

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
O'RTA MAXSUS KASB-HUNAR TA'LIM MARKAZI
BUXORO VILOYAT HOKIMLIGI O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR
TA'LIMI BOSHQARMASI
BUXORO YUQORI TEXNOLOGIYALAR MUHANDISLIK-TEXNIKA
INSTITUTI QOSHIDAGI 1-SON AKADEMIK LITSEYI

E.S.Nazarov, Sh.Sh.Ergashev, J.O.Yuldashev

MEXANIKA VA MOLEKULYAR FIZIKADAN LABORATORIYA MASHG'ULOTLARI

Ushbu o'quv qo'llanma akademik litsey va kasb-hunar kolleji talabalari
uchun mo'ljallangan.

Buxoro – 2012

«Mexanika va molekulyar fizikadan laboratoriya mashg'ulotlari» o'quv qo'llanmasi O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi Hay'atining 2001-yil 3-avgust 7/3-son qarori bilan tasdiqlangan aniq fanlar yo'nalishidagi akademik litseylar uchun fizikadan o'quv dasturi, hamda O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2010 yil 23 oktyabrdagi 399-sonli buyrug'i bilan tasdiqlangan va amalga kiritilgan ta'lim tarmoq standarti asosida yozilgan bo'lib, akademik litsey va kasb-hunar kolleji talabalari uchun mo'ljallangan. Shuningdek, ushbu qo'llanmadan umumta'lim maktablarining fizika o'qituvchilari ham foydalanishlari mumkin.

Taqrizchi:

Sh.M.Mirzayev

Buxoro Davlat universiteti «Fizika-matematika» fakulteti dekani, texnika fanlari doktori, professor.

Tuzuvchilar:

E.S.Nazarov

Buxoro davlat universiteti «Fizika» kafedrası dotsenti, texnika fanlari nomzodi.

Sh.Sh.Ergashev

Buxoro Davlat universiteti «Fizika» kafedrası katta o'qituvchisi.

J.O.Yuldashev

Buxoro yuqori texnologiyalar muhandislik-texnika instituti qoshidagi 1-son akademik litseyi «Fizika» kafedrası o'qituvchisi.

O'quv qo'llanma Buxoro yuqori texnologiyalar muhandislik-texnika instituti qoshidagi 1-son akademik litseyining (2012 yil, «__» ____, №__ -bayonnoma) ilmiy-pedagogik Kengashida, Buxoro Davlat universiteti «Fizika» kafedrasining (2012 yil, «__» ____, №__ -bayonnoma) yig'ilishida, Buxoro Davlat universiteti «Fizika-matematika» fakulteti Kengashining (2012 yil, «__» ____, №__ -bayonnoma) yig'ilishida, shuningdek Buxoro Davlat universitetining ilmiy-uslubiy Kengashida muhokama etilgan va chop etishga tavsiya berilgan.

MUQADDIMA

Jamiyatimizning hozirgi taraqqiyotida fan va texnika, sanoat, xalq xo'jaligi hamda qishloq xo'jaligiga joriy qilish har qachongidan ko'ra katta ahamiyat kasb etmoqda. Hozirgi zamon fan, texnika va texnologiya taraqqiyotini hamda ishlab chiqarishning rivojlanishini fizika fanisiz tasavvur etib bo'lmaydi.

Fizikani o'rganish-ilmiy izlanishdir. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari talabalarining fizika fanini chuqurroq o'zlashtirishida fizikaviy tajribalar juda muhim rol tutadi. Laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish va o'zlashtirish hamda tajriba natijalarini talab darajasida rasmiylashtirish, tajriba natijalarini nazariya asosida tahlil qilish va xulosalar chiqarish talabaning fizik qonunlar va hodisalarni chuqurroq talqin qilishga, ilmiy ongi va tafakkurining rivojlanishiga olib keladi. Shu jumladan, laboratoriya mashg'ulotlarini bajarishda talabalarni mustaqil ishlashga o'rgatadi, tajriba natijalarini hisoblash, unda ishlatilgan fizik kattaliklarning o'lchov birliklarini to'g'ri tanlash ko'nikmasini hosil qiladi, tajriba natijalarining xatoliklarini aniqlashni o'rganadi.

O'quv qo'llanma muqaddima, uch bob, ilovalar va foydalanilgan adabiyotlardan tashkil topgan. Qo'llanmaning I bobi laboratoriya mashg'ulotlarini o'tkazishga ko'rsatmalarni, ya'ni laboratoriya mashg'ulotlarini bajarilishini tashkil qilish, o'lchashlar va o'lchash natijalariga matematik ishlov berish, o'lchov xatoliklari haqida tushunchalar, laboratoriya mashg'ulotlarini bajarishda talabalarning vazifa va burchlari, laboratoriya mashg'ulotlarini o'tkazishda talabalar uchun texnika xavfsizligi yo'riqnomasini o'z ichiga oladi. Qo'llanmaning II bobida umumiy fizika kursining «Mexanika asoslari» bo'limi uchun 15 ta va III bobida «Molekulyar fizika» bo'limi uchun 5 ta laboratoriya mashg'ulotlari mavjud. Ushbu o'quv qo'llanma har bir laboratoriya mashg'uloti uchun uning maqsadi, nazariy tushunchalar, kerakli asbob-uskunalar va jihozlar haqida ma'lumotlarni, shuningdek, ishlatilayotgan qurilmaning tuzilishi, ishni bajarish tartibi, o'lchashdagi xatoliklarni aniqlash, talabalarning bilimini tekshirish uchun nazorat savollarini va tayanch iboralarni o'z ichiga oladi. Talabalarning vaqtini tejash maqsadida qo'llanmaning oxirida fizik kattaliklarning turli sharoitdagi qiymatlarining jadvallari, ularning Xalqaro sistemadagi o'lchov birliklari ilova qilingan.

Mualliflar ushbu o'quv qo'llanmani tayyorlashda o'z fikr-mulohazalarini bildirgan fizika-matematika fanlari doktori, professor S.H.Ostonovga, Buxoro Davlat universiteti «Fizika-matematika» fakulteti dekani, texnika fanlari doktori, professor Sh.M.Mirzayevga, shuningdek universitetning «Fizika» kafedrasida dotsent va assistentlariga o'z samimiy minnatdorchiliklarini izhor etadilar.

I bob. LABORATORIYA MASHG'ULOTLARINI O'TKAZISHGA KO'RSATMALAR

1.1. Laboratoriya mashg'ulotlar bajarishni tashkil qilish.

Akademik litsey va kasb-hunar kollejlarida laboratoriya mashg'ulotlari nazariya va amaliyotni bog'lovchi, ularning birligini ta'minlovchi asosiy vositachi bo'lib, talabalarning bilimlarini mustahkamlashda, mustaqillik, o'lchov asboblari bilan o'lchay olish, tajriba o'tkaza bilish ko'nikmalarini shakllantirish va rivojlantirishda, o'lchash xatoliklarini baholay bilish kabi amaliy ko'nikmalarni rivojlantirishda katta rol o'ynaydi.

Akademik litsey va kasb-hunar kollejlarida o'tkaziladigan laboratoriya mashg'ulotlarini uch xil usul bilan tashkil qilish mumkin: frontal, laboratoriya ishlarini aralash bajarish, siklli.

Frontal usul. Har bir talaba ma'ruzada o'tilgan mavzuga taalluqli muayyan bir ishni bajarish imkoniga ega bo'ladi. Ushbu usul darsni tashkil qilish va o'tkazishni, dars davomida talabalarning faoliyatini boshqarib borishni yengillashtiradi. Frontal usul laboratoriyalarda bir xil qurilmalardan bir nechitasi bo'lishi, lozim bo'lganda laboratoriya xonalarining kengaytirilishi va barcha talabalarning bir xil mazmunli va bir tartibdagi vazifalarning bajara olishiga sharoit tug'dirilishini talab qilinadi. Bundan tashqari, laboratoriya ishlarining bir xilligi, qiyin o'zlashtiradigan talabalarning fikrlash qobiliyatini chegaralaydi. Frontal usul talabalar orasidagi ba'zi tafovutlarni yo'qotishga yordam berish bilan bir qatorda boshlang'ich bosqich talabalarida dastlabki bilimlarning puxta shakllanishiga imkon beradi.

Laboratoriya mashg'ulotlarini aralash bajarish usuli. Har bir talaba ma'ruzada o'tilgan yoki o'tilmagandan qat'iy nazar alohida-alohida laboratoriya ishlarini bajaradi. Bu ishlarining mazmuni ham, bajarish usuli ham turlicha. Laboratoriya va ma'ruza mavzularining bir-biri bilan mos kelmasligi talabalarning tegishli adabiyot bilan mustaqil ishlashga o'rgatadi, fikrlash jarayonlarini faollashtiradi. Ushbu usul akademik litsey va kasb-hunar kollejlarining yuqori kurslarida o'qitiladigan maxsus fanlar bo'yicha o'tkaziladigan laboratoriya mashg'ulotlarida yaxshi natijalarga olib keladi.

Siklli usul. Bu usulda esa praktikumga kiritilgan laboratoriya ishlari, umumiy fizika kursining ma'lum bo'limlari asosida yoki biror-bir fizik kattalikning turli o'lchash usullarini birlashtirish yo'li bilan guruhlab tashkil qilinadi. Bu usul laboratoriya va ma'ruza mashg'ulot mavzularini moslashtirish imkonini beradi, laboratoriya ishlarining guruhlanishida effektiv variantlarni qo'llashga ko'maklashadi.

Yuqorida bayon etilgan usullar bilan tanishish, akademik litsey va kasb-hunar kollejlarida fizikadan o'tkaziladigan laboratoriya mashg'ulotlarining siklli usuli o'qitish samaradorligini oshirishga ko'proq yordam qilishiga ishonch hosil qilish mumkin.

1.2. O'lchashlar va o'lchash natijalariga matematik ishlov berish, o'lchov xatoliklari haqida tushunchalar

O'lchashlarni ikkiga bo'lish mumkin: bevosita va bilvosita o'lchashlar. Biror kattalikni bevosita o'lchash ushbu kattalikni boshqa birlik o'lchov qilib qabul qilingan (etalon) bir jinsli kattalik bilan solishtirish demakdir. Uzunlik, massa, temperatura kabi kattaliklar bevosita o'lchov asboblari yordamida (turli masshtabdagi chizg'ichlar, tarozilar, termometrlarda) o'lchanadi. Bilvosita o'lchash-biror kattalikni bevosiga o'lchanishi mumkin bo'lgan kattaliklarning funktsional bog'lanishidan aniqlash demakdir.

Masalan, erkin tushish tezlanishi g matematik mayatnikning l uzunligi va T tebranish davri bilan quyidagi funktsional bog'lanishga ega:

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

demak, g ni aniqlash uchun l va T kattaliklari bevosita o'lchanadi.

Tajriba o'tkazuvchining sezgi organlari, o'lchov asboblari yillar takomillashmaganligi sababli har qanday o'lchash ishlarida fizik, kattalikning takribiy qiymatini olish mumkin. Natijada har qanday o'lchash muayyan aniqlik bilangina bajarishni talab qiladi. Masalan, biror uzunlik 0,1 mm aniqlik darajasi bilan o'lchanadi, deylik, u vaqtda uning haqiqiy qiymati o'lchanganidan 0,1 mm dan ortiq farq qilmaydi, deb aytish mumkin.

O'lchash puxtaligi o'lchov asboblari aniqligi bilan belgilanadi. Asbob aniqligi esa shkalaning eng kichik ulushi bilan berilib, u o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinlashish darajasini belgilaydi. Bu kattalik asboblari aniqlik darajasi deb ataluvchi kattalik bilan xarakterlanib, uning pasportiga yozib qo'yiladi. Aniqlik darajasi ushbu asbobda o'lchanishi mumkin bo'lgan eng kichik qiymatni asbob strelkasi maksimal og'andagi qiymatiga nisbatining 100% ga ko'paytirilganiga teng. Shuningdek, o'lchash aniqligiga tajriba o'tkazish jarayoni, tajriba o'tkazuvchining kuzatish holatlari ham ta'sir qiladi. Yuqorida ko'rib o'tilgan ta'sirlarni o'rganish va qiymatlarini hisobga olish maqsadida tajriba o'tkazish jarayoniga o'lchash xatoliklari degan tushuncha kiritiladi. O'lchash xatoliklarini ikki turga bo'lish mumkin:

1. *Sistematik xatoliklar*-muayyan usul va o'lchash asboblariidan foydalanilganida miqdori o'zgarmaydigan xatoliklardir. Bunday xatoliklar tashqi muhit ta'siri (masalan, temperatura natijasida o'lchovchi qismlari o'zgarishi), o'lchash va hisoblash jarayonida to'g'ri bo'lmagan axborotlardan foydalanish natijasida yuzaga keladi. Shuningdek, o'lchov asboblari xatoligi ham sistematik xatoliklar qatoriga kiradi. Sistematik xatoliklar o'lchanuvchi yoki hisoblanuvchi kattalikning aniqligini belgilaydi, ya'ni uni haqiqiysidan yoki orttiradi, yoki kamaytiradi. Bu turdagi xatolik kattaligini aniqlab, o'lchashlarga mos tuzatma kiritish mumkin.

2. *Tasodifiy xatoliklar*-muayyan usul va o'lchash asboblariidan foydalanilganda miqdori turlicha bo'ladigan xatolikdir. Bunday xatoliklar o'lchash ob'yektida havoning turlicha tebranishi, tajriba o'tkazuvchining qo'l harorati, aniq tarozi pallasidagi chang zarrasi, tajriba o'tkazuvchining hayajonlanishi, asbob

shkalasining to'liq yoritilmaganligi kabi hodisalar natijasida paydo bo'ladi. Tajriba o'tkazishda ehtiyotlikni oshirish, o'lchash malakasini yuksaltirish bilan bunday xatolikni kamaytirish mumkin. Tasodifiy xatoliklar ehtimollik nazariyasi qoidalarida foydalanib hisoblanadi. Shulardan ba'zilarini ko'rib chiqamiz.

Agar o'lchashlar soni yetarlicha ko'p bo'lib, aniqlangan qiymatlar bir - biridan farq qilsa, u holda tasodifiy xatolikni hisoblash lozim bo'ladi.

Aniqlangan kattaliklarning o'rtacha arifmetik qiymati uning haqiqiy qiymatiga eng yaqin qiymat hisoblanadi. Masalan, biror kattalik x bevosita o'lchovchi asbob (chizg'ich, termometr va h.k.) lar yordami bilan n marta o'lchanib, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ natijalar hosil qilinadi. Har bir o'lchangan kattalik x uning haqiqiy qiymatidan

$$\Delta x_i = x_i - x \quad (1)$$

miqdorga farq qiladi. Δx_i -sistematik Δ_{ic} va tasodifiy Δ_{iT} xatoliklar yig'indisi ($\Delta x_i = \Delta_{ic} + \Delta_{iT}$) ga teng bo'lib, uning bizga noma'lum bo'lgan qiymati haqida quyidagi fikrlarni bayon qilish mumkin:

1. x_i va Δx_i kattaliklar uzluksiz qiymatlarga ega bo'lishlari mumkin.
2. O'lchashlar soni ortishi bilan Δx_i ning bir-biriga yaqin qiymatlari (ishoralari turlicha bo'lgan) ko'proq paydo bo'la boshlaydi.
3. Bir-biridan sezilarli farq qiluvchi tasodifiy xatolik qiymatlari Δ_{iT} kamroq paydo bo'la boshlaydi.
4. Sistematik xatoliklar Δ_{ic} faqat asbob xatoligidan iborat bo'lib, uning eng katta qiymati asbob bo'lim bahosi (bir bo'limga mos keluvchi o'lchanayotgan kattalik) ning yarmiga teng deb qabul qilinadi.

Ehtimollik nazariyasiga ko'ra yuqorida keltirilgan fikrlar bajarilgandagina olingan natijalarning o'rtacha arifmetik qiymati

$$\langle x \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Uning haqiqiy qiymatiga eng yaqin bo'ladi. Bu qiymat ba'zan tanlangan o'rtacha qiymat ham deb yuritiladi $\langle x \rangle$ bu tasodifiy kattalikdir, chunki ma'lum n to'plam (bir seriya tajriba natijalari) uchun bir qiymatga ega bo'lsa, boshqa n (ikkinchi seriya tajribalar) uchun boshqa qiymatga ega bo'ladi.

O'lchash natijalari asosida o'rtacha qiymat, ya'ni haqiqiysiga eng yaqin (0,2) qiymatni aniqlash mumkin. Ehtimollik nazariyasi bu qiymatdan og'ishlarni belgilovchi kattaliklar haqida tushunchalar beradi.

Tajribalar natijasi asosida o'rtacha arifmetik qiymatdan og'ishlar

$$\Delta x_i = \langle x \rangle - x_i \quad (3)$$

ifoda orqali aniqlanadi,

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\langle x \rangle - x_i)^2 \quad (4)$$

ifoda esa tanlangan dispersiya deb yuritiladi. O'rtacha kvadratik xatolik o'lchangan kattalik alohida qiymatlarining haqiqiy qiymatidan $\langle x \rangle - s < x < \langle x \rangle + s$ intervaldagi og'ish darajasini belgilovchi kattalik bo'lib,

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2} \quad (5)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Ushbu og'ish darajasi yana o'rtacha arifmetik xatolik

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta x_i) \quad (6)$$

bilan ham belgilanadi.

Ko'pgina fizik kattaliklar bilvosita aniqlanadi, ya'ni bevosita o'lchanuvchi bir qancha kattaliklarning funksiyasi ko'rinishida $N = N(x_1, x_2, \dots)$ bo'ladi. Bunday hollarda argumentlarning o'rtacha qiymatlari topiladi va qidirilayotgan kattalikning qiymati uning haqiqiy qiymatiga $N = N(\langle x_1 \rangle, \langle x_2 \rangle, \langle x_3 \rangle, \dots, \langle x_n \rangle)$ eng yaqin bo'ladi. Absolyut va nisbiy xatoliklar quyidagi ifodalardan aniqlanadi:

$$\Delta N_1 = |N - N_1| \quad \Delta N_2 = |N - N_2| \quad \Delta N_3 = |N - N_3|$$

$$\Delta \langle N \rangle = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3 + \dots + \Delta N_n}{n} \quad (7)$$

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

Oxirgi ifodada x_i dan boshqa hamma qiymatlar o'zgarmas deb hisoblanadi.

Shuningdek, biror fizik kattalikning o'lchash usuli xatoligini tajriba o'tkazmasdan avval ham aniqlash mumkin. Buning uchun berilgan hisoblash formulasidan absolyut va nisbiy xatoliklar aniqlanadigan ifodalar hosil qilinadi. Ushbu ifodalardagi xatoliklar o'rniga asboblarning xatoligi va izlanayotgan qiymatlar o'rniga esa uning taqribiy (jadvaldan olingan) qiymatlari qo'yiladi. O'lchash usuli xatoliklarini bunday aniqlanishi eksperimentatorga asboblarni to'g'ri tanlay bilish imkonini beradi, ba'zi hollarda tanlangan usul to'g'ri emasligini ko'rsatadi. Masalan, ichki ishqalanish koeffitsiyentini Stoks usuli bilan aniqlash lozim bo'lsin, deylik, buning uchun 0,1 mm aniqlikdagi shtangentsirkul, 1 mm aniqlikdagi chizg'ich, 0,2 s aniqlikdagi sekundomer va hisoblash formulasi $\eta = \frac{2(\rho - \rho_o)}{9h} gr^2t$ dan foydalaniladi. U holda nisbiy xatolik quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \pm \frac{2}{9} \left(\frac{\partial(\rho - \rho_o)}{\rho - \rho_o} + \frac{\partial h}{h} + \frac{\partial g}{g} + 2 \frac{\partial r}{r} + \frac{\partial t}{t} \right)$$

$$\frac{\partial h}{h} = \frac{0,1}{100} \cdot 100\% = 0,1\% \text{ (chizg'ich bilan o'lchanadi)}$$

$$\frac{\partial r}{r} = \frac{0,1}{0,4} \cdot 100\% = 25\% \text{ (shtangentsirkul bilan o'lchanadi)}$$

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{0,2}{4} \cdot 100\% = 5\% \text{ (sekundomer bilan o'lchanadi)}$$

$\frac{\partial(\rho - \rho_o)}{\rho - \rho_o}$ va $\frac{\partial g}{g}$ kattaliklar jadvaldan olinadigan ifodalar bo'lib, juda kichik miqdorga ega.

Yuqorida keltirilgan ifodalar tahlil qilinganda, sharchalar radiusini o'lchashda katta xatolikka (25% gacha) yo'l qo'yilishi aniqlandi, uni kamaytirish uchun aniqligi kattaroq asbob-mikrometr ishlatilgani maqsadga muvofiq. Shu yo'l bilan o'lchash usulini bir qadar mukammallashtirishga erishish mumkin.

Laboratoriya ishlarining natijalarini hisoblashda komp'yuterlardan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblash aniqligi o'lchov asboblari aniqligidan bir birlik yuqori aniqlikda olinadi. Masalan, biror kattalik 0,1 aniqlik bilan o'lchansa, hisoblash 0,01 dan yuqori bo'lmasligi kerak, bunday hisoblashlarda tajriba xatoliklari yuqoridagi usullardan biri yordamida aniqlanadi.

Ko'pincha tajribalar o'tkazishda juda katta aniqlik bilan (kichik xatolik bilan) o'lchashga harakat qilinadi, ammo o'lchash aniqligi ortishi bilan o'lchash jarayoni murakkablashib borishini unutmash kerak. Shunday qilib, zarur bo'lgan sharoitlarda yuqori aniqlikda o'lchash uchun sarf qilingan vaqt va mehnatga afsuslanmaslik kerak. Shuningdek, yangi sharoitda izlanish ilgari fanga ma'lum bo'lmagan qonuniyatlarni ochilishiga sabab bo'lishi ham mumkin.

Fan va texnikadagi ko'p tadqiqotlarda grafik bog'lanishlar keng qo'llaniladi. Shuni nazarda tutib natijalari grafik ko'rinishda yakunlanadigan bir qancha laboratoriya ishlari ushbu qo'llanmada o'z aksini topgan.

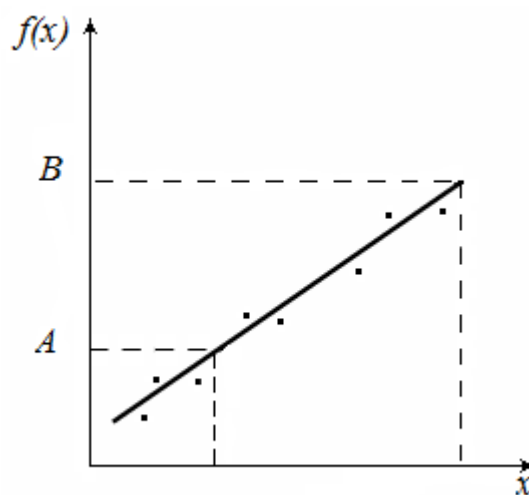
Odatda fizik kattaliklarning chiziqli (grafik) bog'lanishlarini tasvirlashda to'g'ri burchakli koordinata tizimidan foydalaniladi. Ordinata o'qiga funktsiya $R = f(T)$, ya'ni o'lchanadigan kattaliklarga bog'liq bo'lgan parametr (jismning elektr qarshiligi R) absissa o'qiga esa argument-bevosita o'lchanadigan kattaliklar (temperatura T) qo'yiladi. Grafik bog'lanishlarni millimetrli qog'ozga quyidagi qoidalarga rioya qilgan holda chiziladi:

1. Koordinata o'qlarida keltirilgan bo'limlar butun sonlarga karrali bo'lishi kerak, ya'ni 1, 10, 100 va h. k. Agar o'lchash natijasida kasr sonlar hosil bo'lsa, u holda ularni butun sonlar ko'paytmalari ko'rinishida yozish lozim, ya'ni $0,1 = 1 \cdot 10^{-1}$; $0,02 = 2 \cdot 10^{-2}$ va h.k.

2. Koordinata boshini nol deb olish shart emas, uni shunday tanlab olish kerakki, koordinatalar bilan chegaralangan yuza grafik chizilishida to'liq foydalanilsin. Shuningdek, koordinatalardagi masshtab ham bir xil bo'lishi shart emas, masalan, ordinata o'qi bo'limlari 10, absissa o'qi bo'limlari esa 1 birlikka teng bo'lishi mumkin, ammo grafikdan aniqlanadigan ba'zi kattaliklar hisoblanishida o'qlardagi kattaliklar o'lchov birliklarini bir xil qilib olishni unutmash kerak.

3. Grafik tuzishda tajriba natijasida olingan nuqtalar siniq chiziqlar bilan tutashtirilmay, balki uzluksiz chiziq chiziladi. Nuqtalarning uzluksiz chiziqqa joylasha olmaganlari tajriba xatoligi bo'ladi.

Grafik bog'lanishdan foydalanib, uning chegarasi o'qlaridagi biror kattalik (yuqoridagi misolda ma'lum temperaturaga mos keluvchi qarshilik) orqali ikkinchisini aniqlash mumkin, bu usul interpolyatsiya deyiladi. Ba'zan grafik chegarasida bo'lmagan kattaliklarni ham aniqlashga to'g'ri keladi, bu usul *ekstropolyatsiya* deyiladi (1-rasm). Ekstropolyatsiya usuli faqat monoton o'zgaruvchi bog'lanishlardagina qo'llaniladi.



1-rasm.

1.3. Laboratoriya mashg'ulotlarini bajarishda talabalarning vazifa va burchlari

Yuqorida tanishganimizdek laboratoriya mashg'ulotlaridagi tajribalar talabalar tomonidan mustaqil bajariladigan quyidagi uch bosqichni o'z ichiga oladi:

a) *Laboratoriya mashg'ulotini bajarishga tayyorgarlik.* Berilgan ish asoslanadigan fizik jarayon va hodisalar, qonuniyatlar va ularni xarakterlaydigan fizik kattaliklar haqidagi ma'lumotlarni qo'llanmada ko'rsatilgan adabiyotlardan foydalanib yig'ish, hamda o'rganilishi kerak bo'lgan fizik kattalik haqida to'liq tasavvurga ega bo'lish. Shuningdek, tajriba qurilmasi, uning tashkil qiluvchi elementlar, o'lchov asboblari, ularning aniqliklari, o'lchash usullari bilan tanishib, o'qituvchi bilan o'tkaziladigan dastlabki savol-javobga tayyor bo'lish. Yuqoridagi fikrlar laboratoriya daftarida ko'rsatilishi va mos jadvallar tuzilgan bo'lishi kerak

b) *Laboratoriya mashg'ulotida tajriba o'tkazish.* O'qituvchi ish bajarishga tayyor ekanligiga ishonch hosil qilib talabaga ruxsat bergandan so'ng laboratoriya stoldagi qurilma bilan mukammal tanishish, asboblarni o'z o'rniga joylashtirish, ilgari qurilmagan asboblarning instrukstiyasi bilan tanishishga ko'maklashish. Barcha o'lchashlarni xavfsizlik texnikasiga rioya qilgan holda mustaqil, yetarlicha yuqori aniqlikda o'tkazib, fizik kattaliklarni (qo'llanmada ko'rsatilmagan bo'lsa) Xalqaro birliklar sistemasi (SI) ga keltirib laboratoriya daftariga yozish, tajriba natijalaridan birini oxirigacha hisoblab, o'qituvchiga ko'rsatib, daftarga shunga mos belgi qo'ydirib olishga erishish.

c) *Bajarilgan ish yuzasidan to'liq hisobot tuzish va o'qituvchi bilan suhbatga tayyorgarlik.* O'lchangan, hisoblangan kattaliklar va ularning o'lchash xatoliklarini yozish, lozim bo'lsa grafik bog'lanishlarni millimetrli qog'ozga chizish. Laboratoriya ishi asoslangan fizik jarayonni yana bir marta eslab, tajriba o'tkazish usuli yutuq va kamchiliklarini tahlil qilish, uni takomillashtirish borasida fikrlar bildirish. Ushbu tushuncha va fikrlar ish bo'yicha tayyorlangan hisobotda o'z aksini topadi. Ma'lum bir mavzuga doir ishlar (kompleks mashg'ulotlar) bajarilgandan so'ng, o'qituvchi rahbarligida bu ish atroflicha muhokama qilinadi.

1.4. Laboratoriya mashg'ulotlarini o'tkazishda talabalar uchun texnika xavfsizligi yo'riqnomasi

1. Diqqatli, tartibli, ehtiyotkor bo'ling; o'qituvchining ko'rsatmalarini aniq bajarang.
2. O'qituvchining ruxsatisiz ish joyini tashlab ketmang.
3. Asboblarni, materiallarni, jihozlarni ish joyiga o'qituvchi ko'rsatgan tartibda joylashtiring.
4. Topshiriqni bajarish uchun keraksiz buyumlarni ish joyida saqlamang.
5. Ishni bajarishga kirishishdan avval uning tavsifi bilan diqqat bilan tanishib chiqing, uni bajarish ketma-ketligini aniqlang.
6. Tajribalarni o'tkazish uchun maxsus tagliklar o'rniga tasodifiy narsalardan (darslik, daftar va boshqalardan) foydalanish mumkin emas.
7. Laboratoriya ishlari yoki tajribalar o'tkazishda singan, yoki darz ketgan shisha idishlardan foydalanish mumkin emas.
8. Markazdan qochma mashinada, universal elektr dvigatelda, aylanuvchi doirada aylanish uchun qo'llaniladigan asboblarning mahkamlanish joylarining yaxshi mahkamlanganligi doim tekshirib turish kerak.
9. Tajribalarni bajarish vaqtida ushbu asboblarni uchun ruxsat etilgan aylanish tezligidan katta tezlikda aylantirmaslik kerak.
10. Kuyib qolishdan saqlanish uchun suv isitilayotgan idishlarni tiqin bilan juda zich qilib berkitish kerak emas, shisha kolbalarni maxsus tagliklarga o'rnatish kerak, issiqlik balansini hosil qilish uchun isitilayotgan suvni 60-70°C dan yuqori haroratgacha isitish kerak emas.
11. Ishlayotgan elektr isitgich asboblarni qarovsiz qoldirish mumkin emas.
12. Tez o't oluvchi uchuvchi suyuqliklar (silliq tiqinli idishlarda saqlanuvchi efir, benzin, atseton va shunga o'xshashlar) tajriba vaqtida ularni alanglantirib yuborishi mumkin bo'lgan isitgichlardan uzoqroqda turishi kerak.
13. Tez o't oluvchi suyuqliklarni to'kmasdan, maxsus idish ustiga qo'yish kerak.
14. Yoqilg'i sifatida benzindan foydalanish butunlay man etiladi.
15. Spirtovkani yonib turgan spirtovkadan yondirib olish mumkin emas.
16. Spirtovka idishda portlash ro'y bermasligi uchun undagi spirtning idish hajmining 2/3 qismidan ko'pi yonib ketmasligi kerak.
17. To'kilib yonayotgan kerosinni suv bilan o'chirish mumkin emas. (Uni o'chirishda o't o'chirgichdan, quruq qumdan, asbestli matodan foydalanish kerak).
18. Simob qo'llaniladigan laboratoriya ishlarini o'tkazish taqiqlanadi.
19. Tok manbaini o'qituvchining ruxsatisiz ulamang.
20. Kuchlanish ostidagi elektr qurilmalarida buzilgan joylarni sezsangiz darrov tok manbaini uzing va buni o'qituvchi (laborant) ga bildiring.

II bob. MEXANIKA ASOSLARI

1 – Laboratoriya mashg'uloti

TEKIS TEZLANUVCHAN HARAKATDA TEZLANISH

Ishning maqsadi: 1. Tezlanuvchan harakatda tezlanish tushunchasini tajriba asosida mustahkamlash. 2. Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning tezlanishini aniqlashni o'rganish.

Asbob va jihozlar

Po'lat va plastmassa sharchalar, silindirsimon metall va yog'och g'o'lachalar, o'lchov tasmasi yoki chizg'ich, elektron sekundomer, qiyalik burchagi rostlanadigan qiya tekislik.

Nazariy tushunchalar

Vaqt o'tishi bilan jismning fazodagi vaziyatning boshqa jismlarga nisbatan o'zgarishi *mexanik harakat* deyiladi. Harakat *tekis*, *notekis* va *tekis o'zgaruvchan* bo'ladi. Jism teng vaqtlar oralig'ida bir xil yo'l bosib o'tsa, bunday harakat *tekis harakat* bo'ladi. Aksincha, teng vaqtlar oralig'ida jism har xil yo'l bosib o'tsa, bunday harakat *notekis harakat* bo'ladi. Jismning istalgan teng vaqtlar oralig'ida tezligi bir xil o'zgaradigan harakati *tekis o'zgaruvchan harakat* deb aytiladi.

Vaqt birligi ichida tezlikning o'zgarishiga son qiymat jihatidan teng bo'lgan kattalik *tezlanish* deyiladi va u tezlik o'zgarishining shu tezlik o'zgarishi uchun ketgan vaqtga nisbati shaklida ifodalanadi.

$$a = \frac{v - v_0}{t} \quad (1)$$

Jismning harakat oxiridagi tezligi (1) ifodadan topiladi.

$$v = v_0 + at \quad (2)$$

Boshlang'ich tezlik, tezlanish va harakatlanish vaqti ma'lum bo'lsa, jismning bosib o'tgan yo'li quyidagicha ifodalanadi.

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (3)$$

Agar jism boshlang'ich tezliksiz ($v_0=0$) harakat qilgan bo'lsa, u holda (3) tenglama quyidagi shaklga keladi, ya'ni

$$s = \frac{at^2}{2} \quad (4)$$

Demak, jismning olgan tezlanishi (4) dan topiladi.

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad (5)$$

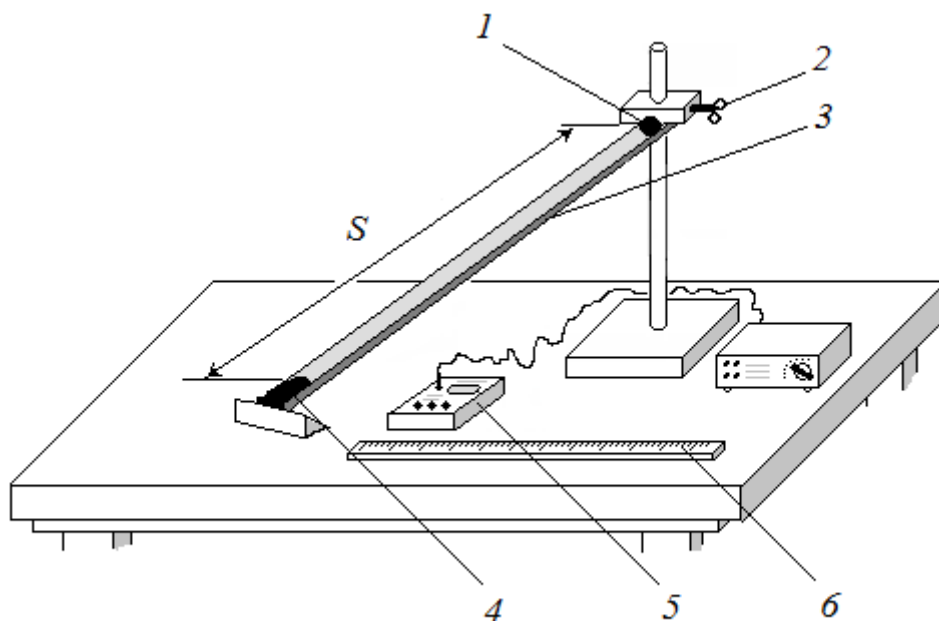
Ko'rinib turibdiki, jismning bosib o'tgan yo'li va uni o'tish uchun ketgan vaqt ma'lum bo'lsa, u holda shu jismning harakat tezlanishini topish mumkin.

Tayanch iboralar

Mexanik harakat, tekis, notekis va tekis o'zgaruvchan harakat, tekis tezlanuvchan harakat, tezlanish, bosib o'tgan yo'l, yo'lni o'tish uchun ketgan vaqt, po'lat va plastmassa sharchalar, metall va yog'och g'o'lachalar, o'lchov tasmasi, chizg'ich, elektron sekundomer, brusok, qiya tekislik.

Ishni bajarish tartibi

1. Novni (3) qiyalikni rostlash sistemasi (2) yordamida yoki uning tagiga yog'och brusoklar qo'yib, gorizontga nisbatan qiya qilib o'rnatish (2-rasm).
2. Novning quyi uchiga metall yoki yog'och silindr (4) o'rnatish.
3. Novning yuqori uchidan sharchani (1) qo'yib yuboradigan nuqtani belgilang.
4. O'lchov tasmasi yoki chizg'ich (6) yordamida sharcha dumalab qiya tekislikda o'tishi kerak bo'lgan s masofani o'lchang.
5. Sharni qiya tekislik yoki novda dumalatib, sekundomer (5) yordamida uning s masofani bosib o'tish vaqtini aniqlang.
6. Formula (5) dan foydalanib, tezlanishni hisoblab toping.
7. Formula (2) dan foydalanib tezlikni aniqlang.



2-rasm.

8. Xatoliklarni hisoblang.
9. Tajriba natijalarini quyidagi jadvalga kiriting.

1.1-jadval

N_0	s, m	t, s	$\vec{a}, m/s^2$	$\langle a \rangle, m/s^2$	$\Delta \vec{a}, m/s^2$	$\langle \Delta a \rangle, m/s^2$	$\varepsilon = \frac{\langle \Delta \vec{a} \rangle}{\langle \vec{a} \rangle} \cdot 100\%$
1.							
2.							
3.							

10. $s = f(t)$ funktsiya koordinatalarida s yo'lining vaqtga bog'lanish grafigini chizing.

11. Tezlanish qiymatini $a = (\langle a \rangle \pm \langle \Delta a \rangle)$ ko'rinishda yozib qo'ying.

12. Novning qiyaligini o'zgartirib tajribani uch marta takrorlang.

Nazorat savollari

1. Qanday harakat tekis tezlanuvchan harakat deyiladi?
2. Tezlanish nima? U qanday birliklarda o'lchanadi?
3. Tekis tezlanuvchan harakatda tezlik va yo'l grafiklarini chizing.
4. Qachon tezlanish musbat va qachon manfiy bo'ladi?
5. Harakat vaqti aniq bo'lmaganda tezlanishni qanday formuladan topish mumkin?

2 – Laboratoriya mashg'uloti

JISMLARNING ERKIN TUSHISHI

Ishning maqsadi: Jismning erkin tushishini Atvud qurilmasi yordamida tajribalar asosida o'rganish.

Asbob va jihozlar

Jismlarning erkin tushishga moslashtirilgan Atvud mashinasi, elektron sekundomerni avtomatik ulab-uzuvchi qurilma, po'lat sharchalar, tok manbai, boshqaruv sistemasi.

Nazariy tushunchalar

Erkin tushish deb, tinch holatdagi jismning og'irlik kuchi ta'sirida havosiz joyda tushishiga aytiladi. Lekin qattiq jismlarning, masalan metall sharlarning havoda tushishini ham erkin tushish deb qarash mumkin, chunki havoning qarshilik kuchi uning og'irlik kuchidan ancha kichik bo'ladi ($\vec{F}_{og'} \gg \vec{F}_{h,q}$).

Erkin tushayotgan jismlarning harakati to'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakat bo'ladi. Tekis tezlanuvchan harakat tenglamalari quyidagicha ifodalanadi:

$$v = v_0 + at$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (1)$$

$$v^2 - v_0^2 = 2as$$

Erkin tushayotgan jism uchun (1) ni quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$v = v_0 + gt$$

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2} \quad (2)$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ah$$

Yuqoridagilardan ko'rinib turibdiki, boshlang'ich tezliksiz harakatda $v_0 = 0$ bo'lgani uchun sharning tushish balandligi h va uning vaqti t ni aniqlab, so'ngra qiymatlarini (2) formulaga qo'yib, erkin tushish tezlanishini topish mumkin:

$$g = \frac{2h}{t^2} \quad (3)$$

Bu vazifa laboratoriya ishining asosiy maqsadi bo'lib, o'quv maskani joylashgan geografik kenglik uchun g ning qiymatini aniqlash mumkin bo'ladi.

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Laboratoriya ishining qurilmasi asosini Atvud mashinasi tashkil etadi. Qurilma jismlarining erkin tushishini tajribada kuzatishga moslashgan bo'lib, u quyidagi jismlardan: og'ir taglikka o'rnatilgan shkalali vertikal ustun, jismning tushish vaqtini o'lchaydigan elektron sekundomer, qurilmaning tok manbai, avtomatik kalit (tok uzgich) va uning kosachasi, o'rnatiladigan jismni tutib turuvchi elektromagnit (ignasi bilan). Vertikal asosning yuqorisida o'rnatilgan elektromagnitning ignasiga magnit maydon yordamida sharcha ilinadi. Tajribani o'tkazish jarayonida elektromagnitdan elektr toki uzilganida elektromagnit ignasi magnitsizlanadi va sharchani tutib tura olmaydi. Natijada sharcha pastga qarab harakatlanadi va uning tushish yo'lida joylashtirilgan kosacha kalitga kelib tushgan paytda kontakt uziladi, natijada elektron sekundomerga tok o'tmaydi va u to'xtaydi. O'tkazilgan tajribalar natijalarining aniqligi ko'p jihatdan kosacha kalit kontaktining yaxshi ishlashiga bog'liq (3-rasm).

Tayanch iboralar

Jismlarning erkin tushishi, erkin tushish tezlanishi, tekis tezlanuvchan harakat, balandlik, balandlikni o'tish uchun ketgan vaqt, Atvud mashinasi, elektromagnit, elektron sekundomer, po'lat sharcha, tok manbai.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yoriqnomasini o'qib o'rganing va ishga zarur bo'lgan asboblarning mavjudligini tekshiring, hamda o'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Qurilmani 42V o'zgaruvchan tok manbaiga ulang va sharchani elektromagnit ignasiga iling (3-rasm).

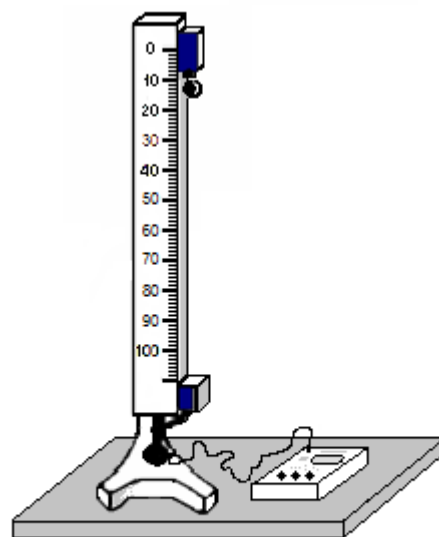
3. Maxsus tugmachali kalitlar orqali boshqariladigan kalitni qo'shishdan avval kosacha-kalitni uzing (ya'ni kosacha ko'tarib qo'yiladi), so'ngra boshqaruv kalitini ulang.

4. Sharning tushish vaqtini sekundomer avtomatik ravishda o'lchaydi, uning ko'rsatishini yozib oling.

5. Sharning tushish balandligini vertikal shkalada aniqlang va uni yozib oling (shu balandlik uchun taribani 7-10 marta takrorlang).

6. Har bir h uchun tushish vaqtini aniqlang va erkin tushish tezlanishi g ni (3) formula yordamida hisoblang

7. Xuddi shu tajribani boshqa balandliklar uchun ham takrorlang.



3-rasm.

8. Xatoliklarni hisoblang.
9. Tushish balandligining vaqtga bog'lanish grafigini chizing $h=f(t)$.
10. O'lchashlarni quyidagi jadvalga yozing.

2.1-jadval

N_0	h, m	t, s	$\vec{v}, m/s$	$\Delta\vec{v}, m/s$	$\vec{g}, m/s^2$	$\langle\vec{g}\rangle, m/s^2$	$\Delta\vec{g}, m/s^2$	$\langle\Delta\vec{g}\rangle, m/s^2$	$\varepsilon = \frac{\langle\Delta\vec{g}\rangle}{\langle\vec{g}\rangle} \cdot 100\%$
1.									
2.									
3.									

Nazorat savollari

1. Erkin tushish nima va jismlar nima uchun erkin tushadi?
2. Erkin tushishga doir qanday kinematik ifodalarni bilasiz?
3. Laboratoriya ishining asosiy formulasini keltirib chiqaring.
4. $h=f(t)$ grafik nimani ifodalaydi?
5. Og'irlik kuchi tezlanishining qiymati qanday hollarda o'zgaradi?
6. v_0 tezlik bilan tik yuqoriga otilgan jism qancha vaqtda va qanday balandlikka ko'tariladi?

3 – Laboratoriya mashg'uloti

GORIZONTAL OTILGAN JISM HAKAKATI

Ishning maqsadi: Boshlang'ich v_0 tezlik bilan gorizontal otilgan jismning uchish uzoqligi s_x va otilish balandligi H ni o'lchagan holda jismning otilish tezligi v_0 ni aniqlash.

Asbob va jihozlar

Ballistik to'pponcha, o'lchov tasmasi, laboratoriya shtativi (mufta va halqasi bilan), qumli quticha va boshqa jihozlar.

Nazariy tushunchalar

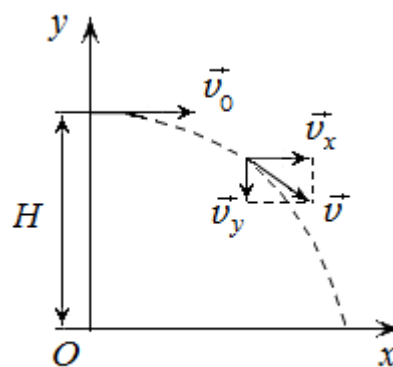
Gorizontal otilgan jism Yerning tortish kuchi ta'sirida murakkab harakat qiladi. Agar jismga havoning qarshilik kuchi ta'sirini hisobga olmasak, tezlining gorizontal tashkil qiluvchisi $v_x = v_0 \cdot \cos\alpha$ bo'ladi (4-rasm). Vertikal tashkil qiluvchisi $v_y = gt$ ga teng bo'lib, vaqt bo'yicha o'zgarib boradi. Jismning otilish balandligi quyidagi ifodadan topiladi:

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

bu yerda t -jismning uchish vaqti bo'lib, u

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (2)$$

dan aniqlanadi.



4-rasm.

Gorizontol otilgan jismning uchish uzoqligini quyidagicha topamiz:

$$s_x = v_x t = v_o t = v_o \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (3)$$

Bu ifodadan:

$$v_o = \frac{s_x}{\sqrt{\frac{2H}{g}}} \quad (4)$$

ga teng ekanligi kelib chiqadi.

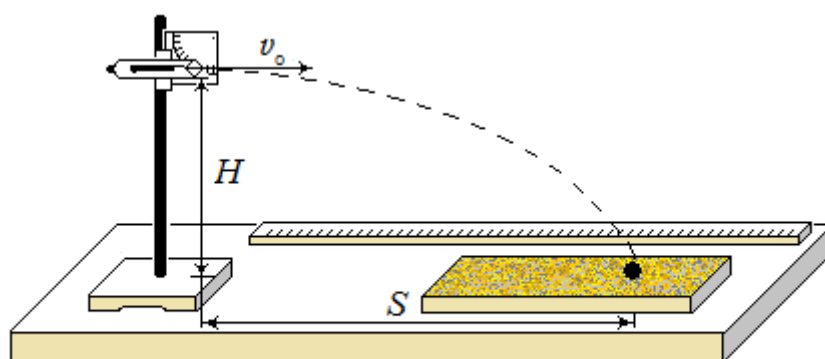
Tayanch iboralar

Murakkab harakat, gorizontol harakat, tortish kuchi, boshlang'ich tezlik, gorizontol otilgan jismning uchish uzoqligi, balandlik, jismning otilish tezligi, ballistik to'p ponna, o'lchov tasmasi, shtativ, qumli quticha.

Ishning bajarish tartibi

1. Yer sathidan $H=0,8; 1; 1,2 \text{ m}$ (balandlik ixtiyoriy bo'lishi mumkin) balandlikda to'p ponnani mahkamlash moslamalarni o'rnatish (5-rasm).

2. Dastlabki o'lchashni bajaring va o'qning borib tushish sohasini aniqlang. Shu vaqtda ikkinchi kuzatuvchi-o'quvchi o'qning borib tushish o'rnini belgilashga tayyor turishi kerak.



5-rasm.

3.1-jadval

No	$H, \text{ m}$	$s_x, \text{ m}$	$\langle s_x \rangle, \text{ m}$	$v_o, \text{ m/s}$	$\langle v_o \rangle, \text{ m/s}$	$\Delta v_{oi}, \text{ m/s}$	$\langle \Delta v_{oi} \rangle, \text{ m/s}$	$\varepsilon = \frac{\langle \Delta v_{oi} \rangle}{\langle v_o \rangle}, \%$
1.	H_1							
2.								
3.								
4.	H_2							
5.								
6.								
7.	H_3							
8.								
9.								

3. To'pponchadan har bir balandlik uchun uch martadan o'q otib, uning tushish joyini bo'r bilan belgilab, o'qning uchish uzoqligini o'lchang va natijalarni hisobot jadvaliga yozing.

4. Har bir H uchun o'rtacha uchish uzoqligi $\langle s \rangle$ ni va (4) ifodadan o'qning tezligini aniqlab, 3.1-jadvalga yozing.

5. Absolyut va nisbiy xatolikni aniqlab, uni jadvalga yozing.

6. O'qning tajribada aniqlangan tezligini $v_o = \langle v_o \rangle \pm \langle \Delta v_o \rangle$ ko'rinishda yozing.

Nazorat savollari

1. Gorizonttal otilgan jism koordinatalari x va y ning vaqtga bog'liqlik tenglamalarini yozing.

2. Gorizonttal otilgan jismning $x_0=0$ va $y_0=0$ hol uchun harakat trayektoriyasi tenglamasini keltirib chiqaring.

3. Gorizonttal otilgan jismning ixtiyoriy vaqt momentidagi tezligini hisoblash ifodasini keltirib chiqaring.

4. Gorizonttal otilgan jismning Yerga urilish momentidagi tezligi nimaga teng?

4 – Laboratoriya mashg'uloti

GORIZONTGA BURCHAK OSTIDA OTILGAN JISM HARAKATI

Ishning maqsadi: Gorizontga 30° , 45° , 60° burchaklar ostida otilgan jismning uchish uzoqligi va maksimal ko'rsatilish balandligini aniqlash.

Asbob va jihozlar

Ballistik to'pponcha, o'lchov tasmasi, laboratoriya shtativi (mufta va halqasi bilan), burchak o'lchovchi asbob, bo'r, qumli quticha va boshqa jihozlar.

Nazariy tushunchalar

Gorizontga qiya otilgan jism Yerning tortish kuchi ta'sirida murakkab harakat qiladi va uning harakat trayektoriyasi paraboladan iboratdir (6-rasm). Shu sababli harakatni ikkita o'q: x va y o'qlari bo'yicha tashkil etuvchi harakatlarga ajratib o'rganamiz.

Boshlang'ich v_o tezlik bilan otilgan jismning x o'qi bo'yicha tashkil etuvchisi: $v_{ox} = v_o \cdot \cos \alpha = v_x = \text{const}$, agar havoning qarshiligini hisobga olmasak, y o'qi bo'yicha tashkil etuvchisi, jism eng yuqori balandlikka ko'tarilguncha harakat tekis tezlanuvchan bo'lgani uchun, $v_{oy} = v_o \cdot \sin \alpha - gt$ ga teng bo'ladi. Istalgan vaqt momentidagi ko'tarilish balandligi

$$h = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

ga teng. Jism B nuqtadagi tezligi $v_y = 0$ ga teng bo'lguncha ko'tariladi. Bu nuqtada

$$v_y = v_o \cdot \sin \alpha - gt_k = 0$$

bo'ladi. Bu yerda t_k ko'tarilish vaqti bo'lib, bu tenglamadan u quyidagicha topiladi:

$$t_k = \frac{v_o \cdot \sin \alpha}{g}$$

Demak, jism harakat vaqtining $t=t_k$ qiymatida o'zining maksimal ko'tarilish balandligida bo'ladi. Bu balandlik jismning yuqoriga ko'tarilish balandligi formulasidan aniqlanadi:

$$h_{\max} = H = v_o \cdot t_k \cdot \sin \alpha - \frac{gt_k^2}{2} = \frac{v_o^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} \quad (1)$$

Jismning umumiy harakat vaqti $t_{um} = t_k + t_t$ ga teng, chunki tushish vaqti t_t ko'rsatilish vaqtiga teng, ya'ni $t_t = t_k = \frac{v_o \cdot \sin \alpha}{g}$; U holda

$$t_{um} = 2t_k = \frac{2v_o \cdot \sin \alpha}{g} \quad (2)$$

Maksimal uchish uzoqligi esa quyidagiga teng:

$$s_x = v_x \cdot t_{um} = \frac{2v_o^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g} = \frac{v_o^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \quad (3)$$

Bu formuladan jism otilgan boshlang'ich tezlikni quyidagicha topish mumkin:

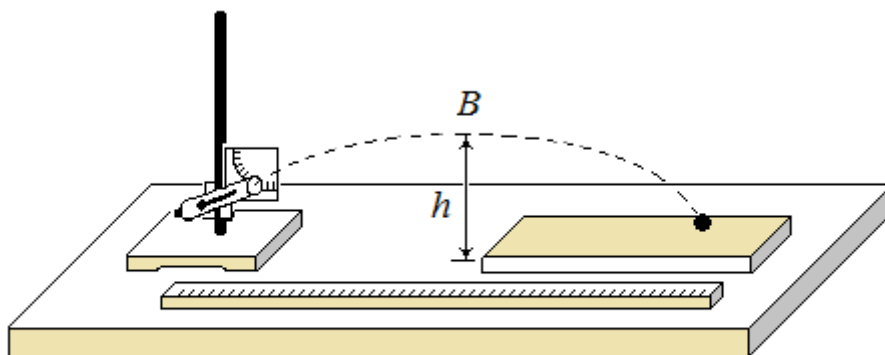
$$v_o = \sqrt{\frac{g \cdot s_x}{\sin 2\alpha}} \quad (4)$$

Tayanch iboralar

Murakkab harakat, gorizontga burchak ostida otilgan jism harakati, uchish uzoqligi, maksimal ko'rsatilish balandligi, boshlang'ich tezlik, ballistik to'pponcha, o'lchov tasmasi, shtativ, burchak o'lchovchi asbob, bo'r, qumli quticha.

Ishning bajarish tartibi

1. Ballistik to'pponchani shtativga berilgan α (30° , 45° , 60°) burchak ostida o'rnatish (6-rasm).
2. Sinov o'qini otib, uning borib tushish sohasini aniqlang va masofani o'lchash uchun kuzatuvchi qo'ying.
3. Berilgan burchak ostida to'pponchadan oting, bunda kuzatuvchi o'qning borib tushish joyini bo'r bilan belgilaydi va s_x masofani o'lchaydi.



6-rasm.

4. Har bir burchak qiymati uchun tajribani uch marta o'tkazib, s_x larni o'lchab, o'rtachasini toping va jadvalga yozing.

5. Boshlang'ich tezlik qiymatlarini (4) formuladan aniqlab, o'rtacha qiymatini hisoblab jadvalga yozing.

4.1-jadval

№	α	s_1, m	s_2, m	s_3, m	$\langle s_x \rangle, m$	$\langle H \rangle, m$	$v_o, m/s$	$\langle v_o \rangle, m/s$	$\Delta v_o, m/s$	$\langle \Delta v_o \rangle, m/s$	$\varepsilon, \%$
1.	30°										
2.	45°										
3.	60°										

6. Boshlang'ich tezlikning o'rtacha qiymati uchun maksimal ko'tarilish balandligi H ning o'rtacha qiymatini aniqlang.

7. Tezlikni aniqlashning nisbiy xatolikini hisoblang va natijani $v_o = \langle v_o \rangle \pm \langle \Delta v_o \rangle$ ko'rinishda yozing.

Nazorat savollari

1. Gorizontga burchak ostida otilgan jismning koordinatalari x va y ning vaqtga bog'liqlik tenglamalarini yozing.

2. Jismning ko'rsatilish vaqti t_k ni uning pastga tushish vaqti t_t ga tengligini isbot qiling.

3. Jismning maksimal ko'tarilish balandligini hisoblash ifodasini keltirib chiqaring.

4. Jismning maksimal uchish uzoqligini hisoblash ifodasini tushuntiring.

5 – Laboratoriya mashg'uloti

JISMLARNING QIYA TEKISLIK OXIRIDAGI TEZLIKLARI

Ishning maqsadi: 1. Qiya tekislikda jism harakatini o'rganish. 2. Qiya tekislik oxiridagi tezlik jism turiga va sirpanish sirtining holatiga bog'liqligini o'rganish.

Asbob va jihozlar

Qiya tekislik, qumli quticha, chizg'ich, to'g'ri geometrik shakldagi har xil jismlar, elektron sekundomer va boshqa yordamchi jihozlar.

Nazariy tushunchalar

Jism (shar, silindr) biror h balandlikda mgh potensial energiyaga ega bo'ladi. Agar shar shaklidagi jism qiya tekislik bo'ylab harakatlansa, shu tekislik oxirida $\frac{mv^2}{2}$ kinetik energiyaga hamda aylanish natijasida $\frac{J\omega^2}{2}$ energiyaga ega bo'ladi.

Energiyaning saqlanish qonuniga binoan, qiya tekislik bilan harakatlanayotgan jism orasidagi ishqalanishni e'tiborga olmaydigan darajada kichik deb olinganda, potensial energiyani quyidagicha ifodalash mumkin.

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} \quad (1)$$

Qiya tekislik oxiridagi tezlik $\omega = \frac{v}{R}$ ekanligini e'tiborga olgan holda (1) formuladan nazariy tezlikni topamiz.

$$v_{naz} = \sqrt{\frac{2gh}{1 + \frac{J}{mR^2}}} \quad (2)$$

Bunda

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{J}{mR^2}}} \quad (3)$$

R-o'rganilayotgan shar (jism) radiusi, ω -qiya tekislik oxiridagi sharning burchak tezligi.

Shar va silindrning tezligini topishda inersiya momenti formulalari

$$J_{sh} = \frac{2}{5} mR_{sh}^2 \quad (4)$$

$$J_s = 0,5mR_s^2 \quad (5)$$

dan foydalanamiz. (4) va (5) ifodalarni (3) ga qo'yib, qiya tekislik balandligini va g ning qiymatini bilgan holda jismlarning qiya tekislik oxiridagi tezligini (2) formuladan topish mumkin.

$$v_{n.sh} = \sqrt{\frac{10}{7}gh}, \quad v_{n.s} = \sqrt{\frac{4}{3}gh} \quad (6)$$

Tajriba yo'li bilan tezlik quyidagicha topiladi:

Qiya tekislik oxiridagi jism tezligi gorizont va vertikal tashkil etuvchilarga ajratiladi va ilgarilanma harakat qonunidan

$$\begin{aligned} x &= v_x t, \quad y = v_y t + \frac{gt^2}{2} = v_y \frac{x}{v_x} + \frac{gt^2}{2} \\ y &= x \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \quad (7)$$

Bu formulada x -gorizont ko'chish, y -vertikal bo'yicha jism o'tgan yo'l, t -jism ko'chishi davomida ketgan vaqt.

$$t = \frac{x}{v_x} = \frac{x}{v \cos \alpha}, \quad t = \frac{2}{g} \sqrt{(y - x \cdot \operatorname{tg} \alpha)}$$

Bundan tezlikni topamiz:

$$v = \frac{x}{t \cdot \cos \alpha} \quad (8)$$

Yuqoridagi formulalarni bir umumiy yo'nalishda yechib va soddalashtirib qiya tekislik oxiridagi tezlik uchun quyidagi ifoda topiladi, ya'ni:

$$v = \frac{x\sqrt{g}}{\sqrt{2 \cdot \cos \alpha} \sqrt{(y - x \cdot \operatorname{tg} \alpha)}} \quad (9)$$

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Mazkur ishni bajarishda burchagi rostlanadigan qiya tekislikdan foydalaniladi (7-rasm). Qurilma qiya tekisligining burchagini vertikal tayanch yordamida o'zgartirish yo'li bilan jismning har xil burchak ostida sirpanib, dumalab tushishiga sharoit yaratiladi. Qiya tekislik ustiga turli xil materiallar joylashtirib, har xil materiallar uchun qiya tekislik oxiridagi tezlik topiladi.

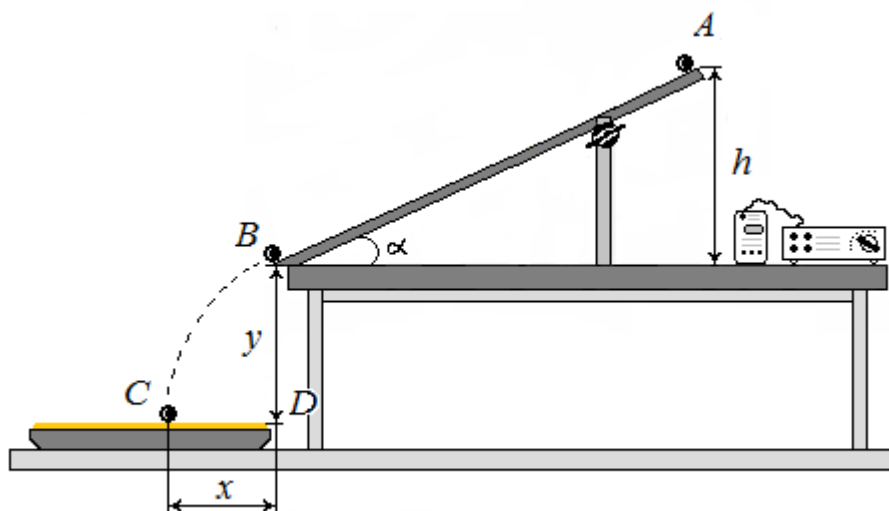
Tayanch iboralar

Qiya tekislik, kinetik energiya, energiyaning saqlanish qonuni, potentsial energiya, burchakli tezlik, inersiya momenti, qumli quticha, chizg'ich, to'g'ri geometrik shakldagi jism, elektron sekundomer.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va uni bajarish uchun kerakli jihozlarni tekshiring.

2. $x=DC$ masofani (C nuqta-qumdagi belgigacha) o'lchang va $y=DB$ masofa har xil h balandlik uchun o'zgaras ekanligini unutmang.



7-rasm.

5.1-jadval

№	h, m	t, s	x, m	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$	y, m				
						$v_{taj}, m/s$	$v_n, m/s$	$\Delta v, m/s$	$\langle \Delta v \rangle, m/s$	$\varepsilon = \frac{\langle \Delta v \rangle}{\langle v_o \rangle}, \%$
1.										
2.										
3.										

3. Formula (9) dan foydalanib, jismning B nuqtadagi tezligini toping. Aniqlanadigan natija (6) formuladan topiladi.

4. (8) formuladan foydalanib, har xil jismlar uchun harakatlanish vaqtini toping. Topilgan natijalarni 5.1-jadvalga kiriting.

5. O'lchash xatoliklarini foizlarda ifodalang.

Nazorat savollari

1. Mexanik energiyaning saqlanish qonunini ta'riflang.
2. Harakatlarning mustaqillik prinsipi nima?
3. Ilgarilanma va aylanma harakat kinetik energiyalarini formulalarini yozing va ularning farqini tushuntiring.
4. Jismning inersiya momenti deganda nimani tushunasiz?

6 – Laboratoriya mashg'uloti

TO'G'RI GEOMETRIK SHAKLDAGI JISMLARNING ZICHLIGI

Ishning maqsadi: 1. Jismlarni tarozida tortib, ularning massalarini aniqlashni o'rganish. 2. Har xil to'g'ri geometrik shakldagi jismlarning massalarini tarozi yordamida o'lchab va ularning chiziqli o'lchamlari orqali hajmini topib, moddalarning zichligini aniqlashni o'rganish.

Asbob va jihozlar

Zichligi o'lchanishi zarur bo'lgan turli geometrik shakldagi jismlar, shtangentsirkul, mikrometr, tarozi toshlari, chizg'ich va boshqa jihozlar.

Nazariy tushunchalar

Moddalarning zichliklari ularning turlariga qarab har xil bo'ladi. Zichlik fizik kattalik bo'lib, jism massasining hajmiga nisbatiga teng va ρ harfi bilan belgilanadi, hamda SI o'lchov birliklari sistemasiga $\frac{kg}{m^3}$ da o'lchanadi. Moddaning zichligini aniqlash uchun uning massasi tarozida tortiladi va hajmini o'lchash usuli bilan aniqlab, bu kattaliklarning qiymatlari $\rho = \frac{m}{V}$ formulaga qo'yiladi va zichlik hisoblash yo'li bilan topiladi. Agar jism biror oddiy geometrik shaklga ega bo'lsa, jismning hajmi chiziqli o'lchamlarni o'lchash orqali aniqlanadi.

Aniq geometrik shaklga ega bo'lgan jismlarning zichligini aniqlashda quyidagi shakllardan foydalanish mumkin:

1. Parallelepiped shakldagi jismlarning uzunligi l , eni b va balandligi h bo'lsin. U holda parallelepipedning hajmi quyidagiga teng bo'ladi, yani

$$V = lbh \quad (1)$$

Agar tarozida tortilgan jismning massasi m bo'lsa, uning zichligi ifodadan hisoblab topiladi:

$$\rho = \frac{m}{lbh} \quad (2)$$

2. Kub shaklidagi jism qirrasining uzunligi l bo'lsa, uning hajmi $V = l^3$ bo'lganligidan, kub shaklidagi jismning zichligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\rho = \frac{m}{l^3} \quad (3)$$

bunda m -jism massasi.

3. Silindr shaklidagi jismning balandligi h radiusi R bo'lsa, uning hajmi $V = \pi R^2 h$ bo'ladi, binobarin, zichligi quyidagi ifodadan topiladi

$$\rho = \frac{m}{\pi R^2 h} \quad (4)$$

4. Shar shaklidagi jismning radiusi R bo'lsa, uning hajmi $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ bo'ladi, mos ravishda zichligi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\rho = \frac{3m}{4\pi R^3} \quad (5)$$

Geometrik shakldagi qattiq jismlarning o'lchamlari chizg'ich, shtangentsirkul, mikrometr yoki o'lchov tasmasidan foydalanib o'lchanadi. Kichik o'lchamdagi jismlarning chiziqli o'lchamlari shtangentsirkul va mikrometr yordamida bir necha bor o'lchanadi va ularning o'rtacha qiymati olinadi.

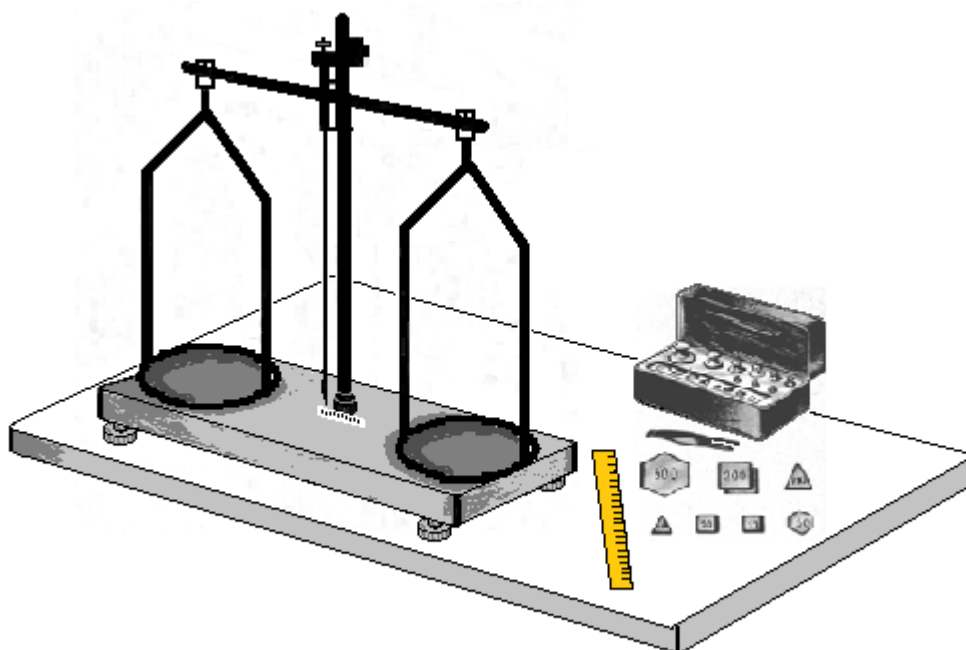
Shtangentsirkulning o'zaro sirpanuvchi ichki tomonlari bir-biriga zich tegib turgan holda chizg'ichdagi shkalaning noli bilan nonius noli ustma-ust tushadi. O'lchanishi kerak bo'lgan jism shtangentsirkul jag'lari orasiga ohista joylashtiriladi. Jag'larning ichki tomonlari jism sirtlariga zich tekkandan so'ng, vint mahkamlanadi va shtangentsirkulning asosiy shkalasi hamda noniusidan foydalanib, jismning o'lchami aniqlanadi.

Tayanch iboralar

Massa, zichlik, hajm, geometrik shakl, parallelepiped, kub, shar, silindr, shtangentsirkul, nonius, shkala, mikrometr, tarozi.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Jismlarning massasini richagli yoki analitik tarozi yordamida 4-5 marta 0,0001 kg aniqlikkacha tortib aniqlang (8-rasm).



8-rasm.

3. Jismlarning chiziqli o'lchamlarini shtangentsirkul yoki mikrometr yordamida (ularning o'lchash aniqligi darajasigacha bo'lgan aniqlikda) 4-5 marta o'lchang.

4. (2), (3), (4) va (5) formulalarning biridan foydalangan holda berilgan jismlarning zichliklarini hisoblab toping.

5. Har bir jism uchun zichlikning o'rtacha qiymatini toping va adabiyotlarda keltirilgan jadvallardagi moddalar zichliklari qiymatlaridan foydalanib, jismlar qanday moddadan yasalganligini aniqlang.

6. Absolyut, nisbiy, o'rta kvadratik va eng katta ehtimoliy xatoliklarni hisoblang.

Nazorat savollari

1. Moddaning zichligi deb nimaga aytiladi? Zichlik qanday birliklarda o'lchanadi?

2. Zichlik jismning shakliga bog'liqmi? Temperaturagachi? Geografik kenglikkachi?

3. Shaynli tarozi bilan prujinali tarozi orasida qanday farq bor? Bu tarozilar yordamida jismlarning og'irliklari qanday o'lchanadi?

4. Qanday o'lchov asboblarini bilasiz va ular bilan qanday aniqlikkacha o'lchash mumkin?

7 – Laboratoriya mashg'uloti

QATTIQ JISMLARNING SIRPANISH ISHQALANISH KOEFFITSIYENTI

Ishning maqsadi: Tashqi ishqalanishni o'rganish, uning turlari bilan tanishish, sirpanish ishqalanish koefitsiyentini aniqlash.

Asbob va jihozlar

Chizg'ich, o'lchov lentasi, dinamometr, yog'och brusok, bir necha yuklar.

Nazariy tushunchalar

Ishqalanish kuchlari bir biriga tegib turgan turli jismlarning o'zaro ta'siri tufayli yuzaga keladi. Bu kuchlar jismlarning nisbiy harakatiga to'sqinlik qiladi va hamma vaqt jismlarning urinish sirti bo'ylab nisbiy tezlikka teskari yo'naladi. Jismlarning bir-biriga tegib turgan sirtlari ideal tekis emas. Sirtidagi g'adir-budirliklar jism harakatiga to'sqinlik qiluvchi va harakatlanuvchi kuch yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan ishqalanish kuchini vujudga keltiradi. Stol ustiga qo'yilgan brusokni ko'raylik (9-rasm). Brusokka bir-biriga teng va qarama-qarshi yo'nalgan $\vec{N}$ reaksiya va $\vec{P}$ normal bosim kuchlari ta'sir qiladi. Bu kuchlarning algebraik yig'indisi nolga teng. Agar brusokka stol sirtiga parallel yo'nalgan kichikroq $\vec{F}$ kuch bilan ta'sir qilinsa, jism dastlab qo'zg'almay turishi mumkin. Bu esa stol bilan brusokning bir biriga tegib turgan sirtlari orasida F kuchga teskari yo'nalgan $\vec{F}_{ish}$ ishqalanish kuchi vujudga kelayotganini bildiradi. Bir-biriga tegib turgan jismlarning nisbiy ko'chishi bo'lmagan holdagi ishqalanish *tinchlikdagi ishqalanish* deyiladi. $\vec{F}_{ish}$ tinchlikdagi ishqalanish kuchi jismga ta'sir

etayotgan $\vec{F}$ kuchning $\vec{F}_s$ ortishi bilan ortib boradi. Lekin bu ortish $\vec{F}$ kuchining ma'lum chegaraviy qiymatgacha davom etadi. $\vec{F} > \vec{F}_s$ bo'lganda jism harakatga keladi, ya'ni nisbiy ko'chish sodir bo'ladi. Bir-biriga tegib turgan jismlarning nisbiy ko'chishi mavjud bo'lgan holdagi ishqalanish *sirpanish ishqalanish* deyiladi. O'lchashlar sirpanish ishqalanish kuchi absolyut qiymati jihatidan tinchlikdagi ishqalanish kuchining $\vec{F}_s$ chegaraviy qiymatiga taxminan teng ekanligini ko'rsatadi. Tajribalar yordamida $\vec{F}_s$ sirpanish ishqalanish kuchi $\vec{N}$ normal bosim kuchiga proporsional ekanligiga ishonch hosil qilish mumkin:

$$\vec{F}_s = \mu \vec{P} \quad (1)$$

bunda μ -proporsionallik koeffitsiyenti, *sirpanish ishqalanishi koeffitsiyenti* deyiladi.

Sirpanish ishqalanish koeffitsiyentini ikki usul bilan o'lchash mumkin.

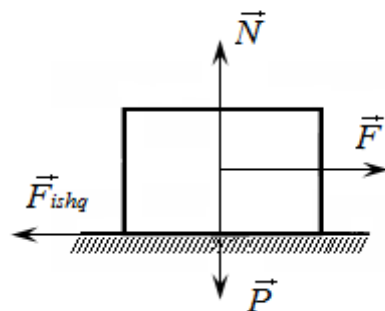
1-usul. Bu usulda ustiga yuklar qo'yilgan brusokni gorizontol sirtida bir tekis harakatlantirib tortish uchun kerak bo'ladigan kuch dinamometr bilan o'lchanadi. Bu kuch absolyut qiymati jihatidan brusokka ta'sir etuvchi $\vec{F}_s$ ishqalanish kuchiga teng. Brusokning ustidagi yuklari bilan birgalikdagi P og'irligi ham o'sha dinamometr yordamida aniqlanadi. Bu og'irlik brusokning sirpanib ketayotgan sirtga beradigan normal bosim kuchiga teng. $\vec{F}$ va $\vec{P}$ ni shu usul bilan aniqlab olib, ishqalanish koeffitsiyenti topiladi:

$$\mu = \frac{\vec{F}_c}{\vec{P}} \quad (2)$$

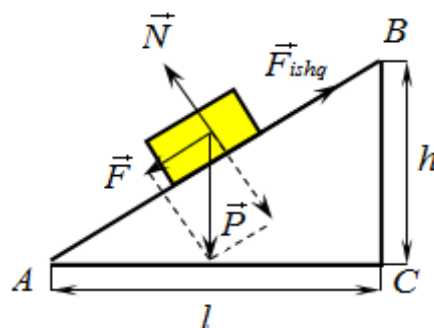
2-usul. Sirpanish ishqalanish koeffitsiyentini o'lchashning ikkinchi usuli tajribada kuchlarni emas, balki kesma uzunliklarini aniqlash orqali amalga oshiriladi. Buning uchun brusokning qiya tekislikdagi (tribometrda) qiladigan tekis harakatidan fodalaniladi. Tekislikning gorizontga nisbatan og'ish burchagi α ortib, uning qiymati $tg \alpha = \mu$ shartini qanoatlantiradigan bo'lgan zahoti jism qiya tekislikda tekis sirpana boshlaydi. 10-rasmdagi ABC uchburchakdan

$$tg \alpha = \frac{h}{l}, \quad \mu = \frac{h}{l} \quad (3)$$

ekanligi ko'rinib turibdi. Ishqalanish koeffitsiyentini topish uchun qiya tekislikning unda brusok sirpana boshlaydigan holdagi og'malarni belgilaydigan balandligi va asosini o'lchashning o'zi kifoya ekanligi formuladan kelib chiqadi yoki α ni o'lchab, $tg \alpha$ ni topish kifoya qiladi.



9-rasm.



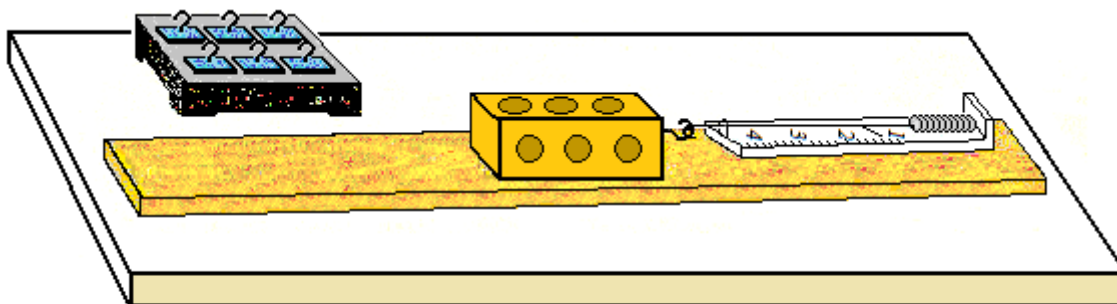
10-rasm.

Tayanch iboralar

Sirpanish ishqalanish kuchi, sirpanish ishqalanish koefitsiyenti, og'irlik kuchi, reaksiya kuchi, normal bosim kuchi, tinchlikdagi ishqalanish, og'ish burchagi, qiya tekislik, chizg'ich, o'lchov lentasi, dinamometr, yog'och brusok.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Brusokni gorizontal yotqizilgan yog'och ustiga qo'ying (11-rasm). Brusok ustiga yuk qo'ying.
3. Brusokka dinamometr ilib, uni chizg'ich bo'yicha imkoni boricha tekis torting. Bunda dinamometr ko'rsatishini qayd qiling.
4. Yuk va brusokning og'irligini dinamometr bilan aniqlang
5. (2) formuladan foydalanib, ishqalanish koefitsiyentini toping.
6. Brusok ustiga bir necha yuk qo'yib tajribani takrorlang .
7. Turli tajribalarda topilgan ishqalanish koefitsiyentlarining o'rtacha arifmetik qiymatini toping.
8. Har bir tajribaning xatoligini toping.



11-rasm.

9. Tajriba xatoliklarining o'rtacha arifmetik qiymati $\langle \Delta\mu \rangle$ ni aniqlang.
10. Tajriba natijalarini 7.1-jadvalga kiriting.
11. O'lchash natijasini $\mu = \langle \mu \rangle \pm \langle \Delta\mu \rangle$ ko'rinishida yozib qo'ying.

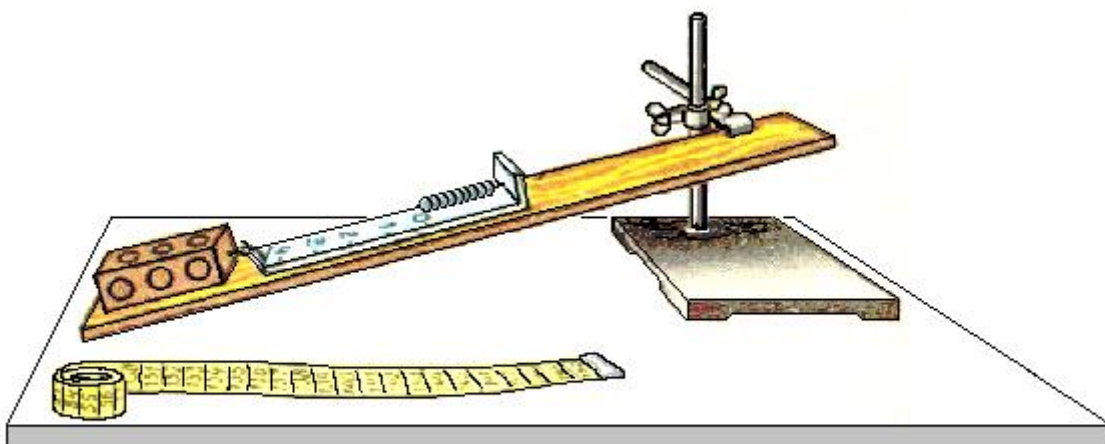
7.1 - jadval

№	$\vec{F}_{ishq},$ N	$\vec{P},$ N	μ	$\Delta\mu$	$\varepsilon = \frac{\langle \Delta\mu \rangle}{\langle \mu \rangle} \cdot 100\%$
1.					
2.					
3.					
O'rtacha qiymatlar					

12. Yukli brusokni chizg'ich ustiga qo'ying, chizg'ichning bir uchini ko'tarib, chizg'ichda brusok sirpana boshlanguncha og'maligini asta-sekin o'zgartiring (12-rasm).

13. Chizg'ichni shu vaziyatda shtativ panjasiga qistirib, bunda brusok tekis harakatlanayotganiga ishonch hosil qiling.

14. Qiya tekislikning h balandligi, l asosini o'lchov tasmasi bilan o'lchang va α ni toping.



12-rasm.

15. (3) formuladan foydalanib, ishqalanish ko'effitsiyentini aniqlang.

16. Brusok ustidagi yuklar sonini o'zgartirib, tajribani bir necha marta takrorlang.

17. Topilgan ishqalanish ko'effitsiyentlarining o'rtacha arifmetik qiymatini va o'lchashlarining o'rtacha xatosini aniqlang.

18. Topilgan natijalarni 7.2-jadvalga kiriting.

7.2-jadval

No	Yuklar soni	$\vec{F}_{ish}, N$	$\vec{P}, N$	μ	$\Delta\mu$	$\frac{\langle\Delta\mu\rangle}{\langle\mu\rangle} \cdot 100\%$
1.						
2.						
3.						
O'rtacha qiymatlar						

19. O'lchash natijasini $\mu = \langle\mu\rangle \pm \langle\Delta\mu\rangle$ ko'rinishda yozib qo'ying.

20. Ishqalanish ko'effitsiyentining 1- va 2- usul bilan topilgan qiymatlarini solishtiring.

Nazorat savollari

1. Ishqalanish kuchi nima?
2. Tinchlikdagi ishqalanish deb qanday ishqalanishga aytiladi?
3. Sirpanish ishqalanishi qachon mavjud bo'ladi?
4. Sirpanish ishqalanish ko'effitsiyenti qanday o'lchanadi?

8 – Laboratoriya mashg'uloti

MATEMATIK MAYATNIK TEBRANISH DAVRI VA ERKIN TUSHISH TEZLANISHI

Ishning maqsadi: Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash va tebranish qonunlarini o'rganish.

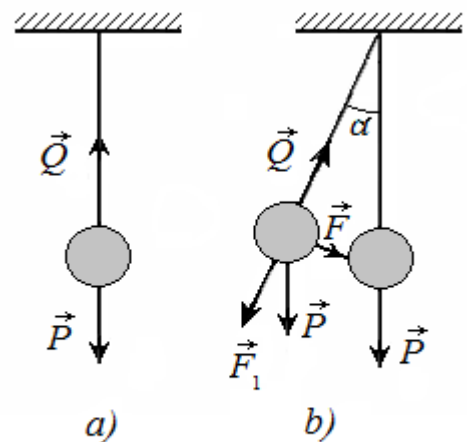
Asbob va jihozlar

Matematik mayatnik, sekundomer, o'lchov tasmasi yoki chizg'ich.

Nazariy tushunchalar

Og'irlik markazi jism osilgan nuqtadan pastda joylashgan va tebranma harakat qiluvchi jism (yoki sistema) mayatnik deb ataladi. Uzun, vaznsiz, cho'zilmaydigan ipga osilgan moddiy nuqta *matematik mayatnik* deyiladi. Uzun ipga osilgan massiv sharchadan iborat sistemani ko'rib chiqaylik. Agar sharchaning o'lchamlari ipning uzunligiga nisbatan ancha kichik bo'lsa, sharchaning o'lchamlarini e'tiborga olmay, uni moddiy nuqta deb qarash mumkin. Ipning massasi sharchaning massasidan juda ham kichik bo'lgani uchun uni va ipning cho'zilishini e'tiborga olmaslik mumkin. Shunday sistema amalda matematik mayatnik kabi harakat qiladi. Mayatnik harakat qilmayotganda sharchaga ta'sir etuvchi $\vec{P} = mg$ og'irlik kuchi va ipning $\vec{Q}$ taranglik kuchi bir-birini muvozanatlaydi (13-a rasm).

Mayatnikni muvozanat vaziyatidan uncha katta bo'lmagan burchakka og'dirib, qo'yib yuboraylik (13-b rasm). Bu holda ham sharchaga ikkita: $\vec{P}$ og'irlik kuchi va ipning $\vec{Q}$ taranglik kuchlari ta'sir qiladi. Lekin biz ularni hisobga olmasa ham bo'ladigan darajada kichik deb qaraymiz. $\vec{P}$ og'irlik kuchini ip bo'ylab yo'nalgan $\vec{F}_x$ va ipga perpendikular yo'nalgan $\vec{F}$ tashkil etuvchilarga ajratish qulay. Ipning $\vec{Q}$ taranglik kuchi va og'irlik kuchining $\vec{F}_1$



13-rasm.

tashkil etuvchisi bir-birini muvozanatlaydi. Og'irlik kuchining kuchga perpendikular yo'nalgan tashkil etuvchisi sharchani muvozanat vaziyatiga qaytaruvchi kuchdir. Bu kuch ta'sirida sharcha muvozanat vaziyati tomon harakat qiladi. $\vec{F}$ kuchning yo'nalishi sharcha tezligi yo'nalishi bilan bir xil, shuning uchun sharchaning tezligi oshib boradi. Sharcha muvozanat vaziyatiga yaqinlashgani sari $\vec{F}$ tashkil etuvchi kamayib boradi va sharcha muvozanat vaziyatidan o'tayotganda nolga teng bo'ladi. Lekin sharcha o'z inertligi tufayli harakatini davom ettirib, mayatnikning qarama-qarshi tomoniga og'a boshlaydi.

Bu holda $\vec{F}$ tashkil etuvchi sharcha tezligiga qarshi yo'nalgan bo'ladi. Shuning uchun sharchaning tezligi kamaya boshlaydi va α burchakka og'ganida

sharcha to'xtaydi. $\vec{F}$ kuch α burchak ortib borishi bilan ko'payib boradi va sharchaning eng chetki vaziyatida eng katta qiymatga erishadi hamda muvozanat vaziyati tomon yo'naladi. Shundan keyin jarayon takrorlanadi.

Jismning muvozanat vaziyatidan goh bir tomonga, goh ikkinchi tomonga og'ishi *tebranma harakat* deyiladi. Matematik mayatnikning harakati tebranma harakatga misol bo'ladi.

Tebranma harakat qilayotgan jismning biror vaziyatdagi bir tomonga ketma-ket ikki marta o'tishi o'rtasidagi harakati *to'liq tebranish* deyiladi. Bitta to'liq tebranish uchun ketgan vaqt *tebranish davri* deyiladi:

$$T = \frac{t}{N} \quad (1)$$

SI sistemasidagi tebranish davri sekundlarda o'lchanadi. Bir sekunddagi tebranishlar soni ν *tebranish chastotasi* deb ataladi:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{N}{t} \quad (2)$$

Tebranish chastotasining o'lchov birligi uchun Hz $\left(1\text{Hz} = \frac{1}{s}\right)$ qabul qilingan.

Tebranma harakat qilayotgan jismning muvozanat vaziyatidan eng chetga chiqish masofasi *tebranish amplitudasi* deyiladi. Tebranish amplitudasi uncha katta bo'lmaganda, matematik mayatnik tebranishlari quyidagi qonunlarga bo'ysunadi:

1. Tebranish davri matematik mayatnik massasiga va tebranish amplitudasiga bog'liq emas.

2. Tebranish davri mayatnik l uzunligining kvadrat ildiziga to'g'ri proporsional, g erkin tushish tezlanishining kvadrat ildiziga esa teskari proporsional:

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

3. Matematik mayatnikning ixtiyoriy vaqt momenti uchun muvozanat vaziyatidan siljish masofasi kosinus yoki sinus qonunlariga bo'ysunadi:

$$x = A\cos(\omega t + \varphi_0), \quad x = A\sin(\omega t + \varphi_0)$$

Bu yerda A -tebranishning amplitudasi, $\omega = 2\pi\nu$ -davriy chastota; t -vaqt. Kosinus yoki sinusning argumenti $\omega t + \varphi_0$ -tebranish fazasi, φ_0 -boshlang'ich faza deb ataladi.

Jismning tebranish parametrlari (vaziyati) sinus yoki kosinus qonuniga asosan o'zgaradigan harakati *garmonik tebranishlar* deyiladi.

Matematik mayatnikning tebranish davrini aniqlash uchun uni tebranma harakatga keltirgach, N ta to'liq tebranish uchun ketgan vaqt aniqlanadi. Tebranish davri (1) ifoda orqali hisoblanadi. (3) ifodadan g topilsa, u quyidagiga teng:

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

Tayanch iboralar

Matematik mayatnik, erkin tushish tezlanishi, tebranma harakat, to'liq tebranish, tebranish davri, tebranish chastotasi, tebranish amplitudasi, tebranish fazasi, boshlang'ich faza, garmonik tebranishlar, davriy chastota, og'irlik kuchi, taranglik kuchi, sekundomer.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Matematik mayatnikni yig'ing. Buning uchun sharchani ipga osing va ipning ikkinchi uchini shtativdagi g'altakka o'rab bog'lang.
3. Mayatnik ipining uzunligini o'lchang. Sharchani bir tomonga biroz og'diring. Uni harakatga keltiring va shu paytning o'zida sekundomer milining boshlang'ich vaziyatini belgilab qo'ying.
4. 1-1,5 minutga teng vaqt ichidagi to'liq tebranishlar sonini aniqlang.
5. Uzunligi har xil bo'lgan mayatniklar bilan tajribani 5-6 marta takrorlang.
- (4) ifoda orqali g erkin tushish tezlanishini hisoblang.
6. Erkin tushish tezlanishini aniqlashdagi xatolikni baholang.
7. Natijalarni quyidagi jadvalga yozing.

8.1-jadval

N_0	N	t, s	T, s	l, m	$g, m/s^2$	$\langle g \rangle, m/s^2$	$\Delta g, m/s^2$	$\langle \Delta g \rangle, m/s^2$	$\varepsilon = \frac{\langle \Delta g \rangle}{\langle g \rangle}, \%$
1.									
2.									
3.									

8. Aniqlangan kattalikni $g = \langle g \rangle \pm \langle \Delta g \rangle$ ko'rinishida yozing.
9. Tebranish davri T^2 ning mayatnik uzunligi l ga bog'liqlik grafigini chizing.

Nazorat savollari

1. Garmonik tebranma harakat deb qanday harakatga aytiladi?
2. Tebranish davri va chastotasini ta'riflang.
3. Matematik mayatnik nima? Uning harakatini tavsiflab bering.
4. Matematik mayatnikning tebranish davri nimalarga bog'liq?
5. Bir xil vaqt ichida biri 5 marta, ikkinchisi 20 marta tebranadigan ikkita mayatnikning uzunliklari qanday nisbatda bo'ladi?
6. Mayatnik suvda harakat qilsa, uning tebranish davri qanday o'zgaradi? Temir sharchali mayatnik ostiga magnit joylashtirilsachi?

9 – Laboratoriya mashg'uloti

PRUJINALI MAYATNIKNING TEBRANISH DAVRI VA DAVRIY CHASTOTASI

Ishning maqsadi: Prujinali mayatnik tebranishi qonuniyatlarini: a) xususiy tebranishlar davrining osilgan yuk massasiga bog'liqligini o'rganish; b) davriy chastotaning yuk massasiga bog'liqligini o'rganish.

Asbob va jihozlar

Shkalali shtativ, bikrligi turlicha bo'lgan prujinalar to'plami, turli og'irlikdagi yuklar to'plami, elektron sekundomer.

Nazariy tushunchalar

Prujinaga osilgan yukning tebranma harakati eng sodda, ya'ni garmonik tebranishdir. Prujina tebranishining harakat tenglamasi quyidagicha:

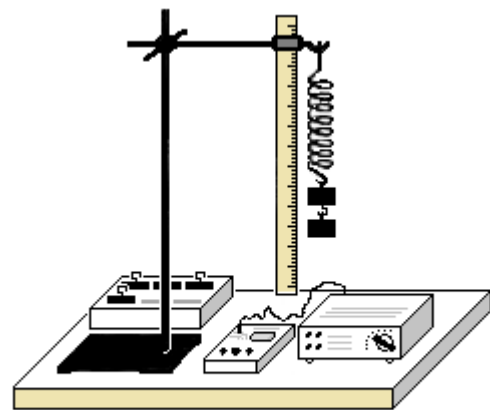
$$x = A \sin \omega t \quad (1)$$

Prujinaga osilgan yukni tebranma harakatga keltirib va N marta to'la tebranishi uchun ketgan t vaqtni tajribada aniqlab, $T = \frac{t}{N}$ dan mayatnikning

tebranish davrini, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ dan davriy chastotasini topish mumkin. Mayatnikning tebranishlar davrining va davriy chastotasining yuk massasiga bog'liqligini tekshirish uchun bikrligi ($k = \frac{\vec{P}}{\Delta l}$) ma'lum bo'lgan prujinalardan va turli massali (5-6 ta) yuklardan foydalaniladi.

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Qurilma laboratoriya shtativi, bikrligi har xil bo'lgan prujinalar, har xil og'irlikdagi yuklar, elektron sekundomer va boshqa yordamchi jihozlardan tashkil topgan. Qurilmani ishga tushirish uchun shtativ sterjeniga, ma'lum balandlikda gorizontol holda ilgak mahkamlanadi (14-rasm). Yig'ilgan qurilmaning ilgagiga yuk osiladi. Yukli prujinani pastga qarab bir necha santimetr tortib qo'yib yuboriladi va shu onda sekundomer ham ishga tushiriladi.



14-rasm.

Tayanch iboralar

Tebranma harakat, prujinali mayatnik, tebranish qonuniyatlari, xususiy tebranishlar davri, massa, tebranish vaqti, davriy chastota, tebranishning harakat tenglamasi, garmonik tebranish, prujina bikrligi, shtativ, elektron sekundomer.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Ma'lum bikrlidagi prujinani shtativga iling.
3. Tarozi yordamida yuklarning mos ravishda m_1, m_2, m_3 massalarini o'lchab oling.
4. Prujinaga m_1 massali yukni osing va uni muvozanat vaziyatidan pastga 30-50 mm og'dirib qo'yib yuboring va shu onda elektron sekundomerni ishga tushiring.
5. Mayatnikning N marta (40-50) to'la tebranishiga ketgan vaqtni sekundomer yordamida aniqlang.
6. $T = \frac{t}{N}$ munosabatdan mayatnikning tebranish davrini hisoblang.
7. Mayatnikning erkin tebranishlari davriy chastotasini $\omega = \frac{2\pi}{T}$ va $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m_1}}$ ifodalardan foydalanib hisoblang. Tajribada aniqlangan va ma'lum natijalarni bir-biri bilan taqqoslang.
8. 3- va 6-bandlarda qayd etilgan vazifalarni qolgan yuklar va prujinalar uchun ham bajaring.

9.1-jadval

№	m, kg	I prujina		II prujina		III prujina	
		T^2, s^2	ω_o^2, s^{-2}	T^2, s^2	ω_o^2, s^{-2}	T^2, s^2	ω_o^2, s^{-2}
1.							
2.							
3.							

9. Har bir prujina uchun T^2 va ω_o^2 qiymatlarni hisoblang.
10. Tajribada topilgan natijalarni 9.1-jadvalga kiriting.
11. T^2 va ω_o^2 larning yukning m massasiga bog'liqlik grafigini chizing va uni tahlil qiling.

Nazorat savollari

1. Qurilmaning ishlash tartibini aytib bering.
2. Tebranish davriga ta'rif bering.
3. Erkin tebranish chastotasi deb nimaga aytiladi?
4. Garmonik tebranish deb nimaga aytiladi?
5. Prujinali mayatnikning xususiy tebranishlari tenglamasini yozing. U qanday kattaliklarga bog'liqligini tushuntiring.
6. Davriy chastotaning yuk massasiga bog'liqligini tushuntiring.
7. Tebranishlarning so'nish koeffitsiyenti qanday aniqlanadi.

10 – Laboratoriya mashg'uloti

PRUJINA BIKRLIGI

Ishning maqsadi: $\vec{F}_{el}$ elastiklik kuchini muvozanatlaydigan $\vec{F}_{og'} = m\vec{g}$ og'irlik kuchining qiymatlari turlicha bo'lganda prujinaning uzayishlarini o'lchashdan prujinaning bikrligini $k = \frac{\vec{F}_{el}}{|x|}$ Guk qonuni asosida topish.

Asbob va jihozlar

Prujina, shtativ, yuklar to'plami, dinamometr, chizg'ich.

Nazariy tushunchalar

Tabiatda mutloq qattiq jism uchramaydi. Hamma jismlar deformatsiyalanadi.

Tashqi kuch ta'sirida qattiq jismlarning shakli yoki hajmining o'zgarishiga *deformatsiya* deb aytiladi.

Jismning ichki xususiyatiga qarab deformatsiya ikki xil: elastik va plastik deformatsiya bo'ladi. Qattiq jismning tashqi kuch ta'siridagi deformatsiyasi quyidagi asosiy ko'rinishda bo'ladi: siqilish yoki cho'zilish deformatsiyasi, siljish, egilish va buralish deformatsiyasi.

Agar tashqi kuch ta'siri to'xtatilgandan so'ng deformatsiyalanuvchi jism o'zining avvalgi shakli yoki o'lchamini tiklasa, jismda yuzaga kelgan deformatsiya *elastik deformatsiya*, tiklanmasa *qoldiq* yoki *plastik deformatsiya* deyiladi. Jism deformatsiyalanganda yuzaga keluvchi va uning deformatsiyalanishiga to'sqinlik qiluvchi kuch *elastiklik kuchi* deb ataladi.

Elastik deformatsiya uchun Guk qonuni o'rinlidir, ya'ni deformatsiyalanuvchi jismga vujudga keluvchi elastiklik kuchi mutloq deformatsiyaning Δx kattaligiga to'g'ri proporsionaldir: $F_{el} \sim \Delta x$

Guk qonunini elastik deformatsiyalanuvchi prujina uchun quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$F_{el.} = -k \cdot \Delta x \quad (1)$$

bu yerda k - prujinaning bikrligi yoki elastiklik ko'effitsiyenti. (1) dan k ni topsak,

$$k = \frac{F_{el.}}{\Delta x} \quad (2)$$

Agar tashqi ta'sir etuvchi kuch, ya'ni prujinani deformatsiyalovchi kuch $F_{el} = F_T$ ekanligini hisobga olsak, prujinaning elastiklik ko'effitsiyenti

$$k = \frac{mg}{\Delta x} \quad (3)$$

ga teng bo'ladi. Har bir yukning og'irlik kuchi mg ga mos kelgan prujinaning cho'zilishini bilgan holda prujinaning elastiklik ko'effitsiyentini (3) formulaga asosan hisoblash mumkin.

Tayanch iboralar

Elastiklik kuchi, og'irlik kuchi, prujina bikrligi, Guk qonuni, mutloq qattiq jism, deformatsiya, elastik deformatsiya, plastik deformatsiya, mutloq deformatsiya, prujina, shtativ, dinamometr, chizg'ich.

Ishni bajarish tartibi

1. Spiral prujinaning uchini shtativga mahkamlang (prujinaning ikkinchi uchida ko'rsatkich strelkasi va ilgaki bor).

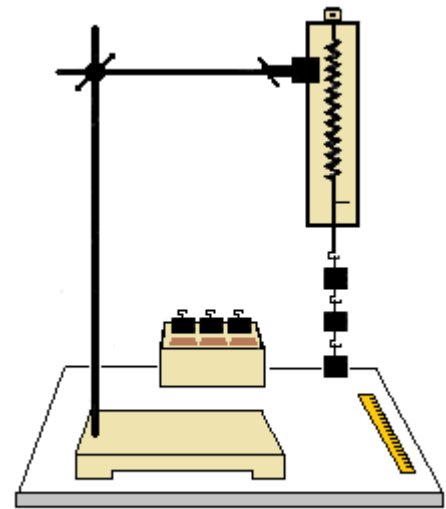
2. Prujinaning yoniga yoki orqasiga millimetrli chizg'ichni o'rnatib, mahkamlab qo'ying (15-rasm).

3. Chizg'ichning ko'rsatkich strelka kelib to'xtagan bo'limini qayd qilib, yozib qo'ying.

4. Prujinaga ma'lum massali yuk osing va prujinaning bu yuk ta'siridan uzayishini o'lchang.

5. Birinchi yukka ikkinchi, uchinchi va hokazo yuklarni qo'shib, har gal prujinaning Δx uzayishini yozib boring. O'lchash natijalariga qarab jadvalni to'ldiring.

6. O'lchash natijalariga qarab elastiklik kuchining uzayishga bog'lanish grafigini chizing va bu grafikdan foydalanib prujina bikrligining o'rtacha $k_{o'rt.}$ qiymatini toping.



15-rasm.

10.1-jadval

N_0	m, kg	mg, N	$\Delta x, m$	$k, N/m$	$\Delta k, N/m$	$\varepsilon, \%$
1						
2						
3						
O'rtacha qiymatlar						

7. $k_{o'rt.}$ ning qiymatini hisoblashda yo'l qo'yilgan eng katta nisbiy xatoni hisoblab chiqaring (bir yuk bilan o'tkazilgan tajribada) (3) formulada

$$\varepsilon_m = \frac{\langle \Delta m \rangle}{\langle m \rangle},$$

$$\varepsilon_g = \frac{\langle \Delta g \rangle}{\langle g \rangle}$$

uzayishni o'lchashdagi xato Δx bo'lgani uchun

$$\varepsilon_x = \frac{\langle \Delta x \rangle}{\langle x \rangle}$$

8. $\Delta k = \varepsilon_k \cdot \langle k \rangle$ ni toping va javobni $k = \langle k \rangle \pm \Delta k$ ko'rinishni yozing.

Nazorat savollari

1. Tajribaning mohiyatini tushuntiring.
2. Deformatsiya deb nimaga aytiladi? Deformatsiya turlarini ayting.
3. Deformatsiyalangan jismda F_{el} elastiklik kuchi vektor yo'nalishini ko'rsating.
4. Guk qonunini ta'riflang.
5. Elastiklik koeffitsiyentini ta'riflang.

11 – Laboratoriya mashg'uloti

JISMNING QIYA TEKISLIK BO'YICHA KO'TARISHDAGI F.I.K.

Ishning maqsadi: Qiya tekislik vositasida oddiy mexanizmlarning foydali ish koeffitsiyentini tajribada aniqlashni o'rganish.

Asbob va jihozlar

Burchagi rostlanadigan qiya tekislik qurilmasi, turli xil geometrik shakldagi jismlar, elektron tarozi, har xil vazndagi tarozi toshlari, alyuminiy, po'lat va h.k. taxtachalar, pallacha va boshqa yordamchi jihozlar.

Nazariy tushunchalar

Hech bir qurilma yo'ki mexanizm 100% ish unumini bera olmaydi. Ishning bir qismi so'zsiz, foydasiz ketadi. Bunga tashqi ta'sir (ishqalanish, qarshilik) kuchlari sabab bo'ladi. Bu kuchlarni yengish uchun bajaradigan ish foydali bo'la olmaydi. Shuning uchun har bir mexanizmning qanchalik samarador ishlashini tavsiflash uchun foydali ish koeffitsiyenti tushunchasi kiritilgan.

Mexanizmning η foydali ish koeffitsiyenti deb, A_f foydali ishning bajarilgan A_u umumiy ishga bo'lgan nisbatiga aytiladi. Foydali ish koeffitsiyenti (FIK), odatda foizlarda ifodalanadi. Binobarin, ta'rifga ko'ra, η ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\eta = \frac{A_f}{A_u} \cdot 100\% \quad (1)$$

FIK-bu umumiy bajarilgan ishning qancha qismi foydali ishga aylanganligini ko'rsatuvchi koeffitsiyent.

Bu laboratoriya mashg'ulotida, qiya tekislik misolida qurilmaning FIK i aniqlanadi. 12-rasmdan ko'rinib turibdiki, jismni harakatlantiruvchi $\vec{F}$ kuch kattalik jihatidan $\vec{P}$ og'irlik kuchining $\vec{F}_2$ tashkil etuvchisi bilan jism harakatlanganda unga to'sqinlik qiladigan $\vec{F}_{ish}$ ishqalanish kuchining yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\vec{F} = \vec{F}_2 + \vec{F}_1 \quad (2)$$

Shu shart bajarilganda, jism tekis harakat qiladi. U holda jismni qiya tekislikning pastki uchidan yuqori uchigacha sirpantirib olib chiqishda bajarilgan umumiy ishni quyidagicha yozish mumkin:

$$A_u = \vec{F} \cdot l \quad (3)$$

bunda l -qiya tekislikning uzunligi.

Ravshanki, bu ishning $\vec{F}_{ish}$ kuchni yengish uchun sarf bo'lgan ishi foydasizdir. Jismni qiya tekislikning H balandligiga teng balandlikka ko'tarishda bajarilgan ish foydali ish hisoblanadi, ya'ni:

$$A_f = \vec{P} \cdot H \quad (4)$$

Demak, (1) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$\eta = \frac{\vec{P}H}{\vec{F}l} \cdot 100\% \quad (5)$$

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Qiya tekislik qurilmasining tuzilishi 16-rasmida keltirilgan. S massiv asosga sirti tekis qilib ishlangan M taxtacha biror α burchak ostida o'rnatilgan bo'lib, uning qiyaligini D ustunchadagi K vint yordamida o'zgartirish mumkin. Tekislik sirtiga qo'yilgan T jismga, ip o'rnatilgan, ipning ikkinchi uchiga esa P pallacha bog'langan. Agar dinamometrni kerakli kuch bilan tortganda, jism qiya tekislik bo'ylab harakatga keladi.

Tayanch iboralar

Qiya tekislik, oddiy mexanizmlar, mexanizmning foydali ish koeffitsiyenti, ishqalanish kuchi, qarshilik kuchi, tekis harakat, jismning og'irligi, foydali ish, umumiy ish, tarozi, pallacha.

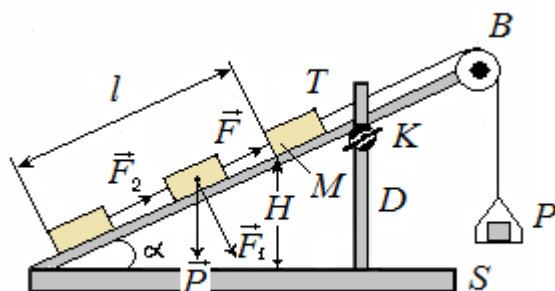
Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Yog'och taxtachaning m_t massasini tarozida 3-4 marta tortib oling va $\vec{P} = m_t g$ og'irligini hisoblang.

3. Pallachaning m_p massasini tortib aniqlang.

4. Yog'och taxtachani qiya tekislikning pastki qismiga joylashtiring va taxtachani orqa tomonidan sekin turtib yuborib, tekis harakatga kelguncha pallachaga tarozi toshlaridan qo'yib boring va qo'yilgan toshlarning massasini aniqlang. Tajribani 3-4 marta takrorlab, m_t ning o'rtacha qiymatini hisoblang.

5. Taxtachani harakatlantiruvchi F kuch pallacha bilan toshlarning og'irligiga teng bo'lgani uchun $\vec{F} = (m_t + m_p) \cdot \vec{g}$ ni hisoblang.



16-rasm.

6. Masshtabni chizg'ich yordamida qiya tekislikning H balandligi bilan l uzunligini o'lchab oling.

7. (3) formuladan foydalanib, FIK ni hisoblab toping.

8. K vint yordamida qiya tekislikning balandligini 4-5 marta o'zgartirib, har bir holat uchun FIK ni aniqlang.

9. Qiya tekislikning balandligi bilan FIK orasidagi bog'lanishni ifodalovchi $\eta = f(H)$ grafikni chizib, uni izohlang.

10. Alyuminiy taxtacha bilan ham yuqorida ko'rsatilgan tartibda o'lchashlar o'tkazing va bunda ham $\eta = f(H)$ grafigini chizing.

Nazorat savollari

1. Mexanik ishning ta'rifini ayting va uning formulasini yozing. Ish qanday birliklarda o'lchanadi.

2. "Umumiy ish" va "foydali ish" deganda nimani tushunasiz?

3. FIK deb nimaga aytiladi va u qanday parametrlarga bog'liq?

4. Nima uchun pallachaga qo'yilgan yukning massasi ozgina ortiq bo'lganida qiya tekislikdagi taxtacha tekis harakat qiladi?

5. $\eta = f(H)$ ni ifodalovchi grafikni tavsiflab bering.

6. Qiya tekislikning FIK ni qanday oshirish mumkin?

12 – Laboratoriya mashg'uloti

ELASTIK URILISHDA JISMLAR IMPULSI VA ENERGIYANING SAQLANISH QONUNI

Ishning maqsadi: Elastik urilishda jism impulsi va energiyasining saqlanish qonunini tekshirish, o'rtacha zarb kuchini, tezlik va energiyaning tiklanish koeffitsiyentlarini aniqlash.

Asbob va jihozlar

Uzun iplarga osilgan va massalari m_1 , m_2 bo'lgan po'lat sharchalar, chizg'ich.

Nazariy tushunchalar

Yopiq sistemada jismlarning urilmasidan oldingi impulslar yig'indisi urilgandan keyingi impulslar yig'indisiga teng:

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{u}_1 + m_2 \cdot \vec{u}_2 \quad (1)$$

bunda $\vec{v}_1$ va $\vec{v}_2$ sharlarning urilishdan avvalgi tezliklari, $\vec{u}_1$ va $\vec{u}_2$ -sharlarning to'qnashgandan keyingi tezliklari, m_1 va m_2 - birinchi va ikkinchi sharlarning massalari.

Agar sharlardan biri urilishgacha tinch turgan (masalan, $v_2=0$) bo'lsa, u holda impulsning saqlanish qonuni ifodasi soddalashadi:

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 = m_1 \cdot \vec{u}_1 + m_2 \cdot \vec{u}_2 \quad (2)$$

Impulsning saqlanish qonunini vektor ko'rinishida emas, skalyar ko'rinishida ham yozish mumkin:

$$m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 \quad (3)$$

Bu yerda $m_1 > m_2$ chunki urilishdan keyin shar bir xil yo'nalishda harakatlanadi. Binobarin, tezlik kattaliklarini shunday ifodalash mumkin:

$$v_1 = s_0 \cdot \sqrt{\frac{g}{l}} \quad u_1 = s_1 \cdot \sqrt{\frac{g}{l}} \quad u_2 = s_2 \cdot \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (4)$$

Bu yerda s_0, s_1, s_2 - sharlarning to'qnashishdan avval va keyingi muvozanat holatidan siljishi.

Impulsning saqlanish qonunini eksperimental qurilma yordamida tekshirish mumkin. Lekin bu uslub tezlikning qiymatini aniq hisoblashga imkon bermaydi. Shu sababli sharlarning muvozanat holatidan og'ishini burchak o'lchovchi asbob yordamida o'lchash va ularning impulsini, energiyasini og'ish burchaklarining qiymatlari orqali ifodalash maqsadga muvofiqdir. Sharchaning potensial energiyasi

$$E_p = mgh = mg \cdot (1 - \cos \alpha) = 2mgl \cdot \sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (5)$$

ga teng, bu yerda α - sharning muvozanat holatidan og'ish burchagi. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan, uning to'qnashishdan oldingi kinetik energiyasi

$$E_k = E_p = \frac{mv^2}{2}$$

tezligi esa

$$v = \sqrt{g \cdot l} \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

ga teng. Birinchi sharning to'qnashish paytidagi tezligi

$$v_1 = \sqrt{g \cdot l} \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)$$

va to'qnashishdan keyingi tezligi

$$u_1 = \sqrt{g \cdot l} \cdot \sin\left(\frac{\beta_1}{2}\right)$$

ikkinchi sharning to'qnashguncha tezlidi $v_2=0$ va to'qnashgandan keyingi tezligi

$$u_2 = \sqrt{g \cdot l} \cdot \sin\left(\frac{\beta_2}{2}\right)$$

ga teng. Bu yerda α_1 -birinchi sharning to'qnashishdan avvalgi muvozanat holatidan og'ish burchagi, β_1 -to'qnashishdan keyingi og'ish burchagi va β_2 -ikkinchi sharning to'qnashishdan keyin muvozanat holatidan og'ish burchagi. Keltirilgan ma'lumotlar asosida elastik to'qnashish uchun impuls va energiyaning saqlanish qonunlarini yozamiz:

$$m_1 \cdot 2\sqrt{gl} \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) = m_1 \cdot 2\sqrt{gl} \cdot \sin\left(\frac{\beta_1}{2}\right) + m_2 \cdot 2\sqrt{gl} \cdot \sin\left(\frac{\beta_2}{2}\right) \quad (6)$$

$$2m_1gl \cdot \sin^2\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) = 2m_1gl \cdot \sin^2\left(\frac{\beta_1}{2}\right) + 2m_2gl \cdot \sin^2\left(\frac{\beta_2}{2}\right)$$

Tenglamalarning chap tomondagi qiymatlari o'ng tomondagi qiymatlariga teng yoki juda yaqin bo'lsa, bu sharlarning to'qnashishi elastik to'qnashish bo'ladi.

Shuning uchun chap va o'ng hadlarning ayirmasi nolga teng yoki nolga yaqinligini tekshirib ko'ramiz. Impuls farqi

$$\Delta K = 2m_1 \sqrt{g \cdot l} \left[\sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) - \sin\left(\frac{\beta_1}{2}\right) - \left(\frac{m_2}{m_1}\right) \cdot \sin\left(\frac{\beta_2}{2}\right) \right]$$

ga teng, energiyalar farqi esa

$$\Delta E = 2m_1 gl \cdot \left[\sin^2\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) - \sin^2\left(\frac{\beta_1}{2}\right) - \left(\frac{m_2}{m_1}\right) \cdot \sin^2\left(\frac{\beta_2}{2}\right) \right]$$

ga teng bo'ladi.

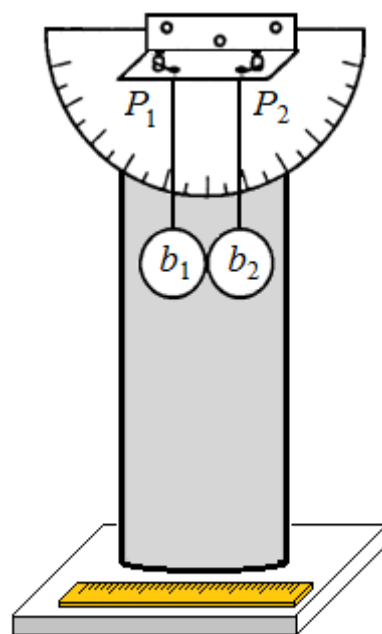
Tajribada α_1 , β_1 va β_2 larni o'lchab, bu ifodalarning qiymatlari $\alpha_1=10^\circ$, 20° , 30° burchaklar uchun hisoblanadi va impuls yoki energiyaning saqlanish qonuni mazkur to'qnashish uchun qay darajada o'rinli ekanligi haqida xulosa qilinadi.

Tayanch iboralar

Elastik urilish, impuls, energiya, energiyaning saqlanish qonuni, o'rtacha zarb kuchi, tezlik, yopiq sistema, impulsning saqlanish qonuni, elastik to'qnashish, energiyaning tiklanish koeffitsiyenti, potensial energiya, sharcha, chizg'ich.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Birinchi sharni muvozanat vaziyatidan $s_0=(5-7) \text{ sm}$ ($30^\circ-60^\circ$) ga og'dirib, so'ngra qo'yib yuboring (17-rasm).
3. Sharlarni urilishdan keyingi s_1 va s_2 (yoki β_1 va β_2) maksimal og'ishlarini o'lchab oling.
4. Tajribani 5-6 marta takrorlab, s_1 va s_2 (yoki β_1 va β_2) og'ishlarning o'rtacha qiymatlarini toping.
5. v_1 , u_1 , u_2 tezliklarni va ularning impulsini hisoblang.
6. Sharlarning to'qnashishidan oldingi impulsleri yig'indisini sharlarning to'qnashishidan keyingi impulsleri yig'indisi bilan taqqoslang va impulsning saqlanish qonunining bajarilishi haqida xulosa chiqaring.
7. Sharlarning to'qnashishidan avvalgi energiyalarining yig'indisini to'qnashishidan keyingi energiyalari yig'indisi bilan taqqoslang va energiyaning saqlanish qonunining bajarilishi haqida xulosa chiqaring.
8. O'lchash va hisoblash natijasini quyidagi jadvalga yozing.



17-rasm.

№	$m_1,$ kg	$m_2,$ kg	$l,$ m	s_0, m yoki α_1	s_1, m yoki β_1	s_2, m yoki β_2	$\Delta K,$ $kg \cdot \frac{m}{s}$	$\Delta E,$ J	$\frac{\Delta K}{K} \cdot 100\%$	$\frac{\Delta E}{E} \cdot 100\%$
1.										
2.										
3.										
O'rt. qiy.										

Nazorat savollari

1. Impulsning saqlanish qonuni nega yopiq sistema uchun o'rinli bo'ladi?
2. Impulsning saqlanish qonuni formulasini tushuntiring.
3. Elastik bo'lmagan to'qnashishlarda impulsning saqlanish qonuni bajariladimi?
4. ΔK va ΔE_k larni hisoblash formulalarni keltirib chiqaring.
5. Elastik to'qnashish uchun energiyaning saqlanish qonunini yozib tushuntiring.
6. Impuls va energiyaning saqlanish qonunini tekshirish uchun zarur formulalarni keltirib chiqaring.

13 – Laboratoriya mashg'uloti

MEXANIK ENERGIYANING SAQLANISH QONUNI

Ishning maqsadi: Prujinaga biriktirilgan jism pastga tushganda potensial energiyasining kamayishi bilan cho'zilgan prujinaning potensial energiyasi ortishini solishtirish.

Asbob va jihozlar

Prujina, shtativ, yuklar to'plami, dinamometr, chizg'ich, fiksator.

Nazariy tushunchalar

Turmushda ish tushunchasi kabi energiya tushunchasi ham ko'p ishlatiladi. Masalan, issiqlik energiyasi, atom energiyasi, mexanik energiya va shu kabilar.

Mexanik energiya - jism yoki jismlar tizimining ish bajara olish qobiliyatini tavsiflovchi fizik kattalik.

Mexanik energiyaning ikki turi mavjud: *kinetik* va *potensial* energiya.

Jismlarning harakati tufayli olgan energiyasi *kinetik* energiya deyiladi.

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

Jismlarning o'zaro joylashishiga yoki ayni bir jism qismlarini o'zaro joylashishiga bog'liq bo'lgan o'zaro ta'sir energiyasi *potensial energiya* deyiladi.

$$E_p = mgh$$

Ba'zi harakatlarda potensial va kinetik energiyalar qatnashadi, jism o'ziga ikki energiyani egallagan bo'ladi. Masalan, balanddan tushayotgan toshning harakatida ikki energiya ham mujassam bo'ladi. Jism kinetik va potensial energiyalarning yig'indisi uning *to'liq mexanik energiyasi* (E_T) deyiladi.

$$E_T = E_k + E_p \quad (1)$$

Ba'zi mexanik harakatlarda harakatlanish jarayonida jismning kinetik va potensial energiyasi o'zgaradi. Masalan, tebranayotgan prujinali mayatnik. U holda jismning to'liq mexanik energiyasi o'zgaradimi yoki yo'qmi degan savol tug'iladi?

Kinetik energiya haqidagi teorema asosan

$$A = \Delta E_k \quad (2)$$

bo'ladi. Potensial kuchlar (og'irlik, elastiklik) ning bajargan ishi ham

$$A = -\Delta E_p \quad (3)$$

tenglikdan aniqlanadi.

(2) va (3) tengliklarning chap tomoni teng bo'lganligi uchun o'ng tomonlarini tenglashtiramiz.

$$\Delta E_k = -\Delta E_p \quad (4)$$

Demak, faqat og'irlik va elastiklik kuchlari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi jismlarning kinetik energiyasi qanchaga oshsa ($\Delta E_k > 0$), potensial energiyasi shunchaga kamayadi va aksincha, kinetik energiyasi qanchaga kamaysa, potensial energiyasi shunchaga ortar ekan.

(4) ni quyidagicha o'zgartirib yozamiz:

$$\Delta E_k + \Delta E_p = 0$$

Bundan $\Delta(E_k + E_p) = \Delta E_T = 0$ (1) tenglikka asosan

$$E_T = \text{const} \text{ yoki } E_{1T} = E_{2T} \quad (5)$$

(5) tenglikdan quyidagi muhim xulosa kelib chiqadi. Yopiq sistema ichida faqat potensial kuchlar bilan ta'sirlashuvchi jismlar tizimining to'liq mexanik energiyasi ularning har qanday harakatida o'zgarmay qoladi. Bu xulosa mexanikada energiyaning saqlanish va aylanish qonuni deb yuritiladi.

Mexanik energiyaning saqlanish qonunini faqat og'irlik kuchi ta'sirida harakatlanayotgan jism uchun qo'llaylik. U holda jismning to'liq energiyasi

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

bo'ladi.

Agar yopiq sistema hosil qiluvchi jismlar faqat elastiklik kuchi ta'sirida (masalan, elastik prujina uchiga mahkamlangan shar) harakatlanayotgan bo'lsa, (5) tenglik

$$\frac{k \cdot \Delta x_1^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{k \cdot \Delta x_2^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \quad (6)$$

ko'rinishida yoziladi.

Noinersiyaviy tizimda jismning to'liq mexanik energiyasi saqlansada, ammo bir qism energiyasi tashqi ta'sir kuchini yengishga sarf bo'ladi.

Tayanch iboralar

Mexanik energiya, potensial energiya, kinetik energiya, mexanik energiyaning saqlanish qonuni, bajarilgan ish, elastiklik kuchi, prujina, shtativ, dinamometr, chizg'ich, fiksator.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Mexanikaga doir to'plamdan olingan yukni prujinaga mahkamlab biriktirib qo'ying (18-rasm).

3. Yukni qo'l bilan ko'tarib, prujinani bo'shashtiring va fiksatorni shkalaning pastki qirrasidagi skoba oldiga keltirib qo'ying.

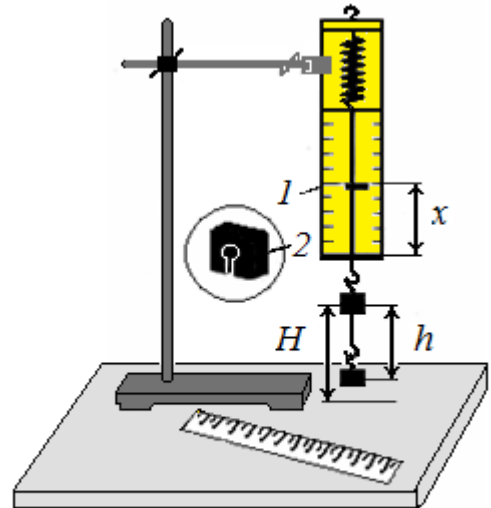
4. Yukni qo'yib yuboring. Yuk pastga tushib prujinani cho'zadi. Yukni prujinadan olib, fiksatorning vaziyatiga qarab, prujinaning eng katta x cho'zilishini chizg'ich bilan o'lchang.

5. Tajribani 5 marta takrorlang.

$$6. E_{1o'rt} = mgh_{o'rt} \quad \text{va} \quad E_{2o'rt} = \frac{kx_{o'rt}^2}{2}$$

larni hisoblab chiqaring.

7. Natijalarni 13.1-jadvalga yozing.



18-rasm.

13.1-jadval

No	x_{max}, m	$x_{o'rt} = H_{o'rt} m$	$E_{1o'rt}, J$	$E_{2o'rt}, J$	$\frac{E_{1o'rt}}{E_{2o'rt}}$
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

8. $\frac{E_{1o'rt}}{E_{2o'rt}}$ nisbatni bir bilan solishtirib, energiyaning saqlanish qonunini yo'l qo'yilgan xato to'g'risida xulosa chiqaring.

Nazorat savollari

1. Jismning to'liq mexanik energiyasi deb qanday energiyaga aytiladi?
2. Kinetik va potensial energiyalarni ta'riflang.
3. Elastiklik kuchi bilan o'zaro ta'sirlashuvchi jismlar tizimi uchun mexanik energiyaning saqlanish qonunini ta'riflab, formulasini yozing.
4. Tajribani bajarilish tartibini ayting.
5. Elastiklik kuchining potensial energiyasini ta'riflang.

14 – Laboratoriya mashg'uloti

JISMLARNING BIR NECHA KUCH TA'SIRIDA MUVOZANATDA BO'LISH SHARTI

Ishning maqsadi: Richag yelkalariga qo'yilgan kuchlarning richag muvozanatda bo'lgan holdagi momentlari orasidagi munosabatni aniqlash.

Asbob va jihozlar

Richag, shtativ, yuklar to'plami, dinamometr, chizg'ich.

Nazariy tushunchalar

Yer sirtidagi jismlarning ko'pchiligi yerga nisbatan tinch turuvchi jismlardir. Bu jismlar bir necha kuchlar ta'sir ostida bo'ladi. Bu kuchlarning moduli va yo'nalishidan qat'iy nazar ular doim o'zining muvozanat holatini saqlashlari shart. Shuning uchun ham jismlarga kuchlar ta'sir qilganda muvozanat, ya'ni tinchlik holatini saqlash qonunlarini bilish juda katta ahamiyatga ega. Bu masalalar bilan mexanikaning statika bo'limi shug'ullanadi.

Mexanikaning kuchlar ta'siri ostida bo'lgan jism yoki jismlar sistemasining muvozanatda bo'lish shartlarini o'rganadigan bo'limi *statika* deyiladi. Statika so'zi grekcha so'z bo'lib, lug'aviy ma'nosi «qo'zg'almas» demakdir.

Muvozanatda turuvchi jismlarga misol qilib, aylanma harakat qiluvchi jismlar: eshik, dereza romlari, tarozi pallalari va boshqalarni aytish mumkin. Bu jismlarni aylanma harakatga keltirish uchun ularga kuch ta'sir ettirish kerak. Jismga qo'yilgan har qanday kuch ham uni aylanma harakatga keltira olmaydi. Jism aylanma harakat qilishi uchun qandaydir shart bajarilishi kerak, ya'ni jismga ta'sir etuvchi kuch jismning aylanish o'qiga emas, kuchning ta'sir chizig'iga qo'yilishi kerak. Demak, ta'sir chizig'i aylanish o'qidan o'tmaydigan kuch ta'sirida jism aylanma harakat qilishi mumkin ekan. Jismga qo'yilgan har xil kuchlarning aylantiruvchi ta'siri har xilligini tajriba ko'rsatadi. Shuning uchun kuchning aylantiruvchi ta'sirini miqdor jihatidan tavsiflaydigan fizik kattalikni kiritish zarur. Bu kattalik *kuch momenti* deb ataladi. Kuch momenti kuchning moduliga to'g'ri mutanosib ($M \sim |F|$).

Harakatsiz o'qqa nisbatan kuch momenti deb, aylanish o'qidan kuch qo'yilgan nuqtaga o'tkazilgan radius-vektor r ning kuch F ga vektorial ko'paytmasi bilan aniqlanadigan fizik kattalikka aytiladi.

$$\vec{M} = [\vec{r} \cdot \vec{F}] \quad (1)$$

Bu yerda r -aylanish o'qidan kuch qo'yilgan nuqtagacha bo'lgan radius-vektor.

Kuch momentining moduli

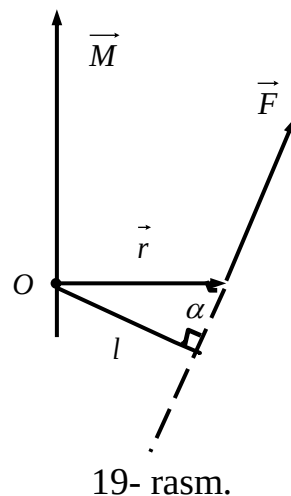
$$\overline{M} = |\vec{F}| \cdot l \quad (2)$$

l - kuch yelkasi.

Kuch yelkasi deb, kuch ta'sir chizig'i bilan aylanish o'qigacha bo'lgan eng qisqa masofaga aytiladi.

Kuch momentining birligi kuch va masofaning birligiga bog'liq ravishda tanlangani uchun proporsionallik koeffitsiyenti birga teng deb olindi. Kuch momenti XBS da $N \cdot m$ da o'lchanadi. Moduli 1 N yelkasi 1m bo'lgan kuchning momenti 1 $N \cdot m$ ga teng bo'ladi. Lekin kuch momentining birligi, ya'ni 1 $N \cdot m$ ni joule $[J]$ deb atash qabul qilinmagan.

(2) tenglikdan kuch momentining moduli kuch bilan kuch yelkasining miqdoriga bog'liq. Modullari teng bo'lgan kuch momentlarini katta kuch va kichik yelka hamda kichik kuch va katta yelka yordamida hosil qilish mumkin. Kuch momentining bu xususiyatidan yelkalari teng bo'lmagan shayinli tarozilar tayyorlashda foydalaniladi. Kuch vektor kattalik bo'lgani uchun kuch momenti ham vektor kattalik bo'lishi kerak. Kuch momentining yo'nalishini aniqlash uchun aylanish o'qidan kuch qo'yilgan nuqtaga qarab yo'nalgan $\vec{r}$ radius-vektorni va kuch yelkasini o'tkazaylik (19-rasm). Hosil bo'lgan to'g'riburchakli uchburchakdan $l = r \cdot \sin \alpha$ bo'ladi va uni (2) tenglikka qo'ysak,



19- rasm.

$$M = |\vec{F}| \cdot r \sin \alpha \quad (3)$$

hosil bo'ladi. Vektorlarning vektor ko'paytmasining modulini topish qoidasini eslasak, (3) ni

$$M = [\vec{r} \cdot \vec{F}] \quad (4)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Kuch momenti vektor aylanish o'qidan kuch qo'yilgan nuqtaga o'tkazilgan radius-vektor bilan kuchning vektor ko'paytmasiga teng ekan. Kuch momentining yo'nalishi ham ikki vektor ko'paytmasidan hosil bo'lgan vektorning yo'nalishini aniqlash qoidasi bo'yicha topiladi.

Tayanch iboralar

Kuch, muvozanat, statika, kuch momenti, kuch yelkasi, radius-vektor, richag, shtativ, dinamometr, chizg'ich.

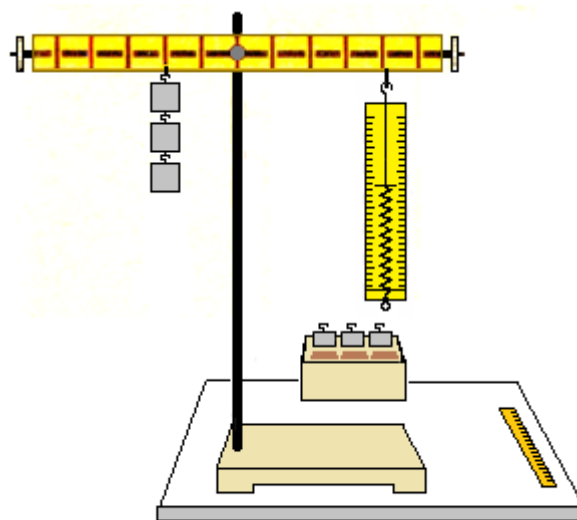
Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishiningshining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.

2. Richagni shtativga o'rnatib va uni uchlarida joylashgan surilma gaykalar yordamida gorizonttal vaziyatda muvozanatga keltiring (20-rasm).

3. Richagning bir yelkasidagi biror nuqtaga yuk osing.

4. Richagning ikkinchi yelkasiga dinamometr ilintirib richagni muvozanatga keltirish uchun unga qo'yish lozim bo'lgan F



20-rasm.

kuchni aniqlang.

5. Richag yelkalari uzunligini chizg'ich bilan o'lchang.
6. Yukning P og'irligini dinamometr bilan aniqlang.
7. F va P kuchlar momentlarining absolyut qiymatini toping.
8. Topilgan kattaliklarni jadvalga yozing.
9. $\frac{M_1}{M_2}$ nisbatni bir bilan solishtirib, momentlar qoidasini eksperimentda

tekshirishning xatosi to'g'risida xulosa chiqaring.

14.1-jadval

№	l_1, m	l_2, m	P, N	F, N	$M_1=Pl_1,$ $N \cdot m$	$M_2=Pl_2,$ $N \cdot m$
1.						
2.						
3.						
O'rtacha qiymat						

Nazorat savollari

1. Statika bo'limi nimani o'rgatadi?
2. Turg'un va turg'unmas muvozanatga misol keltiring.
3. Kuch momenti deb nimaga aytiladi?
4. Kuch yelkasi deb nimaga aytiladi?
5. Richag deb nimaga aytiladi?
6. Momentlar qoidasini ta'riflang.

15 – Laboratoriya mashg'uloti

SUYUQLIKNING QOVUSHQOQLIK KOEFFITSIYENTI

Ishning maqsadi: Stoks usulidan foydalanib, tajriba yo'li bilan qovushqoq suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsiyentini aniqlashni o'rganish.

Asbob va jihozlar

Qovushqoqligi ikki xil bo'lgan suyuqlik quyilgan balandligi 0,80-1,20 m bo'lgan shisha silindrlar, elektron sekundomer, radiusi 0,5-1,0 mm bo'lgan metall sharchalar, mikrometr.

Nazariy tushunchalar

Suyuqliklarning ichki tuzilishi va ulardagi molekulalar harakatiga bog'liq bo'lgan asosiy xossalaridan biri-uning qovushqoqligi (yopishqoqligi yoki ichki ishqalanishi)dir. Suyuqlik va gazlarda biror qismining ikkinchi qismiga nisbatan siljishiga qarshilik ko'rsatish xossasi *qovushqoqlik* deyiladi. Quvurda suyuqlik harakatlanganida uning qovushqoqligi hisobiga suyuqlik oqimi o'qidan devorgacha oqim qatlamlarining tezligi kamayib boradi. Natijada turli xil tezliklar bilan harakatlanayotgan qatlamlar orasida ishqalanishning ichki urinma kuchlari

ta'sir qiladi. Buning hisobiga tezroq harakatlanayotgan suyuqlik qatlami sekinroq harakatlanayotgan qatlamni siljitadi yoki aksincha, devor yaqinidagi qatlam birinchi qatlamni tormozlaydi.

Qatlam sirtining birlik yuzasiga to'g'ri kelgan ishqalanish kuchi *ishqalanish kuchlanishi* deyiladi. U qatlamga perpendikular yo'nalishdagi tezlik gradiyenti moduliga proporsional bo'ladi.

Temperatura pasayishi bilan suyuqliklar molekulalari orasidagi o'zaro ta'sirlashish kuchlari ortib, ularning harakati susayadi. Ushbu holda qovushqoqlik kattalashadi. Suyuqliklarning qovushqoqlik xossasini tavsiflovchi kattalik *dinamik qovushqoqlik* deyiladi va uni η bilan belgilanadi. Dinamik va kinematik qovushqoqliklar o'zaro bog'langan, ya'ni $\nu = \frac{\eta}{\rho}$. Dinamik qovushqoqlikning

o'lchov birligi (SI) da $Pa \cdot s$, kinematik qovushqoqlikniki esa m/s^2 .

Yuqorida ta'kidlanganidek, qattiq jism yopishqoq suyuqlik ichida o'zgarmas kuch ta'sirida harakatlanganda o'ziga yaqin suyuqlik zarralari bilan ta'sirlashib, shu suyuqlik qatlamlarini ergashtirib ketadi. Bunga asosiy sabab suyuqlik ichida ichki ishqalanishning paydo bo'lishidir. Demak, suyuqlikda qattiq jismning harakati ta'sirida uzoqdagi suyuqlik qatlami ham siljiydi. Suyuqlik qatlamlarini harakatga keltirishda jism uning ichki ishqalanishini yengish uchun ma'lum miqdorda ish bajaradi. Bunga jism energiya sarflaganligi sababli, harakatdagi qattiq jism tezlanishini yo'qotadi va tekis harakatga o'tadi.

Stoks suyuqlik ichiga tushirilgan sharchalar tekis harakati ν tezligining kattaligi ta'sir etuvchi F kuchga, suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsiyenti η ga va sharchalarning radiusiga bog'liqligini aniqlagan. Uni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\nu = \frac{1}{6\pi} \cdot \frac{F}{r \cdot \eta} \quad (1)$$

Agar sharcha og'irlik kuchi ta'sirida harakatlansa, u holda sharchaga ta'sir etuvchi kuch sharchaning suyuqlik ichidagi og'irligiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$F = mg - P \quad (2)$$

bunda: P -sharcha hajmiga teng bo'lgan hajmdagi suyuqlik og'irligi, m -sharchaning massasi.

Sharchaning zichligini d bilan, suyuqlikning zichligini ρ bilan belgilasak, (2) formulani quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$F = \frac{4}{3} \cdot \pi r^3 dg - \frac{4}{3} \cdot \pi r^3 \rho g = \frac{4}{3} \cdot \pi r^3 g(d - \rho) \quad (3)$$

(3) ni (1) ga qo'ysak, sharchaning suyuqlikda harakatlanish tezligi ifodasi kelib chiqadi, ya'ni

$$\nu = \frac{2(d - \rho)}{9\eta} \cdot r^2 g$$

Demak, suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsiyenti quyidagi ifodadan topiladi:

$$\eta = \frac{2(d - \rho)}{9\nu} \cdot r^2 g \quad (4)$$

Shunday qilib, suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlash uchun suyuqlik ichida harakatlanayotgan sharchaning tekis harakati tezligini aniqlash kerak bo'ladi, chunki (4) formuladagi boshqa kattaliklarning qiymatlari jadvallardan olinadi.

Eslatma. Sharchaning diametri mikrometr bilan santimetrda o'lchab topilganda, qovushqoqlik koeffitsiyenti «puaz» o'lchov birligida o'lchanadi:

$$1 \text{ puaz} = 1 \frac{g}{\text{sm} \cdot \text{s}}$$

Suyuqliklarning temperaturasi ko'tarilishi bilan uning qovushqoqlik koeffitsiyentining qiymati juda tez kamayadi. Masalan, 273 K da glitserinning qovushqoqlik koeffitsiyenti $\eta=46 \text{ puaz}$ bo'lsa, 293 K da $\eta=8,5 \text{ puaz}$ bo'ladi.

Tayanch iboralar

Qovushqoqlik, qovushqoq suyuqlik, dinamik qovushqoqlik, ishqalanish kuchlanishi, ichki ishqalanish koeffitsiyenti, qovushqoqlik koeffitsiyenti, Stoks usuli, og'irlik, puaz, shisha silindr, elektron sekundomer, mikrometr.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing. Ishga kerakli shisha silindrlarning suyuqlik bilan to'ldirilganligini tekshiring.

2. Shisha A silindr idish ichiga 70-100 sm balandlikkacha tadbiiq etiladigan suyuqlikni quyding va shayton yordamida suyuqlikli idishlarning vertikal joylashganligini tekshiring (21-rasm).

3. Ixtiyoriy birorta sharchani o'rganilayotgan suyuqlikka tashlang va uning tekis harakatga o'tgan balandligini aniqlang. Idishning mana shu joyiga a chiziq, undan pastroqda b chiziq chizing.

Eslatma I. Suyuqlikdagi sharcha ko'pchilik hollarda 5-10 sm oraliqda (suyuqlik qovushqoqligiga mos ravishda) tekis harakatga o'tadi.

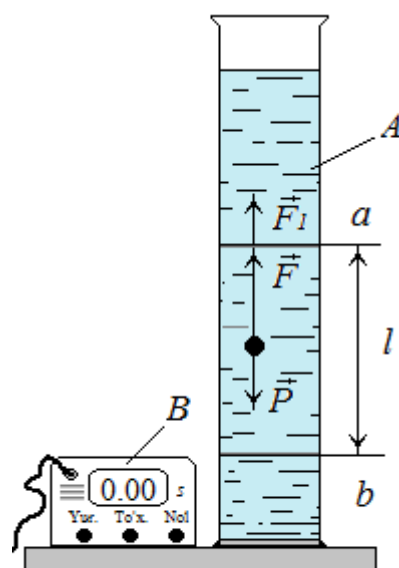
4. Berilgan sharchalarning bir nechtasining diametrlarini mikrometr bilan o'lchang.

5. Ma'lum diametrli sharchani suyuqlikka tashlang va a chiziqqa kelganda B sekundomerni ishga tushiring hamda kuzatishni davom ettirgan holda sharcha b chiziqqa yetganida uni to'xtating. So'ngra sharcha tekis harakat qilgan balandlikni va uni o'tishga sarf bo'lgan vaqtni aniqlang.

Eslatma II. Sharchaning a dan b gacha bo'lgan l masofani (21-rasmga q.) bosib o'tish uchun ketgan vaqti t desak, uning tezligi jismning tekis harakati qonuniyatidan topiladi.

6. Tajribada topilgan natijalarni jadvalga yozing.

Eslatma III. Paxta yog'ining zichligi 800 kg/m^3 ga teng, glitserinniki- 1260 kg/m^3 .



21-rasm.

15.1-jadval

Suyuq-lik	№	r, m	l, m	t, s	$d, kg/m^3$	$\rho, kg/m^3$	$v, m/s$	η	$\langle \eta \rangle$
	1.								
	2.								
	3.								

Nazorat savollari

1. Tashqi va ichki ishqalanish mexanizmini tushuntiring.
2. Stoks qonunini yozing va tushuntiring.
3. Qovushqoq muhitda harakatlanuvchi jismga qanday kuchlar ta'sir qiladi?
4. Suyuqlik sirtidan muayyan masofada sharning harakati tekis harakatga o'tishi sababini tushuntiring.

III bob. MOLEKULYAR FIZIKA

16 – Laboratoriya mashg'uloti

GEY – LYUSSAK QONUNI

Ishning maqsadi: Gey-Lyussak qonunini tajribada tekshirish.

Asbob va jihozlar

Bir tomoni kavsharlangan uzun nay ($L=0,6\text{ m}$, $d=0,008\div 0,01\text{ m}$), baland silindr shaklidagi idish, stakan, plastilin, termometr, chizg'ich va sekundomer.

Nazariy tushunchalar

Ideal gaz holati tenglamasi yordamida gazning massasi va bosim, hajm yoki harorat kabi uchta parametridan bittasi o'zgarmas bo'ladigan jarayonlarni o'rganish mumkin.

Gaz qonuni deb, gaz holatining bitta parametri o'zgarmas bo'lganda, qolgan ikki parametri o'rtasidagi miqdoriy bog'lanishni ifodalaydigan qonunga aytiladi.

Parametrlaridan bittasi o'zgarmas bo'lgan holda kechadigan jarayonlar *izojarayonlar* deb aytiladi.

Termodinamik sistema holatining bosim o'zgarmay turadigan sharoitidagi o'zgarish jarayoni *izobarik jarayon* deb ataladi.

Klapeyron tenglamasi:

$$\frac{PV}{T} = \text{const}$$

dan p -bosimni o'zagarmas qilib olamiz. Demak, izobarik jarayon tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$P=\text{const}, \quad \frac{V}{T} = \text{const} \quad (1)$$

Bu jarayonni fransuz olimi J.Gey-Lyussak o'rgangan va o'zining qonunini 1802-yilda tajribada tasdiqlagan:

Agar ma'lum bir massali gazning bosimi o'zgarmasa, gaz hajmining haroratga nisbati ham o'zgarmay qoladi.

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Gey-Lyussak qonunini tekshirish uchun atmosfera bosimidagi havo olib, gazning o'zgarmas bosimdagi ikki holatida hajm va haroratni o'lchab, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

tenglikning to'g'riligini tekshirish yetarli.

Shisha nayning ochiq og'zini yuqoriga qilib, silindrik idishdagi issiq (60°C) suvga 3-5 minut botirib oling (22,a-rasm). Bu holda havoning hajmi shisha nayning hajmiga teng, havoning harorati issiq suvning T_1 haroratiga teng. Havo miqdori o'zgarmasligi uchun issiq suvda rezina bilan og'zini berkitib, tezda xona haroratidagi suvli stakanga to'ntarib qo'yamiz (22,b-rasm). Keyin esa suvning ichida plastilin olinadi. Havo sovigani sari suv ko'tariladi. Nayda suvning

ko'tarilishi to'xtagach (22,c-rasm) havoning hajmi qisqaradi ($V_2 < V_1$), bosimi esa $P = P_{atm} - \rho gh$ naydagi havoning bosimi yana atmosfera bosimiga tenglashib qolishi uchun nayning stakanga botish chuqurligini naydagi va stakandagi suv sathlari tenglashguncha (22,d-rasm) ortirib boramiz. Bu holat naydagi havoning atrofdagi havo harorati T_2 bo'lgandagi holatidir. Agar nayning kesimi boshdan oxirigacha bir xil bo'lsa, naydagi havoning birinchi va ikkinchi holatdagi hajmlari nisbatini nayning bu holatlardagi havo ustunining balandliklari nisbati bilan almashtirish mumkin:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{Sl_1}{Sl_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

Demak, bu ishda $\frac{l_1}{l_2}$ va $\frac{T_1}{T_2}$ nisbatlarni solishtirish kerak. Havo ustunining balandligi chizg'ich bilan, harorat termometr bilan o'lchanadi.

Tayanch iboralar

Gaz qonuni, izojarayon, izobarik jarayon, Gey-Lyussak qonuni, Klapeyron tenglamasi, parametr, hajm, harorat, stakan, plastilin, termometr, chizg'ich, sekundomer.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Kerakli jihozlarni tayyorlang (22-rasm).
3. Shisha nayning l_1 uzunligini va silindrik idishdagi suvning haroratini o'lchang.
4. Naydagi havoni yuqorida aytilgandek qilib, ikkinchi holatga keltiring. Naydagi havo ustunining l_2 uzunligini va atrofdagi havoning T_2 temperaturasini o'lchang.

5. $\frac{l_1}{l_2}$ va $\frac{T_1}{T_2}$ nisbatlarni hisoblang, olingan natijalarni qutidagi jadvalga yozing.

16.1-jadval

O'lchangan				Hisoblangan													
l_1 , mm	l_2 , mm	t_1 , °C	t_2 , °C	$\Delta_a l$, mm	$\Delta_o l$, mm	Δl , mm	T_1 , K	T_2 , K	$\Delta_a T$, K	$\Delta_o T$, K	ΔT , K	$\frac{l_1}{l_2}$	ε_1 , %	Δ_1	$\frac{T_1}{T_2}$	ε_2 , %	Δ_2

7. Uzunlik va harorat nisbatlarining nisbiy (ε_1 va ε_2) va absolyut (Δ_1 va Δ_2) xatolarini

$$\varepsilon_1 = \left(\frac{\Delta l}{l_1} \right) + \left(\frac{\Delta l}{l_2} \right), \quad \Delta_1 = \left(\frac{l_1}{l_2} \right) \cdot \varepsilon_1,$$
$$\varepsilon_1 = \left(\frac{\Delta T}{T_1} \right) + \left(\frac{\Delta T}{T_2} \right), \quad \Delta_1 = \left(\frac{T_1}{T_2} \right) \cdot \varepsilon_2.$$

8. $\frac{l_1}{l_2}$ va $\frac{T_1}{T_2}$ nisbatlarni solishtiring.

Nazorat savollari

1. Gaz qonunini ta'riflang.
2. Izojarayonlar deb nimaga aytiladi?
3. Gey-Lyussak qonunini tushuntiring.
4. Nima uchun ichida uy haroratidagi suvi bor stakanga shisha nay botirilganda va plastilin tiqin olingandan so'ng naydagi suv ko'tariladi?
5. Nima uchun stakandagi va naydagi suv sathlari bir xil bo'lganda naydagi suv bosimi atmosfera bosimiga teng bo'ladi?

17 – Laboratoriya mashg'uloti

HAVONING NISBIY NAMLIGI

Ishning maqsadi: 1. Havo namligini tajribada aniqlashni o'rganish. 2. Havodagi suv bug'ining miqdorini aniqlash usulini o'rganish. 3. Avgust psixrometrining tuzilishini va ishlashini o'rganish.

Asbob va jihozlar

Avgust psixrometri, stakan, suv, pilik, psixometrik jadval.

Nazariy tushunchalar

Yer atmosferasi tarkibiga suv bug'lari kiradi. Havodagi suv bug'larining miqdori bilan tavsiflanadigan fizik kattalik *havoning namligi* deyiladi.

1 m^3 havodagi suv bug'ining massasi *absolyut namlik* deb ataladi. Absolyut namlikni bilgan holda, shu sharoitda suv bug'ining to'yinish darajasidan qanchalik uzoq ekanligini, binobarin, suvning bug'lanish yoki kondensatsiyalanish intensivligi to'g'risida biror fikr aytib bo'lmaydi. Buning uchun nisbiy namlik degan kattalikni bilish kerak. Muayyan bir temperaturada havo absolyut namligining shu temperaturada 1 m^3 havoni to'yintirish uchun zarur bo'lgan suv bug'i massasiga nisbati bilan aniqlanadigan *f* kattalik *nisbiy namlik* deyiladi. Nisbiy namlikni yana suv bug'i elastikligi orqali quyidagicha ta'riflash mumkin: havo tarkibidagi suv bug'i elastikligining aynan shu temperaturadagi to'yingan suv bug'i elastikligiga nisbati bilan ifodalanadigan kattalik *nisbiy namlik* deyiladi. U quyidagicha ifodalanadi:

$$f = \frac{\rho}{\rho_0} \quad \text{yoki} \quad f = \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

Havodagi suv bug'i elastikligi deyilganda, havodagi suv bug'ining parsial bosimi tushuniladi. Tirik organizmlarning, tuproqning namlik yo'qotishi nisbiy namlikka bog'liq. Inson o'zini yaxshi his qilishi uchun nisbiy namlik 61-70 % atrofida bo'lishi kerak. Namlikni aniqlash uchun Avgust psixrometridan foydalanish mumkin. Psixrometr ikkita bir xil termometrdan iborat bo'lib, ulardan birining ichiga rezervuardagi suvga botirib qo'yilgan mato o'ralgan (23-rasm). Havo suv bug'lari bilan to'yinmagan bo'lsa, matodagi suv bug'lanadi va termometrning rezervuari soviydi. Natijada termometr past temperaturani ko'rsatadi. Chunki nisbiy namlik kichik bo'lganda, suv bug'i to'yinishidan uzoq bo'lgani uchun ho'l termometr ham past temperaturani ko'rsatadi. Nisbiy namlik oshib borgan sari bug'lanish kamayadi va ho'l termometrning ko'rsatishi quruq termodinamikaga yaqinlashadi. Nisbiy namlik 100% bo'lganda, suv umuman bug'lanmaydi va ho'l termometrning ko'rsatishi quruq termometrniki bilan bir xil bo'ladi. Ikkala termometr ko'rsatishlarining ayirmasiga qarab, psixometrik jadval (13-ilovaga qarang) yordamida havoning nisbiy namligini aniqlash mumkin. (1) ifodaga ko'ra namlik quydagicha aniqlanadi, ya'ni:

$$\rho = \frac{f\rho_0}{100\%} \quad (2)$$

bu yerda ρ_0 -ma'lum temperaturadagi havoning 1 m^3 hajmini to'yintirish uchun zarur bo'lgan suv bug'ining massasi. Uning qiymati jadvaldan olinadi (12-ilova).

Tayanch iboralar

Havoning namligi, absolyut namlik, nisbiy namlik, elastiklik, massa, temperatura, termometr, Avgust psixrometri, stakan, suv, pilik.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.

2. Psixrometr stakanchasiga suv soling va 5-10 min kuting.

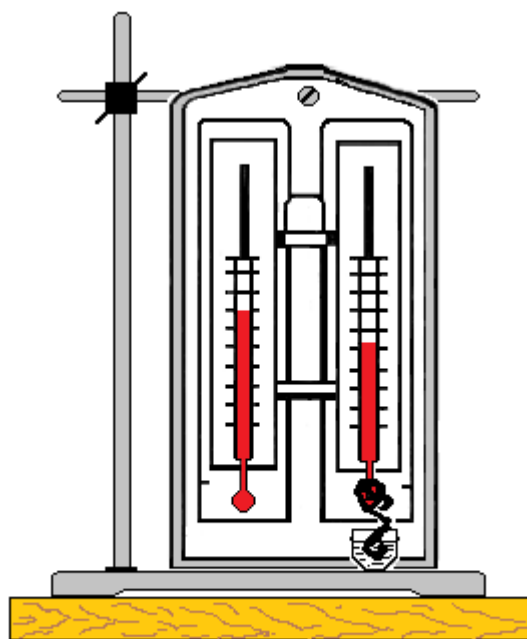
3. Quruq va ho'l termometrlarining t va t_h ko'rsatishlarini yozib oling.

4. Quruq va ho'l termometrlar ko'rsatishlari farqini hisoblang.

5. Psixrometrik jadvaldan t ga va havoning t_h temperaturasi (ho'l termometrning ko'rsatishi) ga mos kelgan nisbiy namlikni belgilang.

6. (2) ifodadan foydalanib, havoning absolyut namligini hisoblang.

7. Tajribani ertalab, tushda va kechqurun takrorlang. Tajriba o'tkazilayotgan kunning vaqtini (T)



23-rasm.

belgilab qo'ying.

8. Havoning nisbiy va absolut namligining temperaturaga bog'lanish grafigini chizing.

9. Havoning nisbiy va absolut namligini kunning vaqtida bog'lanish grafigini chizing.

10. Asbobning o'lchash aniqligini hisobga olib, xatolikni baholang.

11. Tajribada aniqlangan natijalarni 17.1-jadvalga kiriting.

Eslatma: Ixtiyoringizda Avgust psixrometri bo'lmay, faqat termometrlar bo'lsa, ulardan psixrometr yig'ish mumkin. Agar ixtiyoringizda faqat bitta termometr bo'lsa, u holda xona havosining t temperaturasini o'lchaysiz. So'ngra shu termometrning rezervuarini ho'l mato bilan o'rab, matoning bir qismini stakandagi suvga tushirasiz. 10-15 min o'tgach, termometrning t_1 ko'rsatishini yozib olasiz. Shu natijalar asosida aniqligi juda yuqori bo'lmagan natijalar olish mumkin. $1m^3$ havodagi to'yingan suv bug'ining massasi $10^{-3} kg/m^3$ ga teng.

17.1-jadval

No	$t_1, ^\circ C$	$t_h, ^\circ C$	$\Delta t, ^\circ C$	f	Δf	$\overline{\Delta f}$	$\rho_o, kg/m^3$	T, min	$\rho, kg/m^3$
1.									
2.									
3.									
O'rtacha qiymat									

Nazorat savollari

1. Havoning namligi deb nimaga aytiladi?
2. Havo namligining qanday ahamiyati bor?
3. Absolyut va nisbiy namlik tushunchasini ta'riflang.
4. Havoning namligini aniqlash usullarini aytib bering.
5. Auditoriyadagi havoning nisbiy va absolut namligini aniqlash usullarini tushuntiring.

18 – Laboratoriya mashg'uloti

SUYUQLIKNING SIRT TARANGLIK KOEFFITSIYENTI

Ishning maqsadi: 1. Suyuqlikning sirt taranglik koefitsiyentini tomchi usuli bilan aniqlashni o'rganish. 2. Sirt taranglik koefitsiyenti hamma suyuqliklarda bir xil emasligini tajribada aniqlash.

Asbob va jihozlar

Elektron (JW-1) tarozi, stakan, ingichka uchli shishsa idish, shtativ, har xil turdagi suyuqliklar va yordamchi jihozlar.

Nazariy tushunchalar

Suyuqlik sirtidagi molekulalarga ichki molekulalar tomonidan suyuqlik ichiga yo'nalgan kuch ta'sir qiladi. Shuning uchun suyuqlik sirtida sirt tarangligi

hosil bo'lib, u doim suyuqlik yuzasini qisqartirishga intiladi. Ayni paytda suyuqlikka shu sirtni saqlab turuvchi sirt taranglik kuchi ta'sir qiladi. Bu kuchning kattaligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$F = \alpha \cdot l \quad (1)$$

bunda: l -sirt perimetri; α -sirt taranglik koeffitsiyenti.

Sirt taranglik koeffitsiyenti deb, sirtning birlik chegarasiga to'g'ri kelgan kuchga aytiladi. Sirt taranglik koeffitsiyenti XBTda N/m bilan o'lchanadi.

Faqat bitta tomchi uchun sirt taranglik koeffitsiyentini topishda $\alpha \cdot l$ kuch bitta tomchining og'irlik kuchiga tenglashtiriladi, ya'ni:

$$\alpha \cdot l = m_0 g, \quad (2)$$

bunda: m_0 - bitta tomchining massasi; l - suyuqlik tomadigan kapillyar nay uchining ichki aylanasi uzunligi, ya'ni perimetr. Bitta tomchining massasi m_0 ni topish uchun n ta tomchining massasi tomchilar soniga bo'linadi:

$$m_0 = \frac{m}{n} \quad (3)$$

Kapillyarning ichki perimetri $l = \pi d$ ekanligini hisobga olsak, (2) ni qo'yidagicha yozish mumkin:

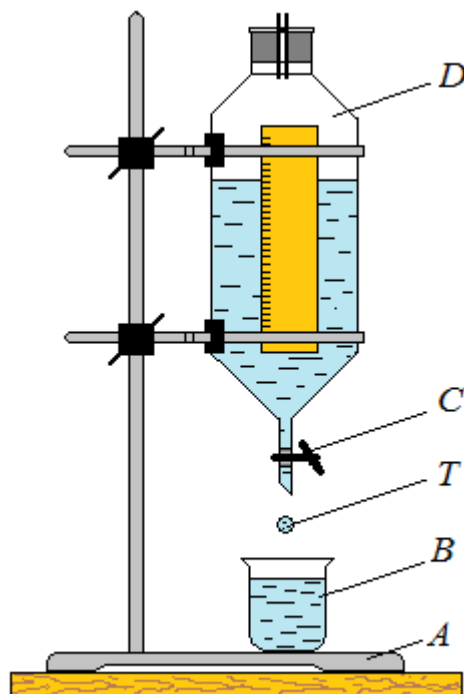
$$\alpha \cdot \pi d = \frac{mg}{n} \quad (4)$$

Bundan suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyenti α topiladi:

$$\alpha = \frac{mg}{\pi nd} \quad (5)$$

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Qurilma og'ir taglik (A), vertikal ustunchasiga tik mahkamlangan ventilli kapillyar idish (D) va stakan yoki menzurka (B) dan tashkil topgan (24-rasm). Ventil (C) ochilganida suyuqlik (masalan, suv) stakanga tomchilab (T) tushadi. Tomchilar soni sanaladi. So'ngra stakandagi suv elektron tarozida tortiladi. Tarozi ko'rsatishidan stakan massasini ayirib tashlab, oqib tushgan suyuqlik massasi topiladi. Yuqoridagi o'lchashlar har xil turdagi suyuqliklar bilan takrorlanadi. Tajribada topilgan natijalar asosida suyuqliklarning sirt taranglik koeffitsiyenti hisoblanadi.



24-rasm.

Tayanch iboralar

Suyuqlik, molekula, sirt taranglik kuchi, sirt taranglik koeffitsiyenti, tomchi usuli, sirt perimetri, massa, kapillyar nay, elektron tarozi, stakan, shtativ.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Shisha idish uchining ichki perimetrini va uning diametrini aniqlang.
3. Quruq stakan massasi m_1 ni tarozida tortib aniqlang.
4. Suyuqlik solinadigan idishga o'rganiladigan suyuqlikni quyning.
5. Shisha idishdan stakanga suyuqlikning sekin kapillyar orqali tomchilab oqishini ta'minlang va tomchilar sonini sanang.
6. Suyuqlikli stakan massasi m_2 ni elektron tarozida tortib aniqlang.
7. Yuqoridagi 6- va 3-bandlardagi massalar ayirmasi m ni toping.
8. Sirt taranglik koeffitsiyentini (5) formuladan toping.
9. Aniqlangan natijalarni boshqa adabiyotlarda keltirilgan natijalar bilan solishtiring.
10. Tajribada aniqlangan natijalarni 18.1-jadvalga kiriting.

18.1-jadval

№	l, m	d, m	m_1, kg	m_2, kg	n	m, kg	$\alpha, N/m$
1.							
2.							
3.							

Nazorat savollari

1. Sirt tarangligi nima, u qanday hosil bo'ladi?
2. Sirt taranglik koeffitsiyentining fizik ma'nosi nima?
3. Tomizilayotgan idish uchi turli to'g'ri geometrik shakllarda bo'lganda sirt taranglik koeffitsiyentini hisoblang.
4. Sirt tarangligining temperaturaga bog'liqligini qanday tushuntirasiz?
5. Laboratoriya ishining asosiy formulasini keltirib chiqaring.

19 – Laboratoriya mashg'uloti

KAPILLYAR NAYLAR

Ishning maqsadi: Sirt taranglik hamda kapillyar hodisalarni o'rganish, shuningdek, berilgan suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyentini kapillyar naylar yordamida aniqlash.

Asbob va jihozlar

Suyuqliklar (suv, kerosin) bilan to'ldirilgan stakanlar, turli diametrli kapillyar naylar, chizg'ich, igna yoki to'g'nag'ich, shtangentsirkul.

Nazariy tushunchalar

Diametri juda kichik naychalar *kapillyarlar* deyiladi. Kapillyar naylarda quyilgan suyuqlik sathining keng naylardagi suyuqlik sathiga nisbatan ko'tarilish

yoki pasayish hodisasi *kapillyar hodisalar* deyiladi. Hollovchi suyuqlik kapillyarda ko'tarilsa, hollamaydigan suyuqlikning sathi esa pasayadi.

Ho'llash-suyuqlik molekulalari bilan qattiq jism molekulalarining o'zaro ta'siri natijasida paydo bo'ladigan va suyuqlik sirtining qattiq jism sirti yaqinida egrilanishiga sabab bo'ladigan hodisadir. Qattiq jism molekulalari bilan suyuqlik molekulalari orasidagi tortishish kuchlari suyuqlik molekulalari o'rtasidagi tortishish kuchdan katta bo'lsa, suyuqlik o'zi turgan qattiq jism devorlarini ho'llaydi. Suyuqlik molekulalarining o'zaro tortishish kuchlari suyuqlik molekulalari bilan qattiq jism molekulalari o'rtasidagi tortishish kuchlaridan katta bo'lsa, suyuqlik o'zi turgan qattiq jism devorlarini ho'llamaydi.

Kapillyarga quyilgan to'liq ho'llaydigan yoki ho'llamaydigan suyuqlikning egilgan sirtini r radiusli yarim sfera deb hisoblash mumkin. Sirt qatlamining aylana shaklidagi chegarasiga yuqoriga qarab yo'nalgan

$$F = \sigma l = \sigma 2 \pi r \quad (1)$$

sirt taranglik kuchi ta'sir qiladi. Bu kuch naychadagi suyuqlikning yuqoriga ko'tarilgan ustuni og'irligiga tenglashganda, suyuqlikning kapillyarga ko'tarilishi to'xtaydi:

$$\sigma 2 \pi r = m g = \rho V g = \pi r^2 h \rho g \quad (2)$$

bu erda $V = \pi r^2 h$ -kapillyarda ko'tarilgan yoki suyuqlikning hajmi. Bundan

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r} = \frac{4\sigma}{\rho g d} \quad (3)$$

ni topamiz, unda ρ -suyuqlikning zichligi, r -kapillyarning radiusi, d -uning diametri. Bu ifodadan

$$\sigma = \frac{\rho g d h}{4} \quad (4)$$

ekanligi kelib chiqadi.

Tayanch iboralar

Sirt taranglik, kapillyar, zichlik, kapillyar hodisalar, sirt taranglik koefitsiyenti, ho'llash, balandlik, diametr, chizg'ich, shtangentsirkul.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va uni bajarish uchun kerakli jihozlarni tekshiring.

2. Shtangentsirkul va igna yordamida kapillyar naylarning diametrini o'lchash (25-rasm).

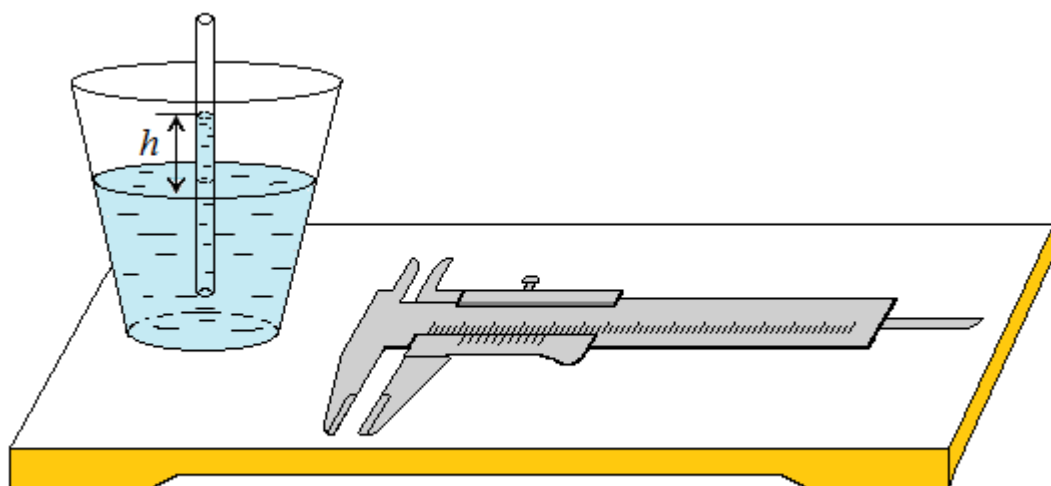
3. Kapillyar naylarni avval suvli stakanga, so'ngra kerosinli stakanga tushuring.

4. Naylardagi suv va kerosinning ko'tarish balandliklarini o'lchang.

5. (4) formuladan foydalanib, har bir hol uchun σ ni toping.

6. Tajribani bir necha marta takrorlang.

7. Tajriba xatoliklarini hisoblang va jadvalni to'ldiring.



25-rasm.

19.1-jadval

№	Suyuqlik zichligi $\rho, \text{kg/m}^3$	h, m	d, m	$\sigma, \text{N/m}$	$\langle \sigma \rangle, \text{N/m}$	$\langle \Delta \sigma \rangle, \text{N/m}$	$\varepsilon, \%$
1.							
2.							
3.							

Nazorat savollari

1. Sirt taranglik kuchi nima?
2. Sirt taranglik ko'effitsiyenti deb nimaga aytiladi?
3. Kapillyar hodisalarga ta'rif bering.
4. Sirt taranglik ko'effitsiyentini topishning yana qanday usullarini bilasiz?

20 – Laboratoriya mashg'uloti

MATERIALNING ELASTIKLIK MODULI

Ishning maqsadi: Guk qonunini tajribada o'rganish.

Asbob va jihozlar

Tarozi (toshlari bilan birga), shtangentsirkul yoki millimetrli metall chizg'ich, shtativ, uzunligi 30-40 sm bo'lgan rezina tasma va yordamchi jihozlar.

Nazariy tushunchalar

Tashqi kuch ta'sirida jism shakli va hajmining o'zgarishiga *deformatsiya* deyiladi. Tashqi ta'sir kuchi jismdan olingandan so'ng, shu jism o'zining avvalgi shakliga qaytsa, bunday deformatsiya *elastik deformatsiya*, aksincha holatda, *plastik deformatsiya* deyiladi.

Deformatsiyalangan jismning (buralish, egilish, cho'zilish, siljish, siqilish deformatsiyasidagi) istalgan kesimida uning shakli va o'lchamining o'zgarishiga

qarshilik qiladigan elastiklik kuchlari ta'sir etadi. Plastik deformatsiyalangan jismning kristall tuzilishi mutlaqo o'zgarib, avvalgi holatiga qaytmaydigan holatga o'tadi. Bu jarayon qaytmas bo'ladi. Biror yo'nalish bo'yicha deformatsiya o'lchami *absolyut deformatsiya*, absolyut deformatsiyaning qiymati jismning shu yo'nalish bo'yicha birlamchi o'lchamiga nisbati *nisbiy deformatsiya* deyiladi.

Deformatsiyalangan jismning holati kuchlanish (mexanik kuchlanish) deb ataladigan maxsus kattalik bilan tavsiflanadi. Son qiymati jihatidan F elastiklik kuchi modulining shu jism ko'ndalang kesimi yuzi S ga nisbatiga teng fizik kattalik *kuchlanish* deyiladi va u quyidagicha yoziladi:

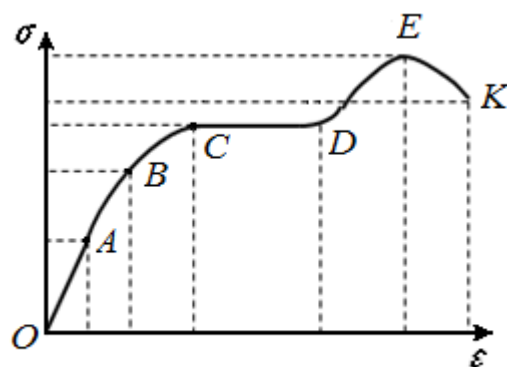
$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Xalqaro o'lchov birliklar sistemasi (SI) da kuchlanish birligi sifatida $1Pa = 1 \frac{N}{m^2}$ qabul qilingan. Elastiklik kuchi S yuzaga tik yoki urinma holatida

yo'nalgan bo'lishiga qarab, uni normal yoki urinma kuchlanish deb yuritiladi.

Deformatsiyalanish diagrammasi deyilganida, kuchlanishlar yoki nagruzka (yuklama) bilan materiallarning deformatsiyalanishi orasidagi bog'lanish grafigi tushuniladi.

Cho'zilish diagrammasi. Cho'zilish deformatsiyasini tadqiq etish uchun tadqiq etiladigan materiallardan yasalgan sterjen maxsus qurilmalar yordamida cho'zib ko'riladi, bunda namunaning uzayishi va unda paydo bo'ladigan kuchlanish o'lchanadi. Tajriba natijalariga asoslanib, σ kuchlanishning ε nisbiy uzayishiga bog'lanish grafigi chiziladi, bu grafik cho'zilish diagrammasi deb ataladi (26-rasm). Cho'zilish diagrammasi hamma jismlar uchun doim bir xil ko'rinishda bo'lmasligi mumkin.



26-rasm.

Guk qonuni. Tajribalarning ko'rsatishicha, deformatsiyalar juda kichik bo'lganda σ kuchlanish ε nisbiy uzayishga to'g'ri proporsional bo'ladi (Diagrammaning OA nuqtalar oralig'i). Bu bog'lanishni quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$\sigma = E \cdot |\varepsilon| \quad (2)$$

Bu formulada ε nisbiy uzayishning moduli olingan, chunki Guk qonuni cho'zilish deformatsiyasini ham, $\varepsilon < 0$ bo'ladigan siqilish deformatsiyasini ham qoniqtiradi. Guk qonunining ifodasida qatnashadigan E proporsionallik koeffitsiyenti *elastiklik moduli* yoki *Yung moduli* deb ataladi. Deformatsiyalar juda kichik bo'lganda σ kuchlanish va ε nisbiy uzayishni o'lchab, Yung moduli (2) formuladan aniqlash mumkin.

Ko'p ishlatiladigan materiallar uchun Yung moduli tajribada aniqlangan. Masalan, xrom uchun $E = 2.1 \cdot 10^{11} Pa$, alyuminiy uchun $E = 7 \cdot 10^{10} Pa$. E qanchalik katta bo'lsa, boshqa parametrlar (F , S , l_0) bir xil bo'lganda, sterjen

shunchalik kam deformatsiyalanadi. Yung moduli materialning elastik cho'zilish (siqilish) deformatsiyasiga qarshilik ko'rsatish qobiliyatini ifoda qiladi. (2) formula shaklida yozilgan Guk qonunini boshqacha ko'rinishga keltirish mumkin. Buning uchun (2) formulaga $\sigma = \frac{F}{S}$ va $\varepsilon = \frac{|\Delta l|}{l_0}$ ifodalarni qo'yib, quyidagi tenglik hosil qilinadi:

$$\frac{F}{S} = E \cdot \frac{|\Delta l|}{l_0}$$

bunda: $F = |\Delta l| \cdot \frac{SE}{l_0}$ - namunaga ta'sir etayotgan kuch; $\frac{SE}{l_0} = k$ - jism (sterjen)

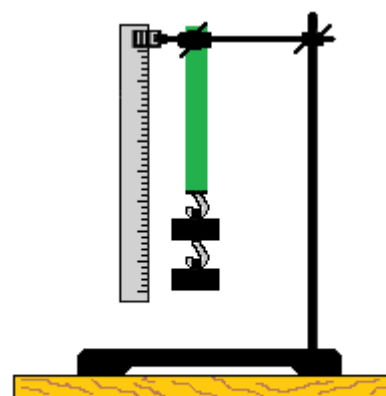
bikrligi. U holda yuqorida keltirilgan formulalar asosida quyidagini yozish mumkin:

$$F = k|\Delta l|$$

Shunday qilib, sterjenning k bikrligi Yung moduli bilan sterjen ko'ndalang kesimi yuzining ko'paytmasiga to'g'ri va sterjenning uzunligiga teskari proporsional ekan.

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Mazkur qurilma shtativ, ilgak, rezina tasma, millimetrli metall chizg'ichlardan tashkil topgan. Qurilmaning sxematik tasviri 27-rasmda keltirilgan. Qurilmani ishlatish uchun oddiy chizg'ich olinadi va unga rezina tasma zich qilib o'raladi. Keyin chizg'ichga o'ralgan rezina tasmaning eni A o'lchanadi. Xuddi shunday, g'o'lachaga ustma-ust o'ralgan rezina tasmaning qalinligi ham chizg'ich yordamida o'lchanadi. Ingichka rezina namunalaridan ishni bajarishda qo'llanilganda, unga har xil og'irlikdagi yuklar osilib, ingichka rezina tasmaning cho'zilishi topiladi.



27-rasm.

Tayanch iboralar

Deformatsiya, elastik deformatsiya, plastik deformatsiya, absolyut deformatsiya, nisbiy deformatsiya, mexanik kuchlanish, elastiklik kuchi, cho'zilish deformatsiyasi, diagramma, Guk qonuni, elastiklik moduli, bikrlilik, Yung moduli, tarozi, shtangentsirkul, chizg'ich, shtativ, rezina.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Shtativga qisqichli sterjenni o'rnatib.
3. Berilgan rezina namunaning o'lchamlarini aniqlang. To'g'ri to'rtburchakli rezina tasma o'lchamlarini aniqlang. Buning uchun namunaning qalinligini $b=B/N$ va enini $a=A/N$ dan aniqlang.

4. Namunani 27-rasmdagidek o'rnating va har xil yuklarni osib, uning boshlang'ich va oxirgi holatlarini tayanchdagi chizg'ichda belgilab, uzunliklarini aniqlang. Topilgan natijalardan Δl ni aniqlang.

5. Natijalarni jadvalga kiriting.

20.1-jadval

№	l_0, m	m, kg	l, m	$\Delta l = l - l_0$	$S = a \cdot b$	σ, Pa	E, Pa
1.							
2.							
3.							

6. Natijalar asosida mexanik kuchlanish σ ni va elastiklik moduli E ni hisoblab toping.

7. O'lchashlarning absolyut va nisbiy xatoliklarni natijalar asosida toping.

Nazorat savollari

1. Guk qonuni nimani o'rganadi va u qanday ta'riflanadi?
2. Elastik va plastik deformatsiya deb nimaga aytiladi?
3. Elastiklik moduli nima? Uning fizik ma'nosini tushuntiring.
4. Nisbiy uzayish qanday topiladi?
5. Bikrlik nima va to'sinlarning bikrligi qanday aniqlanadi?

ILOVALAR

1. Qattiq moddalarning zichligi.

Modda	$\frac{g}{sm^3}$	$\frac{kg}{m^3}$	Modda	$\frac{g}{sm^3}$	$\frac{kg}{m^3}$
Alyuminiy	2,6	2600	Parafin	0,9	900
Quruq qayin	0,7	700	Qum (quruq)	1,5	1500
Beton	2,2	2200	Platina	21,4	21400
Granit (xarsang tosh)	2,6	2600	Po'kak	0,2	200
Quruq qarag'ay	0,5	500	Osh tuzi	2,1	2100
Quruq eman (dub)	0,8	800	Qo'rg'oshin	11,3	11300
Quruq archa	0,6	600	Kumush	10,5	10500
Temir	7,9	7900	Butilka shishasi	2,7	2700
Po'lat	7,7	7700	Deraza oynasi	2,5	2500
Oltin	19,3	19300	Chinni	2,3	2300
G'isht	1,8	1800	Sement	1,4	1400
Jez	8,4	8400	Rux	7,0	7000
Muz (0°C)	0,9	900	Cho'yan	7,0	7000
Mis	8,6	8600	Ebonit	1,2	1200
Marmar	2,7	2700	Kapron	1,14	11400
Bo'r	2,4	2400	Polietilen	0,94	940
Nikel	8,9	8900	Porolon	0,2	200
Qalay	7,2	7200			

2. Suyuqliklarning zichligi.

Modda	$\frac{g}{sm^3}$	$\frac{kg}{m^3}$	Modda	$\frac{g}{sm^3}$	$\frac{kg}{m^3}$
Suv (4°C)	1,00	1000	Kerosin	0,80	800
Suv (dengiz suvi)	1,03	1030	Mazut	0,90	900
Zaytun yog'i	0,92	920	Simob (0°C)	13,60	13600
Sut	1,03	1030	Sulfat kislota	1,84	1840
Asal	1,42	1420	Skipidar	0,86	860
Neft	0,76 - 0,8	760 - 800	Spirt	0,79	790
Mis kuporosi eritmasi	1,15	1150	Efir	0,72	720
Benzin	0,70	700	O'simlik moyi (paxta)	0,90	900

3. Gazlarning zichligi.
(0°C va 760 mm sim. ust. bosimida)

Modda	$\frac{g}{sm^3}$	$\frac{kg}{m^3}$	Modda	$\frac{g}{sm^3}$	$\frac{kg}{m^3}$
Azot	0,00125	1,250	Neon	0,00090	0,900
Ammiak	0,00077	0,770	Karbonat angidrid	0,00198	1,980
Havo	0,00129	1,290	Xlor	0,00321	3,210
Vodorod	0,00009	0,090	Yonuvchi gaz	0,0005	0,500
Geliy	0,00018	0,180	Suv bug'i (100°C)	0,0006	0,600
Kislород	0,00143	1,430			

4. Yoqilg'ining yonish issiqligi.

Modda	$\frac{J}{kg}$	Modda	$\frac{J}{kg}$
Antratsit	$3,4 \cdot 10^6$	Toshko'mir	$2,9 \cdot 10^6$
Benzin	$4,6 \cdot 10^6$	Kerosin	$4,6 \cdot 10^6$
Qo'ng'ir ko'mir	$1,7 \cdot 10^6$	Neft	$4,6 \cdot 10^6$
Vodorod	$1,4 \cdot 10^6$	Porox	$0,3 \cdot 10^6$
O'tin (quruq qayin)	$1,3 \cdot 10^6$	Spirt	$2,9 \cdot 10^6$
O'tin (quruq qarag'ay)	$1,3 \cdot 10^6$	Torf	$1,5 \cdot 10^6$
Pista ko'mir	$3,4 \cdot 10^6$	Tabiiy gaz	$3,7 \cdot 10^6$

5. Qattiq jism va suyuqlarning solishtirma issiqlik sig'imi.

Modda	$\frac{J}{kg \cdot K}$	Modda	$\frac{J}{kg \cdot K}$
Alyuminiy	896	Rux	391
Beton	880	Mis	395
Temir	500	Cho'yan	550
Jez	386	Shisha	800
G'isht	756	Yog'och	1680
Muz	2100	Qum	966
Nikel	460	Suv	4190
Qalay	230	Simob	138
Po'lat	460	Spirt	2510
Platina	117	Kerosin	2140
Qo'rg'oshin	126	Efir	2352
Kumush	234	Havo	1008

6. Gazlarning solishtirma issiqlik sig'imi.

Modda	Solishtirma issiqlik sig'imi $kJ/(kg \cdot K)$	Kondensatsiya temperaturasi $^{\circ}C$
Azot	1,0	-196
Vodorod	1,4	-253
Havo	1,0	-
Kislrod	0,92	-183

7. Moddalarning erish va qotish temperaturasi.

Modda	Temperatura, $^{\circ}C$	Modda	Temperatura, $^{\circ}C$
Alyuminiy	659	Qo'rg'oshin	327
Toza suv	0	Kumush	960
Volfram	3380	Spirt	-117
Temir	1530	Po'lat	1300
Oltin	1064	Rux	420
Muz	0	Efir	-116
Mis	1100	Azot	210
Naftalin	80	Po'lat	1300-1500
Qalay	232	Cho'yan	1100-1200
Platina	1770	Osmiy	5500
Simob	-39	Jez	900

8. Moddalarning solishtirma erish issiqligi.

Modda	Solishtirma erish issiqligi, $\frac{J}{kg}$	Modda	Solishtirma erish issiqligi, $\frac{J}{kg}$
Alyuminiy	$3,22 \cdot 10^5$	Platina	$1,13 \cdot 10^5$
Temir	$2,72 \cdot 10^5$	Simob	$1,17 \cdot 10^5$
Oltin	$0,67 \cdot 10^5$	Qo'rg'oshin	$0,226 \cdot 10^5$
Muz	$3,35 \cdot 10^5$	Kumush	$0,88 \cdot 10^5$
Mis	$1,76 \cdot 10^5$	Rux	$1,17 \cdot 10^5$
Naftalin	$1,5 \cdot 10^5$	Oq cho'yan	$1,38 \cdot 10^5$
Qalay	$0,586 \cdot 10^5$	Kulrang cho'yan	$0,96 \cdot 10^5$

9. Solishtirma bug'lanish issiqligi.
(normal sharoitda va qaynash temperaturasida)

Modda	Solishtirma bug'lanish issiqligi $\frac{J}{kg}$	Modda	Solishtirma bug'lanish issiqligi $\frac{J}{kg}$
Suv	$2,3 \cdot 10^6$	Efir	$0,4 \cdot 10^6$
Simob	$0,3 \cdot 10^6$	Ammiak (suyuq holda)	$1,4 \cdot 10^6$
Spirt	$0,9 \cdot 10^6$		

10. Cho'zilishiga puxtalik chegarasi σ_n va elastiklik moduli E .

Modda	σ_n, MPa	E, GPa
Alyuminiy	110	69
Mis	245	118
Qalay	20	50
Qo'rg'oshin	20	15,7
Kumush	290	74
Po'lat	785	216

11. Suyuqliklarning sirt taranglik koeffitsiyenti ($20^\circ C$).

Modda	$\alpha, mN/m$	Modda	$\alpha, mN/m$
Suv	73	Neft	30
Kerosin	24	Simob	510
Sovun eritmasi	40	Spirt	22

12. To'yingan bug' bosimi P va zichligi ρ ning temperatura t ga bog'liqligi.

$t, ^\circ C$	P, kPa	$\rho, g/m^3$	$t, ^\circ C$	P, kPa	$\rho, g/m^3$
-5	0,40	3,2	10	1,23	9,4
0	0,61	4,8	11	1,33	10,0
1	0,65	5,2	12	1,40	10,7
2	0,71	5,6	13	1,49	11,4
3	0,76	6,0	14	1,60	12,1
4	0,81	6,4	15	1,71	12,8
5	0,88	6,8	16	1,81	13,6
6	0,93	7,3	17	1,93	14,5
7	1,0	7,8	18	2,07	15,4
8	1,06	8,3	19	2,20	16,3
9	1,14	8,8	20	2,33	17,3

13. Psixrometrik jadval.

Quruq termometrning ko'rsatishi, °C	Quruq va nam termometrlarning ko'rsatishlarining farqi, °C											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	100	81	63	45	28	11						
2	100	83	65	48	32	16						
3	100	84	68	51	35	20						
4	100	84	69	54	39	24	10					
5	100	85	70	56	42	32	14					
6	100	86	72	58	45	32	19	6				
7	100	86	73	60	47	35	23	10				
8	100	87	74	61	49	37	26	14				
9	100	87	75	63	51	40	29	18	7			
10	100	88	76	64	53	42	31	21	11			
11	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5		
12	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8		
13	100	89	79	68	57	48	38	29	20	11		
14	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6	
15	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9	
16	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12	5
17	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15	8
18	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17	10
19	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20	13
20	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22	15
21	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	18
22	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26	20
23	100	92	83	76	69	61	54	47	40	34	28	22
24	100	92	84	76	69	61	55	49	42	36	20	24
25	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	26
26	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33	27
27	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34	29
28	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36	30
29	100	93	85	78	72	66	59	53	48	42	37	32
30	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38	33
31	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	34

14. Quyosh, Yer va Oy to'g'risidagi ma'lumotlar.

	O'lchamlari
Quyosh radiusi, m	$6,96 \cdot 10^5$
Quyosh massasi, kg	$1,99 \cdot 10^{30}$
Yerning o'rtacha radiusi, m	$6,371 \cdot 10^6$
Yer massasi, kg	$5,976 \cdot 10^{24}$
Yerning o'z o'qi atrofida to'la aylanish vaqti	23 soat 50 min 4,09 s
Erkin tushish tezlanishi (Parij kengligida dengiz sathida), m/s^2	9,80665
Normal atmosfera bosimi, Pa	101325
Havoning molyar massasi, kg/mol	0,029
Yerdan Quyoshgacha o'rtacha masofa, m	$1,496 \cdot 10^{11}$
Oy radiusi, m	$1,737 \cdot 10^6$
Oy massasi, kg	$7,35 \cdot 10^{22}$
Oyning Yer atrofida aylanishi davri	27 sutka 7 soat 43 min
Oy sirtida erkin tushish tezlanishi, m/s^2	1,623
Oydan Yergacha o'rtacha masofa, m	$3,844 \cdot 10^6$

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. J.Nurmatov, M.I.Isroilov, M.Nishonova, A.Avliyoqulov. Fizikadan laboratoriya ishlari. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. 2-nashr. T., «O'qituvchi», 2003.
2. M.Sh.Haydarova, O'.K.Nazarov. Fizikadan laboratoriya ishlari. T., «O'qituvchi», 1989.
3. K.A.Tursunmetov, A.M.Xudayberganov. Fizikadan praktikum. 2-nashr. T., «O'qituvchi», 2004.
4. S.H.Ostonov, E.Z.Halimov, U.N.Ismoilov, M.A.Vahobova. Umumiy fizika fanidan ko'rgazma-tajriba mashg'ulotlari. Oliy o'quv yurtlari, akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. B., «Iste'dod», 2006.
5. A.M.Xudayberganov, K.A.Tursunmetov va boshqalar. Fizika. I qism. Ma'ruzalar matni. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. T., «O'qituvchi», 2002.
6. S.H.Ostonov, M.Z.Sharipov, N.N.Dalmuradova. Fizik kattaliklar va ularning o'lchov birliklari. Elektron o'quv qo'llanma. B., «BuxTurRizo», 2008.
7. Q.Suyarov, A.Husanov, L.Xudoyberdiyev. Fizika. Mexanika va molekulyar fizika. I kitob. Akademik litsey talabalari uchun o'quv qo'llanma. 2-nashr. T., «O'qituvchi», 2004.

MUNDARIJA

Muqaddima	3
I bob. Laboratoriya mashg'ulotlarini o'tkazishga ko'rsatmalar	4
1.1. Laboratoriya mashg'ulotlar bajarishni tashkil qilish	4
1.2. O'lchashlar va o'lchash natijalariga matematik ishlov berish, o'lchov xatoliklari haqida tushunchalar	5
1.3. Laboratoriya mashg'ulotlarini bajarishda talabalarning vazifa va burchlari	9
1.4. Laboratoriya mashg'ulotlarini o'tkazishda talabalar uchun texnika xavfsizligi yo'riqnomasi	10
II bob. Mexanika asoslari	11
1 - Laboratoriya mashg'uloti. Tekis tezlanuvchan harakatda tezlanish	11
2 - Laboratoriya mashg'uloti. Jismlarning erkin tushishi	13
3 - Laboratoriya mashg'uloti. Gorizonttal otilgan jism harakati	15
4 - Laboratoriya mashg'uloti. Gorizontga burchak ostida otilgan jism harakati	17
5 - Laboratoriya mashg'uloti. Jismlarning qiya tekislik oxiridagi tezliklari .	19
6 - Laboratoriya mashg'uloti. To'g'ri geometrik shakldagi jismlarning zichligi	22
7 - Laboratoriya mashg'uloti. Jismlarning sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti	24
8 - Laboratoriya mashg'uloti. Matematik mayatnik	28
9 - Laboratoriya mashg'uloti. Prujinali mayatnik	31
10 - Laboratoriya mashg'uloti. Prujina bikrligi	33
11 - Laboratoriya mashg'uloti. Jismning qiya tekislik bo'yicha ko'tarishdagi F.I.K.	35
12 - Laboratoriya mashg'uloti. Elastik urilishda jismlar impulsi va energiya-ning saqlanish qonuni	37
13 - Laboratoriya mashg'uloti. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni	40
14 - Laboratoriya mashg'uloti. Jismlarning bir necha kuch ta'sirida muvozanatda bo'lish sharti	43
15 - Laboratoriya mashg'uloti. Suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsiyenti ..	45
III bob. Molekulyar fizika	49
16 - Laboratoriya mashg'uloti. Gey-Lyussak qonuni	49
17 - Laboratoriya mashg'uloti. Havoning nisbiy namligi	51
18 - Laboratoriya mashg'uloti. Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyenti ...	53
19 - Laboratoriya mashg'uloti. Kapillyar naylar	55
20 - Laboratoriya mashg'uloti. Materialning elastiklik moduli	57
Ilovalar	61
Foydalanilgan adabiyotlar	67