Qurilma

Birinchidab, osma mayatnikning ilgagi shiftning bo'rtik joyiga yoki mos joyiga maxsus moslama bilan biriktirish zarur bo'ladi. Osmali mayatnikni og'ish burchagini aniqlash qilinadi. Po'lat simning bir uchi ilgakli burama mixga ilinadi, bog'langan. Ikkinchi uchi esa sim uzunligi o'lchangandan keyin halqaga mahkamlanadi. Shiftda parma bilan o'rin oching va ilgakni o'rnating. Po'lat sim o'rniga leskadan foydalanish ham mumkin(30948).

Texnika xavfsizligi

Og'ish burchagini katta olish sharchaning katta amplitudada tebranishiga sababchi bo'ladi va buning natijasida sharchadan atrofdagilar zararlanishi mumkin.

Tajribaning borishi

a) Tebranish davrini og'ish burchagi funksiyasi sifatida

aniqlash

- Mayatnik uzunligini 1.0 metrdan uzunroq qilib tanlang.
- Bir nechta burchaklar uchun 10 davrni olchang.

Og'ish burchagini ϕ ni aniqlash uchun mayatnik tagiga x ni aniq o'lchash uchun metall o'lchagich o'rnatilgan (1-rasmga qarang). Og'ish burchagi quyida berilgan trigonometrik tenglamadan aniqlanadi:

$$\Phi = \arcsin x/l$$

b) Tebranish davrining uzunlikka bog'liqligini aniqlash

- Mayatnik uzunligini 1.0 metrdan uzunroq qilib tanlang.
- O'lchash xatoligini kaamaaytirish uchun 10 tebranish davrini o'lchang
- Mayatnik uzunligi L ni o'lchang.
- tajribani mayatnikning uzunligini oz'gartirib takrorlang. Mayatnik uzunligini 0.8 m dan 2.0 m gacha oraliqda tanlash tavsiya qilinadi.

O'lchash namunasi

a) Tebranish davrining o'g'ish burchagiga bog'liqligini aniqlash.

1-Jadval. Mayatnik uzunligi $L=2.05$ m bo'lganda T tebranish davrining (o'lchashda tebranishlar soni 10 dan ko'proq) og'ish masofasi (amplitudasi) va burchagiga bog'liqligi. Og'ish burchagi (ϕ) tenglama asosida aniqlanadi

x/m	ϕ /deg	T/s

b) Tebranish davrining uzunlikka bog'liqligini o'lchash

2-jadval. Tebranish davri T (o'lchash 10 tebranishda) L uzunlik funksiyasi sifatida (kichik og'ish burchaklarida).

L/m	T/s

Qo'shimcha ma'lumot

Matematik mayatnik tebranish davrini aniqlash bo'yicha tadqiqotlarni birinchi bo'lib Galiley olib borgan bo'lib, u tebranish davrining mayatnik massasiga bog'liq emasligini aniqladi. Buni (II) va (V) tenglamalar tasdiqlaydi. Matematik mayatnik tebranish davrining massaga bogliq emasligini ko'rsatadi.

Nazorat savollari:

1. Matematik mayatnik deb nimaga aytiladi
2. Matematik mayatnik bilan fizik mayatnikni farqini tushuntirib bering
3. Matematik mayatnik uchun tebranish davrini keltirib chiqarib bering
4. Matematik mayatnik uchun erkin tushishi tezlanishini keltirib chiqaring
5. Erkin tushish tezlanishi nimalarga bog'liq

Adabiyotlar:

6. 1. Д.В. Сивухин. Умумий физика курси. Механика. Тошкент: «Ўқитувчи», 1981, 1-т. § 85 (431-433 б.)
7. 2. С.П. Стрелков. Механика, «Ўқитувчи». Тошкент: 1977. §137-140. (481-498 б.).
8. 3. И. В. Савельев. Умумий физика курси. 1 – том. Тошкент: Ўқитувчи, 1984. §30 (86-89 б.).
9. 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.).
- 10.5. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. М.: Наука, 1971. § 41, §153-155 (676-688 с.), § 163-170 (721-746 с.).
- 11.6. J.Walker. Fundamentals of Physics N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

Ma'lumotnoma jadvari

Grek va lotin alfavtlari1

1-jadval

Grek alfaviti	Lotin alfaviti	Grek alfaviti	Lotin alfaviti
A α - alfa	A a - a	Ν ν - ni	M m - em
B β - beta	B b - be	Ξ ξ - ksi	N n - en
Γ γ - gamma	C c - tse	Ο ο - 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)	Τ 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 κ - 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	Τ	T
giga	10 ⁹	Γ	G
mega	10 ⁶	Μ	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	м	m
mikro	10 ⁻⁶	МК	μ
nano	10 ⁻⁹	н	n
piko	10 ⁻¹²	п	p
femto	10 ⁻¹⁵	φ	f
atto	10 ⁻¹⁸	а	a

HB tizimidagi bir qator tizimdan tashqari birliklar

3-jadval

Uzunlik va yuza birliklari

1 angstrem (\AA) = 10^{-10}m	1 dyuym = $2,54 \cdot 10^{-2}\text{m}$
1 iks-birlik(X) = 10^{-13}m	1 fermi = 10^{-15}m
1 astronomik birlik (a.b) = $1,49 \cdot 10^{11}\text{m}$	1 mil = $1,61 \cdot 10^3\text{m}$
1 yorug'lik yili (yor. yil) = = $9,46 \cdot 10^{15}\text{m}$	1 dengiz mili = $1,85 \cdot 10^3\text{m}$
	1 gektar (ga) = 10^4m^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. = $1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg}$
1 karat (kar) = $2 \cdot 10^{-4}\text{kg}$	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 = $1,60 \cdot 10^{-19}\text{J}$
1 kgk•m = 9,81 J	1 vatt-soat (W•s) = $3,6 \cdot 10^3\text{J}$
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 = $1,01 \cdot 10^5\text{Pa}$
1 kgk/m ² = 9,81 Pa	1 mm.sim.ust. = 133.3 Pa
1 at = 1 kgk/sm ² = $9,81 \cdot 10^4\text{Pa}$	

Universal fizik konstantalar

Er radiusi R	6,37·10 ⁶ m
Er massasi M_3	5,87·10 ²⁴ kg
Yorug'likning vakummdagi tezligi c	2,99792·10 ⁸ m/s
Gravitatsion doimiy γ	6,672·10 ⁻¹¹ N·m ² /kg ²
Og'irlik kuchi tezlanishii g	9,807 m/s ²
Ideal gazning molyar hajmi	
V_μ ($T_0 = 273,15\text{K}$, $p_0 = 1,01 \cdot 10^5\text{Pa}$)	22,4138 l/mol
Universal gaz doimiysi R	8,314 J/(K·mol)
Loshmidt soni n_0	$2,69 \cdot 10^{25}\text{m}^{-3}$
Avogadro doimiysi N_A	$6,02204 \cdot 10^{23}\text{mol}^{-1}$
Boltsman doimiysi k	$1,38066 \cdot 10^{-23}\text{J/K}$
Protonning tinchlikdagi massasi m_p	$1,67265 \cdot 10^{-27}\text{kg}$
Elektronning tinchlikdagi massasi m_e	$9,10953 \cdot 10^{-31}\text{kg}$
Neytronning tinchlikdagi massasi m_n	$1,67495 \cdot 10^{-27}\text{kg}$

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 ·kg
Tezlik	metr taqsim sekund	m/s	m·s ⁻¹
Tezlanish	metr taqsim sekundning kvadrati	m/s ²	m·s ⁻²
Kuch	nyuton	N	m·kg·s ⁻²
Bosim	paskal	Pa	m ⁻¹ ·kg·s ⁻²
Ish			
Energiya			
Issiqlik miqdori	Joul	J	m ² ·kg·s ⁻²
Quvvat	vatt	W	m ² ·kg·s ⁻³
Elektr miqdori			
Elektr zaryadi	kulon	C	s·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 millimikron (nanometr) angstrem pikometr iks - edinitsa (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

6-jadval

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 tsentner tonna texnik massa birligi (t.m.b.) atom massa birligi (a.m.b.) dina	1 mg = 10^{-6} kg 1 ts = 100 kg 1 t = 1000 kg 1 t.m.b. = 9,8 kg 1 a.m.b. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg
Kuch	kilogramm – kuch	1 kgk = 9,8 N
Bosim	fizik atmosfera texnik atmosfera mm.sim.ust. din/sm ² kgk/m ²	1 atm = $1,01 \cdot 10^5$ Pa 1 at = $9,8 \cdot 10^4$ Pa 1 mm.rt.st. = 133 Pa 1 din/sm ² = 0,1 Pa 1 kgs/m ² = 9,8 Pa
Ish, energiya	kilogramm – metr erg elektronvolt vatt – soat kilovatt-soat kaloriya kilokaloriya	1 kgkm = 9,8 J 1 erg = 10^{-7} J 1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J 1 W·s = $3,6 \cdot 10^3$ J 1 kW·s = $3,6 \cdot 10^6$ J 1 kal = 4,19 J 1 kkal = $4,19 \cdot 10^3$ J
Issiqlik	erg taqsim sekund kilogramm-metr taqsim sekund	1 erg/s = 10^{-7} W 1 kgm/s = 9,8 W
Quvvat	ot kuchi	1 ot kuchi = 736 W

--	--	--

O'lchov birliklarning belgilanishi

7-jadval

Birlik	Belgilanishi	Birlik	Belgilanishi	Birlik	Belgilanishi
Angstrom	Å	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	e	Soat	s
Gramm	gr, G	birligi			
(kuch)	gr, G	Metr	m		
Dina	din	Minut	min		
		Nit	nt		
		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	$\overset{+}{2}\alpha$	3,2	6,6446
Neytron	$\overset{0}{1}n$	0	1,6748
Pozitron	$\overset{+}{1}e$	1,6	0,000911
Proton	$\overset{+}{1}e$	1,6	1,6724

Elektron	0_1P 0_1e	-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	${}^{11}_5B$	18,2767
3_1He	3,3436	${}^{14}_7N$	23,2461
4_2He	6,6446	${}^{16}_8O$	26,5527
7_3Li	9,9855	${}^{20}_8O$	28,2202
9_3Li	11,6475	${}^{20}_{10}Ne$	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 parametrlari

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	$T_{o'q}$	$v_0, \frac{km}{s}$	$v, \frac{km}{s}$
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

$H, 10^7 km$	$v_1, \frac{km}{s}$	$v_2, \frac{km}{s}$	$H, 10^7 km$	$v_1, \frac{km}{s}$	$v_2, \frac{km}{s}$	$H, 10^7 km$	$v_1, \frac{km}{s}$	$v_2, \frac{km}{s}$

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 xarakteristikalarini

Quyoshdan uzoqlik D , R planetalarning ekvatorial radiusi, ρ planetalar moddasining zichligi, g planetalar sirtidagi erkin tushish tezlanishi, M planetalar massalari

16-jadval

Osmon jismlari	$D, 10^{10} m$	$R, 10^6 m$	$\rho, 10^3 \frac{m}{m^3}$	$g, \frac{m}{s^2}$	$M, 10^{24} kg$
Quyosh	-	696	1,41	274	$1,99 \cdot 10^{30}$
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 kuchlanganligi va erkin tushish tezlanishi

17-jadval

Kenglik	$g, \frac{m}{s^2}$	Kenglik	$g, \frac{m}{s^2}$
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 Poasson koeffitsienti
 ρ -zichlik, E - Yung moduli, C -siljish moduli, ν - Poasson koeffitsienti

18-jadval

Materiallar	$\rho, 10^3 \frac{kg}{m^3}$	$E, 10^7 Pa$	$C, 10^7 Pa$	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	$(1,5-5) \cdot 10^7$	$(5-15) \cdot 10^7$	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

$t, ^\circ S$	$\rho, 10^3 \frac{kg}{m^3}$	$t, ^\circ S$	$\rho, 10^3 \frac{kg}{m^3}$	$t, ^\circ S$	$\rho, 10^3 \frac{kg}{m^3}$	$t, ^\circ S$	$\rho, 10^3 \frac{kg}{m^3}$
---------------	-----------------------------	---------------	-----------------------------	---------------	-----------------------------	---------------	-----------------------------

a) Suvning zichligi

-10	0,99815	6	0,99997	50	0,98807	250	0,794
-5	0,99930	7	0,99993	60	0,98824	300	0,710
0	0,99987	8	0,99988	70	0,97781	350	0,574
1	0,99993	9	0,99981	80	0,97183	374,15*)	0,307
2	0,99997	10	0,99973	90	0,96534		
3	0,99999	20	0,99823	100	0,95838		
4	1,00000	30	0,99567	150	0,9173		
5	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

*)Kritik harorat

Normal bosim va 0⁰ C haroratda gazlarning zichliklari

21-jadval

Moddalar	$\rho,$ $\frac{\kappa g}{m^3}$	Moddalar	$\rho,$ $\frac{\kappa g}{m^3}$
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_t (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 $\alpha, 10^{-4} m^{-1}$

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

$H, 10^3 \text{ km}$	$\rho, 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$v_1, \frac{\text{km}}{\text{s}}$	$v_2, \frac{\text{km}}{\text{s}}$	$p, \text{ GPa}$	$g, \text{ m/s}^2$
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 mumkin; zichlik - ρ , bosim - p , tezlanish - g , chuqurlik - H lar keltirilgan.

Normal bosimda tovushning gazlardagi tezligi

27-jadval

Gaz	t, C	$v, \text{ m/s}$	$\alpha, \text{ m/(s} \cdot \text{K)}$	Gaz	t, °C	$v, \text{ m/s}$	$\alpha, \text{ m/(s} \cdot \text{K)}$
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				angidrid	0	259	0,4
bug'i	134	494	-	Neon	0	435	0,8
Havo	0	331	0,59				

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	$\alpha, 10^{-4} K^{-1}$	Moddalar	$\alpha, 10^{-4} K^{-1}$
Almaz	0.91	Muz(-10 ⁰ dan 0 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
Quyilgan temir	10,2	Odatdagi shisha	8.5
Oltin	14,5	Pireks shishasi	3.0
Invar(36,1% nikel)	0,9	Uglerod (grafit)	7,9
Iridiy	6,5	Farfor	3.0
Kvarts(eritilgan)	0,5	Rux	30.0
G'isht terilgan devor	5,5	Tsement va beton	12,0
Konstantan	17,5	Cho'yan	10 – 12
Jez	18,9	Ebonit	70

0°C haroratda gazlarning qovushqoqligi

30-jadval

Moddalar	$\eta, 10^{-5} Pa \cdot s$	Moddalar	$\eta, 10^{-5} Pa \cdot s$
Azot	1,67	Kislorod	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	-
	100	22,4	23,4	28,1	-
Kar. angid. gazi	40	18,1	48,8	-	-

Har xil temperaturada suvning qovushqoqligi

32-jadval

$t, ^\circ\text{S}$	0	5	10	15	20	25	30
η , mkPa•s	1797	1518	1307	1140	1004	895	803
$t, ^\circ\text{S}$	40	50	60	70	80	90	100
η , mkPa•s	655	551	470	407	357	317	284
$t, ^\circ\text{S}$	110	120	130	140	150	160	170
η , 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 moyi	
Benzol	0,0673	engil	11,3
Suv	0,105	Mashina moyi	
Glitserin	139,3	og'ir	66,0
Tozalangan silindr moyi (40 ⁰ S)	,109	Simob	0,159
Qoramtir silindr moyi	24,0	Uglerodsulfid	0,0382
Pentan	0,0244	Etil spirti	0,122
		Toluol	0,0613

Trigonometrik formulalar

34-jadval

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ $\sec^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha = 1$ $\csc^2 \alpha - \operatorname{ctg}^2 \alpha = 1$ $\sin \alpha \cdot \csc \alpha = 1$ $\cos \alpha \cdot \sec \alpha = 1$ $\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1$ $\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$ $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$ $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$ $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$ $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}$ $\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha}$ $\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$ $\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}}$ $\operatorname{sh} \alpha = \frac{e^\alpha - e^{-\alpha}}{2}$ $\operatorname{ch} \alpha = \frac{e^\alpha + e^{-\alpha}}{2}$	$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$ $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$ $\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$ $\operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}$ $\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cdot \cos \beta}$ $\operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta = \pm \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}$ $\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]$ $\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)]$ $\sin \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\sin(\alpha - \beta) + \sin(\alpha + \beta)]$ $\operatorname{th} \alpha = \frac{e^\alpha - e^{-\alpha}}{e^\alpha + e^{-\alpha}}$ $\operatorname{cth} \alpha = \frac{e^\alpha + e^{-\alpha}}{e^\alpha - e^{-\alpha}}$
---	---

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
$\pi = 3,1416$ $1/\pi = 0,3183$ $\pi/4 = 0,7854$ $4\pi/3 = 4,1888$ $\pi^2 = 9,8696$ $\sqrt{\pi} = 1,7725$ $e = 2,7183$ $\lg e = 0,4343$ $\ln 10 = 2,3026$	$(1 \pm \alpha)^n = 1 \pm n\alpha$ $\frac{1}{(1 \pm \alpha)^n} = 1 \mp n\alpha$ $e^{\pm \alpha} = 1 \pm \alpha$ $\ln(1 \mp \alpha) = \mp \alpha$ $\sin \alpha = \alpha$ $\cos \alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2}$ $\operatorname{tg} \alpha = \alpha$

Vektorlar haqida ba'zi bir ma'lumotlar

38-jadval

<p>Vektorlarni ko'paytirish:</p> $\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \varphi$ $ \vec{a} \cdot \vec{b} = ab \sin \varphi$ $\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}$ $[\vec{a} \cdot \vec{b}] = -[\vec{b} \cdot \vec{a}]$ $\vec{a}(\vec{b} + \vec{c}) = \vec{a} \cdot \vec{b} + \vec{a} \cdot \vec{c}$ $[\vec{a}, \vec{b} + \vec{c}] = [\vec{a} \cdot \vec{b}] + [\vec{a} \cdot \vec{c}]$ $[\vec{a}[\vec{b} \cdot \vec{a}]] = \vec{b}(\vec{a} \cdot \vec{c}) - \vec{c}(\vec{a} \cdot \vec{b})$	
<p>Произведения векторов в координатах:</p> <p>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</p> $\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$ $[\vec{a} \cdot \vec{b}] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix}$ $= (a_y b_z - a_z b_y) \vec{i} + (a_z b_x - a_x b_z) \vec{j} + (a_x b_y - a_y b_x) \vec{k}$	
<p>Vektorlarni differentsiallashtirish qoidalari:</p> $\frac{d}{dt}(\vec{a} + \vec{b}) = \frac{d\vec{a}}{dt} + \frac{d\vec{b}}{dt}$ $\frac{d}{dt}(\alpha \vec{a}) = \frac{d\alpha}{dt} \vec{a} + \alpha \frac{d\vec{a}}{dt}$ $\frac{d}{dt}(\vec{a} \cdot \vec{b}) = \frac{d\vec{a}}{dt} \cdot \vec{b} + \vec{a} \cdot \frac{d\vec{b}}{dt}$ $\frac{d}{dt}[\vec{a} \cdot \vec{b}] = \left[\frac{d\vec{a}}{dt} \cdot \vec{b} \right] + \left[\vec{a} \cdot \frac{d\vec{b}}{dt} \right]$	

Hosila va integrallar jadvali

39-jadval

Funktsiya	Hosilasi	Funktsiya	Hosilasi
x	1	$\sin x$	$\cos x$
x^n	nx^{n-1}	$\cos x$	$-\sin x$
$\frac{1}{x}$	$-\frac{1}{x^2}$	$\operatorname{tg} x$	$\frac{1}{\cos^2 x}$
$\frac{1}{x^n}$	$-\frac{n}{x^{n+1}}$	$\operatorname{ctg} x$	$-\frac{1}{\sin^2 x}$
\sqrt{x}	$\frac{1}{2\sqrt{x}}$	$\arcsin x$	$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
$\sqrt[n]{x}$	$\frac{1}{n\sqrt[n]{x^{n-1}}}$	$\arccos x$	$-\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
e^x	e^x	$\operatorname{arctg} x$	$\frac{1}{1+x^2}$
e^{ax}	ae^{ax}	$\operatorname{arcctg} x$	$-\frac{1}{1+x^2}$
a^x	$a^x \ln a$	$\operatorname{sh} x$	$\operatorname{ch} x$
a^{ax}	$\frac{1}{n} a^{nx} \ln a$	$\operatorname{ch} x$	$\operatorname{sh} x$
$\ln x$	$\frac{1}{x}$	$\operatorname{th} x$	$\frac{1}{\operatorname{ch}^2 x}$
		$\operatorname{cth} x$	$-\frac{1}{\operatorname{sh}^2 x}$

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 $	$\int u dv = uv - \int v du$

Styudent koeffitsienti $t_{\alpha,n}$

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

Adabyotlar

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.).
6. 2. С.П. Стрелков. Механика, «Ўқитувчи». Тошкент: 1977. §137-140. (481-498 б.).
7. 3. И. В. Савельев. Умумий физика курси. 1 – том. Тошкент: Ўқитувчи, 1984. §30 (86-89 б.).
8. 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.).
9. 6. J.Walker. Fundamentals of Physics N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

Internet saytlari

- 1.www.ziyonet.uz
- 2.www.ziyouz.net
- 3.www.eqword.ipmnet.ru
- 4.www.newlibrary.ru
- 5.www.twirpx.com
- 6.www.libedu.ru
- 7.www.studmed.ru
- 8.www.library.tashliit.uz

Mundarija

Izoh: barcha labjratoriya ishlari Germaniyada ishlab chiqarilgan qurilmalarda Bajariladi.

1	o‘lchash xatoliklari va ularni hisoblash.....	4
2	1 - laboratoriya ishi Kavendish buralma tarozisi yordamida gravitatsion Doimiylikni aniqlash.....	14
3	2 - laboratoriya ishi elastik to'qnashuvda energiya va impuls saqlanish qonunlarini tekshirish.....	23
4	3 -laboratoriya ishi erkin tushish tezlanishini o'rganish.....	28
5	4 - laboratoriya ishi gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakatini o'rganish.....	36
6	5 - laboratoriya ishi aylanma noelastik to'qnashuvda impuls momentining saqlanish qonunini o'rganish.....	44
7	6 -laboratoriya ishi aylanayotgan jismga ta'sir qiluvchi arkazdan qochma kuchni o'lchash qurilmasi va uni cassy bilan o'lchash.....	49
8	7 - laboratoriya ishi giroskop chayqalishi – pressesiyasini o'rganish.....	54
9	8- labaratoriya ishi torning tebranish chastorasining tor uzunligiga va tarangligiga bog'liqligini aniqlash.....	59
10	9-laboratoriya ishi“maksvell mayatnigi” laboratoriya qurilmasida energiya saqlansh qonuuini o'rganish.	64
11	10 -laboratoriya ishihavodagi tovush tezligining temperaturaga bog'liqligini o'rga nish.....	70
	11 - labaratoriya ishi matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash.....	76
	Malumotlar	80
	Adabyotlar	100