

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**JIZZAX DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI**

**FIZIKA VA TEXNOLOGIK TA‘LIM FAKULTETI  
FIZIKA VA UNI O‘QITISH METODIKASI KAFEDRASI**

**F.M.IRMATOV**

**FIZIK PRAKTIKUM  
fanidan**

**USLUBIY QO‘LLANMA**

**JIZZAX -2023**

**UO‘K: 53.0.(s52)**

**BBK: 22.3s.ya72**

**I-72**

Irmatov F.M, “**Fizik praktikum**”. / Uslubiy qo‘llanma / – Jizzax: JDPU “Tahririy-nashriyot bo‘limi nashri”, 2023. – 64 bet.

Fizik praktikum fani umumiy fizika kurslarida olingan nazariy bilimlarini amaliy tajribalar orqali chuqur mustahkamlashda muhim ahamiyatga ega. Bu fanni o‘rganish natijasida talaba o‘z kasbiy faoliyati davomida umumiy fizika kursidan egallagan nazariy bilimlarini laboratoriya mashg‘ulotrida mos holdagi asbob va uskunalarda yordamida amalda tekshirishi va tegishli nazariy hamda eksperimental metodlarni qo‘llash, eksperiment natijalarini qayta ishlash va tahlil qilish qobiliyatiga ega bo‘ladilar.

Fizik hodisalarini eksperimental tadqiq qilish, zamonaviy eksperimental metodlarni qo‘llash, o‘quv va ilmiy asbob-uskunalarda ishlay olish hamda tajriba o‘tkazish, tajriba natijalarini tahlil qilish va xulosa chiqarish ko‘nikmasiga ega bo‘lishdir. Uslubiy qo‘llanma 60110700-Fizika va satronomiya ta‘lim yo‘nalishi talabalariga mo‘ljallangan.

**Mas‘ul muharrir:**

*Prof. Yu.G‘.Mahmudov p.f.d Termiz davlat universiteti*

**Taqrizchilar:**

**S.Ubaydullayev** - Jizzax davlat pedagogika universiteti “Fizika va uni o‘qitish metodikasi” kafedrasini mudiri, dots.

dots. **G‘.M.Shertaylaqov** - Jizzax politexnika instituti “Metrologiya va standartlashtirish” kafedrasini mudiri,

Uslubiy qo‘llanma A.Qodiriy nomidagi Jizzax davlat pedagogika universiteti o‘quv-uslubiy kengashi tomonidan 2023-yil 21-dekabrda 5-son bayonnomasi qarori bilan nashrga tavsiya etilgan.

© Irmatov F.M., 2023.

© JDPU “Tahririy-nashriyot bo‘limi nashri”, 2023.

# 1-LABORATORIYA ISHI

## **Mavzu: Erkin tushish-natijalar videocom bilan qayd va tahlil qilish**

**Ishning maqsadi:** Erkin tushish traketoriyasini Video Com yordamida qayd qilish g-erkin tushish tezlanishini aniqlash.

### **Qurilma tarkibi**

1. VideoCom.
2. tutashtiruvchi blok 230 V / 12 V / 20 W.
3. uch oyoqli kamera.
4. Video Com uchun erkin tashlanuvchi jism.
5. uslab qoluvchi magnit.
6. taglik asosi, V-shaklli, 28 sm.
7. taglik sterjeni, 25 sm.
8. taglik sterjeni, 150 sm.
9. Leybold multiqisqichlari.
10. ulash simlari, 200 sm.

### **Qo‘shimcha:**

1. Windows 95/NT yoki yangiroq versiyali OT o‘rnatilgan kompyuter.
2. Technical alterations r2 DAt.

### **Qisqacha nazariya**

Jismlarning erkin tushishi. Yuqoridan tik tushayotgan jismlarning harakati mexanik harakatlarning eng qiziq va muhim turlaridan biridir. Bu harakatni tajriba yo‘li bilan o‘rganishimiz mumkin. Biror og‘ir jismni ipga bog‘lab osib qo‘ysak, u holda ip ma‘lum bir yo‘nalishda taranglashadi. Ma‘lumki, bu yo‘nalish vertikal yo‘nalish deb, ipga osilgan toshning o‘zi esa shovun deb ataladi. Agar ipni yoqib yuborsak jism vertikal yunalishda pastga tushib ketadi. Demak, jismlarning yerning tortishi tufayli havosiz fazoda tushishiga erkin tushish deyiladi. Jismlarning erkin tushishini birinchi bo‘lib tajribada italiyalik olim Galileo Galiley XVI asr oxirlarida Piza shahridagi og‘ma minoradan og‘ir jismlar tashlash yo‘li bilan tekshirgan. Bu tajribalar minoradan

baravar tushirib yuborilgan jismlarning og'ir-engilligiga qaramasdan, yerga deyarli bir vaqtda tushishini ko'rsatgan.

Erkin tushish qonunlarini Galiley sharchaning qiya novdan tushishini tekshirib aniqladi. Bu harakat ham aslida erkin tushishdir, ammo tik tushishdan ko'ra sekinroq davom etadi. Galileyning tekshirishlari jismlarning erkin tushishi uchun ikkita qonuniyat mavjudligini ko'rsatadi. Bu qonunlar quyidagilar:

- ***Jismlarning erkin tushishi tekis tezlanuvchan harakatdir.***
- ***Hamma jismlar erkin tushish vaqtida bir xil tezlanish bilan tushadi. Bu tezlanishga erkin tushish tezlanishi deyiladi.***

Odatda, erkin tushish tezlanishi  $g$  harfi bilan belgilanadi va u o'rtacha  $9,8 \text{ m/s}^2$  ga teng bo'ladi ( $g=9,8 \text{ m/s}^2$ ).  $g$  ning son qiymati yer sharining turli geografik kengliklarida turlicha bo'lib, bu qiymat yer qutblarida  $9,8324 \text{ m/s}^2$  ga teng bo'lgan eng katta va ekvatoridagi  $9,7805 \text{ m/s}^2$  ga teng bo'lgan eng kichik qiymat orasida o'zgaradi. Masalan, Qozon va Kopengagen uchun –  $g=9,8156 \text{ m/s}^2$ , Toshkent uchun -  $g=9,8008 \text{ m/s}^2$ . Erkin tushish tezlanishining turli joylarda turlicha bo'lishining sabablariga keyinroq to'xtab o'tamiz.

Hisoblashlarda, agar alohida aniqlik talab qilinmasa,  $g$  ning qiymati  $10 \text{ m/s}^2$  deb qabul qilinadi.

Jismlarning erkin tushishi tekis tezlanuvchan harakat bo'lganligi sababli, bu holda ham to'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakat tenglamalarining barchasi o'rinli bo'ladi, faqat ularda  $a$  tezlanishni  $g$  bilan,  $s$  yo'lni esa  $h$  bilan almashtirish zarur bo'ladi.

Boshlangich tezlikka ega bo'lgan erkin tushayotgan jismning ma'lum bir  $t$  vaqtdan keyingi tezligi

$$v = v_0 + gt \quad (1)$$

formuladan yordamida topiladi. Agar erkin tushayotgan jism boshlangich tezlikka ega bo'lmasa, uning tezligi quyidagicha aniqlanadi:

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

$v_0$  boshlangich tezlik bilan  $t$  vaqt davomida erkin tushayotgan jismning tushish balandligi

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2} \quad (3)$$

ifodadan hisoblanadi. Agar  $v_0 = 0$  bo'lsa, bu balandlik quyidagiga teng bo'ladi:

$$h = \frac{gt^2}{2} \quad (4)$$

Erkin tushayotgan jismning boshlang'ich tezligi va  $h$  tushish balandligi ma'lum bo'lsa, uning harakat oxiridagi tezligi

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} \quad (5)$$

ifodadan aniqlanadi. Agar jism boshlang'ich tezlikka ega bo'lmasa, bu tezlik

$$v = \sqrt{2gh} \quad (6)$$

ga teng bo'ladi.

$v_0$  boshlang'ich tezlik bilan erkin tushayotgan jismning oxirgi tezligi  $v$  bo'lsa, uning tushish balandligi  $h$  ni

$$h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g} \quad (7)$$

dan topamiz. Agar jism boshlang'ich tezliksiz erkin tushsa, bu balandlik quyidagiga teng bo'ladi:

$$h = \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Erkin tushishda jismning qaralayotgan vaqt momentidagi koordinatasi

$$y = y_0 - h = y_0 - \frac{gt^2}{2} \quad (9)$$

ifoda yordamida aniqlanadi.

Agar jism  $h$  balandlikdan pastga yerning gravitatsion maydonida erkin tusha boshlasa, unga yer tomonidan doimiy  $g$  tezlanish beriladi. Kichik balandliklarda ishqalanishni hisobga olmaslik mumkin. Bunday harakatga erkin tushish deyiladi. Erkin tushish to'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatga misol bo'la oladi.

$t = 0$  vaqt momentida boshlang'ich tezlik  $v_0 = 0$  bo'lsa oniy tezlik quyidagicha aniqlanadi:

$$v(t) = g \cdot t \quad (10)$$

va  $t$  vaqtdan keyin jism bosib o'tgan yo'l

$$s = \frac{1}{2} g t^2 \quad (11)$$

ga teng bo'ladi.

### **Eksperimental qurilma va tajribani o'tkazish tartibi.**

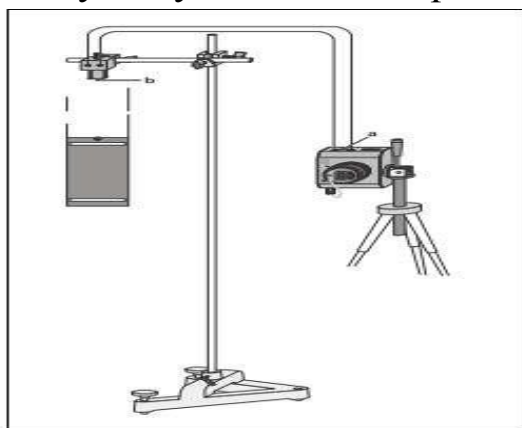
Tajribada erkin tushayotgan jism tezkor bir-kadrli VideoCom CCD kamera bilan tasvirga olinadi (1-rasm). Kamera LED chiroqlar bilan erkin tushuvchi jismga o'rnatilgan akslantiruvchi folgani yoritadi va qaytgan chaqnash nuri kamera ob'ektivi orqali 2048 pikselli CCD liniyasiga tushadi. Berilgan holatida erkin tushayotgan jismning joriy holati tasviri kompyuterga ketma-ket interfeys orqali sekundiga 80 marta uzatiladi. Kompyuter dasturi bilan ta'minlangan VideoCom erkin tushayotgan jismning barcha harakatlarini yo'lvaqt grafigi sifatida ko'rsatadi va o'lchangan qiymatlarni tahlil qiladi. Jism tezligi

$$v(t) = \frac{s(t+\Delta t) - s(t-\Delta t)}{2\Delta t} \quad (3)$$

tezlanishi esa

$$a(t) = \frac{v(t+\Delta t) - v(t-\Delta t)}{2\Delta t} \quad (4)$$

ko'rinishdagi funksiyalar yordamida aniqlanadi.



*1-rasm. Erkin tushishni VideoCom bilan qayd qilish tajribasining qurilmasi*

### **Ishni bajarish tartibi**

Tajriba qurilmasi 1-rasmدا keltirilgan.

### **Erkin tushish uchun qurilmani sozlash:**

– Tutib qoluvchi magnitni taglik materialiga 1-rasmda ko‘rsatilgan kabi pastga qaratib o‘rnatib va VideoCom simlarini ulang (Video-Com yo‘riqnomasiga murojat qiling).

**VideoCom o‘rnatmalari:**

– VideoCom uch oyoqli kamerani qatiy vertikal joylashuvini ta‘minlang va u erkin tushish nuqtasidan taxminan 3 m masofada bo‘lsin.

– VideoCom kamerasini iloji boricha erkin tushish traektoriyasiga parallel bo‘lishini ta‘minlang. Qatiy perpendikulyarlik ta‘minlanishiga e‘tibor qiling.

– VideoCom kamerani tutashtiruvchi blok orqali tarmoqqa ulang va kompyuterning serial (COM1) portiga ulang.

– Zarurati bo‘lsa VideoCom dasturiy ta‘minotini o‘rnatib va o‘rnatish nomini “*VideoCom Motions*” deb nomlang va foydalanish tilini hamda ulanish uchun ketma-ket interfeysni tanlang (VideoCom yo‘riqnomasiga qarang).

**VideoComni sozlash:**

– VideoCom uchun mo‘ljallangan erkin tushuvchi jismni ushlab turuvchi magnitga osilib turishi uchun elektromagnitga iloji boricha kamroq kuchlanish bering. Kuchlanishni VideoCom korpusidagi (a) pin bilan sozlang va erkin tushuvchi jism magnitga kuchsiz yopishib turishini ta‘minlang.

– Tutib turuvchi elektromagnitning ferromagnit o‘zagini moslovchi vint (b) bilan shunday rostlangki, erkin tushuvchi jism vertikal tik bo‘lsin.


– “*VideoCom Motions*” dasturidagi “*Intensity Test*” ni bosing. Fonni kamaytirish uchun xonani bir oz qorong‘ilashtiring.

– VideoCom ni shunday sozlangki kameradagi LC displeyida yoki ekranda, o‘ng tomonda ikkita cho‘qqi ko‘rinsin. Perpendikulyar yustirovkasini ham tekshiring.

– Boshqa cho‘qqilar bo‘lmasligi uchun interferensiyalashgan yoki qaytgan yorug‘lik tushishini cheklang.

– Cho‘qqilar intensivligi o‘zgarishi bilan yustirovkani ham yaxshilab boring va 5 dan 1 ga qaytishda ham.

## VideoCom kalibrovkasi va yo'lning vaqtga bog'liqlik diagrammasini qayd qilish:

– “Settings/Path Calibration” menyusini tugmasi  yoki F5 tugma bilan chaqiring.

– “Path Calibration” registridagi ikkita akslantiruvchi folgalarning birinchi vaziyati uchun 0.2 m va ikkinchi vaziyati uchun 0 m qiymatlarni kiriting (Chunki, erkin tushuvchi jismdagi 2 ta akslantiruvchi folgalar orasidagi masofa 20 sm).

– “Read Pixels from Display” tugmasini bosib va “Apply Calibration” funksiyasini faollashtiring.


– “Settings/Path Calibration” menyusini yana bir marta chaqiring va “Measuring Parameters” registridan quyidagi o'rnatmalarni tanlang.

$\Delta t$  **12.5 ms (80 fps)**

Flash\chaqnash **Auto**

Smoothing\silliqlash **Maximum (8\*dt)**

Measurement Stop\o'lchashni to'xtatish - At End of Path\Yo'l oxirida **s = 1 m**


–  tugmasini yoki F9 tugmani bosib o'lchashni va erkin tushishini yozib olishni boshlang.

– Keyin "Settings/path Callibration" menyusidan "Linearization" registridan “Suggest Linearization” tugmasini bosib.


– Agar burchak  $\alpha > 1^\circ$  aniqlansa, VideoCom ni yetarlicha perpendikulyar bo'lgunicha yustirovka qiling (2-rasmga qarang).

– “Cancel” buyrug'i bilan linearizatsiyani bekor qiling.

– VideoCom ning perpendikulyar yustirovkasini yaxshilang.

–  tugmasi yoki F4 klavishi bilan o'lchangan eski qiymatlarni o'chiring, jismning erkin tushishini yana bir marta yozib oling va yana burchakni aniqlang.


– Jarayonni  $\alpha < 1^\circ$  bo'lgunicha takrorlang; keyin “Apply Linerization” ni faollashtiring va aniqlangan  $\delta$  buzilishni qabul qiling.

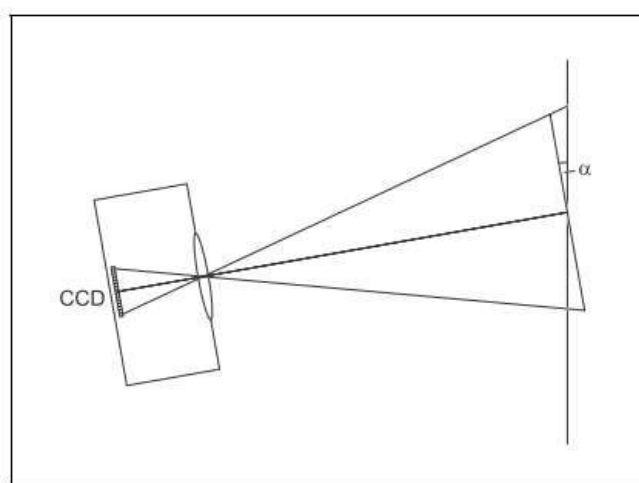
–  O'lchangan qiymatlarni tugmasi bilan yoki F2 tugma bilan saqlang va faylga nomlang.



“Path Calibration” registratoridagi “Read Pixels from Table” tugmasini bosib  $S$  yo‘l kollibrovkasini takrorlang, “Apply Calibration” funksiyasini faollashtiring va “OK” ni bosib tasdiqlang.

– Sichqoncha ko‘rsatkichini “ $s_1/m$ ” o‘lchangan qiymatlar ustuniga olib kelib o‘ng tugmasini bosib chiqqan menyudan “Delete Column” buyrug‘ini tanlang.

–  tugmasini bosib natijalarni saqlang va fayl nomini kiritish uchun F2 dan foydalaning



2-rasm. VideoCom va erkin tushish traektoriyasi orasidagi  $\alpha$  burchakni aniqlash chizmasi.

### O‘lchash namunasi va baholash

3-rasmda erkin tushayotgan jismning yo‘l-vaqt diagrammasi (bosib o‘tilgan yo‘lning vaqtga bog‘liqligi) keltirilgan. Bundan ko‘rinadiki  $S$  yo‘l  $t$  vaqtga chiziqli bog‘liqq emasligini ko‘rsatadi. Vaqtga bog‘liqligi paraboloik qonuniyatga ega.

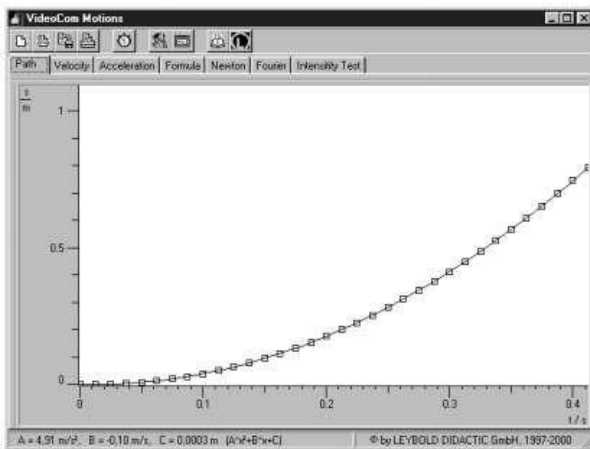
Parabola  $A*x^2+B*x+C$  asosida erkin tushish tezlanishi aniqlanadi. U quyidagicha  $g=a=9.82 m/s^2$  Oniy  $v$  tezlikning “Velocity” registratorini bosib hisoblangan qiymati vaqtga chiziqli bog‘liqdir (4-rasmga qarang va (II) bilan solishtiring).  $A*x+B$  to‘g‘ri chiziq qiyaligidan erkin tushish tezlanishi aniqlanadi:  $g = a = 9.82 m/s^2$

Agar  $a$  oniy tezlanishning nazariy hisoblanadigan qiymati vaqt funksiyasidan topilsa, doimiy qiymati esa “Acceleration” tugmasi bosilib aniqlik chegarasida o‘lchnadi (5-rasmga qarang). Uning o‘rtacha qiymati quyidagicha  $g = 9.82 m/s^2$

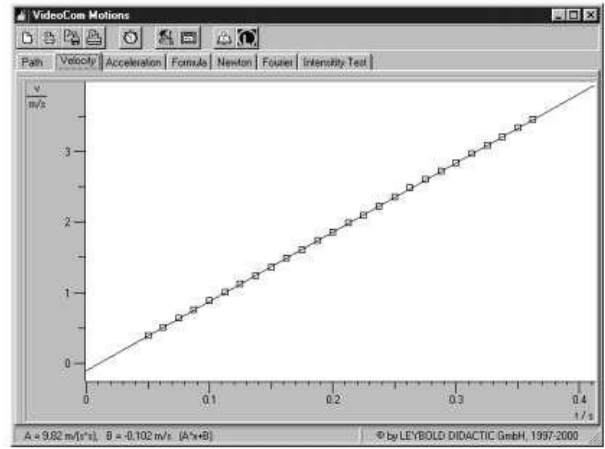
Adabiyotlarda keltirilgan erkin tushish tezlanishining Evropa uchun qiymati:  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

**Qo‘shimcha ma‘lumot** 4- va 5- rasmlarda keltirilgan erkin tushuvchi jism boshlang‘ich tezligining qiymatlari manfiydir  $B = -0.1 \text{ m/s}^{-1}$  (fizik jihatdan mantiqsiz). Amalda natijalarni qayd qilish harakat boshlanishidan sal oldinroq boshlanadi chunkin ushlab turuvchi magnit jismni kichik vaqtga kechiktiradi.

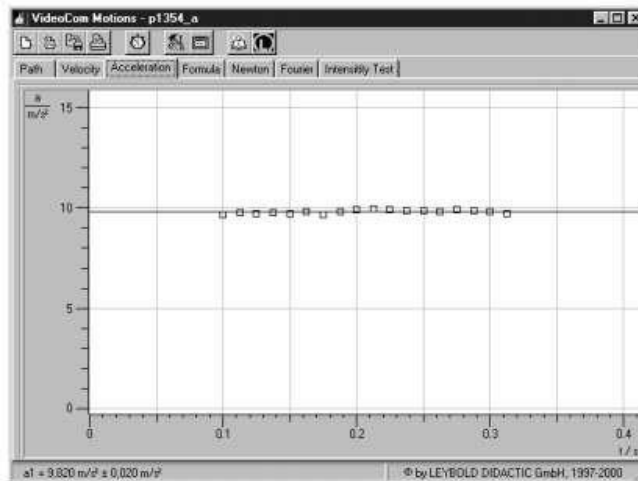
### O‘lchash natijalaridan na‘muna



3-rasm. Erkin tushuvchi jism uchun yo‘l-vaqt diagramsi.



4-rasm. Erkin tushuvchi jism uchun tezlik-vaqt diagramsi.



5-rasm. Erkin tushuvchi jism uchun tezlanish-vaqt diagramsi.

### Nazorat savollari

1. Erkin tushish deb nimaga aytiladi?
2. Erkin tushish tezlanishi nima uchun yer sirtidan balandlikka bog‘liq?

3. Nima uchun erkin tushish geografik kenglikka bog‘liq?
4. Butun olam tortishish qonunini tushuntirig?
5. Gravitatsion doimiylikning fizik ma‘nosini aytib bering?
6. Gravitatsion maydon deganda nimani tushunasiz?
7. Gravitatsion maydon kuchlanganligi deganda nimani tushunasiz va u nimalarga bog‘liq?

## **2-LABORATORIYA ISHI**

**Mavzu: Gorizontal burchak ostidagi harakat.**

**Ishning maqsadi:** Uchish uzoqligini otish burchagining funksiyasi sifatida o‘rganish. Jismning yuqoriga ko‘tarilish balandligini otish burchagiga bog‘liqligini o‘rganish.

### **Kerakli jihozlar**

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

### **Qisqacha nazariya**

Egri chizikli harakatga misol tariqasida, gorizotga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakatini ko‘rib chizamiz. Bu harakat ham murakkab harakatlardan iborat bo‘lib, bunda jism vertikal o‘q bo‘ylab maksimal balandlikka chiqquncha tekis sekinlanuvchan, so‘ngra tekis tezlanuvchan harakat qiladi. Gorizontal o‘q bo‘ylab esa jism tekis harakatlanadi (albatta havoning qarshiligi qisobga olinmaganda). Ma‘lum bir massali jism gorizont bilan  $\alpha$  burchak tashkil qiluvchi va son qiymati  $v_0$  ga teng bo‘lgan boshlang‘ich tezlik bilan otilgandagi (1-

rasm). Otilgan jismning harakat traektoriyasini, eng katta ko‘tarilish balandligini, uchish uzoqligini, umumiy harakat vaqtini aniqlaylik. Sanoq sistemasini 1 – rasmda ko‘rsatilganidek tanlab olinsa, jism tezligining tashkil etuvchilari quyidagicha ifolanadi (havoning harshiligi hisobga olinmaganda):

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

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

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

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

(16) dagi tenglamalardan  $t$  ni yo‘qotib, jismning traektoriyasini

$$y = \operatorname{tg} \alpha \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 \quad (4)$$

topish mumkin:

Bu yerda boshlang‘ich koordinatalar  $x_0=0$  va  $y_0=0$  deb olindi. Bu formuladagi  $x$  va  $x^2$  oldidagi koeffitsientlar o‘zgarimas kattalik bo‘lganligi uchun, ularni mos ravishda  $k$  va  $b$  orqali belgilasak, ifoda  $y = kx - bx^2$  ko‘rinishiga keladi. Bu parabola tenglamasidir. Demak, gorizontalga burchak ostida otilgan jismning harakat traektoriyasi paraboladan iborat ekan.

Trayektoriyaning eng yuqori B nuqtasida  $v_y = 0$ , shuning uchun,  $v_0 \sin \alpha - gt_k = 0$ , (5)

bundan jismning harakat traektoriyaining eng yuqori nuqtasiga

ko‘tarilishiga ketgan vaqt  $t_k = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$  ga tengligi kelib chiqadi. Jismning maksimal ko‘tarilish balandligi

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

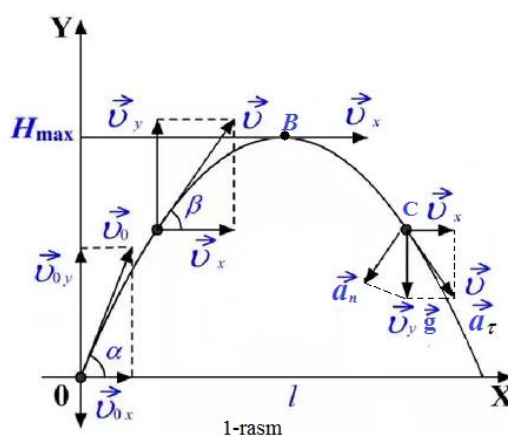
ga teng bo‘ladi. Jismning pastga tushish vaqti uning yuqoriga ko‘tarilish vaqtiga teng, ya‘ni jismning umumiy uchish vaqti

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad (7')$$

ga teng bo‘ladi. Jismning uchish uzoqligini hisoblash uchun  $t$  ning bu qiymatini  $s = v_x t$  ifodaga qo‘yamiz:

$$s = v_x t = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (8)$$

Gorizontga burchak ostida otilagan jismning maksimal ko‘tarilish balandligini (6) dan, uchish uzoqligini esa (8) dan aniqlash mumkin. Gorizontga burchak ostida otilgan jismning maksimal ko‘tarilishi balandligi va uchish uzoqligi jismning otilish tezligi  $v_0$  ga va bu tezlik vektorining gorizont bilan hosil qilgan burchakka bog‘liq bo‘lar ekan. (8) formuladan ko‘rinadiki,  $v_0$  ning ma‘lum qiymatida, burchk  $\alpha = 45^\circ$  bo‘lganda jism eng uzoqqa borib tushadi.



6-rasm: Moddiy nuqtaning gravitatsiyn maydonidagi harakati.

Agar jismning faqatgina maksimal balandlikka ko‘tarilish vaqti ma‘lum bo‘lsa, (5) va (6) chi ifodalar yordamida jismning eng yuqori nuqtaga ko‘tarilish balandligini quyidagi hisoblaymiz:

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

Topilgan formulalarning hammasi jism vakuumda harakat qilgandagina o‘rinli

Dastlab, traektoriyaning eng yuqori nuqtasida tezlik vektori  $\vec{v}$  ning yoʻnalishini aniqlaymiz. U joyda  $v_y = 0$  boʻlgani uchun:  $\operatorname{tg}\beta = \frac{v_y}{v_x} = 0$  boʻlganda  $\beta = 0$  boʻladi. Demak, traektoriya eng yuqori nuqtasida jismning tezligi gorizontal yoʻnaladi.

Gorizontga nisbatan  $\alpha$  burchak ostida otilgan jismning maksimal koʻtarilish balandligi  $h$  boʻlsa, traektoriyaning eng yuqori nuqtasining egrilik radiusi  $R$  qanday hisoblanishini koʻrib chiqaylik. Bu nuqtadagi markazga intilma tezlanish erkin tushish tezlanishiga teng boʻladi, yaʼni  $a_n = g$ . Oʻz navbatida  $a_n = \frac{v_x^2}{R}$  boʻlganligi sababli,  $v_x = \sqrt{gR}$  deb yozish mumkin. 1 – rasm va (6) ifodadan foydalanib, quyidagi tenglikni yozsak boʻladi:

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

Bundan

$$R = \frac{2h}{\operatorname{tg}^2\alpha} \quad (11)$$

ekanligini topish mumkin.

Jismning C nuqtadagi vaziyati uchun va undan ifodalar yordamida normal va tangentsial tezlanishlarni aniqlashimiz mumkin.

Jismning C nuqtadagi vaziyati uchun  $\frac{a_n}{g} = \frac{v_x}{v}$  va undan  $a_n = \frac{v_x^2}{v} \cdot g$  (12) hamda  $\frac{a_n}{g} = \frac{v_y}{v}$  va undan  $a_r = \frac{v_y}{v} \cdot g$  (13) ifoda yordamida normal va tangentsial tezlanishlarni aniqlashimiz mumkin.

### **Ishning qisqacha nazariyasi**

Tajribada  $m$  massali poʻlat sharcha gorizontga  $\alpha$  burchak ostida  $v_0$  boshlangich burchak ostida otilgan. Poʻlat sharchaning gravitatsiya maydonidagi harakatining tekislikdagi proeksiyasi (1-rasm) quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi.

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

bu erda  $\vec{r} = \vec{r}(xy)$  - radius vektor, m- po‘lat sharcha massasi,

$F = m_0 g$  po‘lat sharchaga ta‘sir qiluvchi kuch

Quyidagi boshlangich shartlar asosidagi

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

(I) tenglama yechimi po‘lat shar koordinatalarining t vaqt funksiyasi kabi ifodalanadi:

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

Bularni s uchish masofasi va h maksimal ko‘tarilish balandligining, otilish burchagi  $\alpha$  va  $v_0$  boshlang‘ich tezlikka bog‘liq

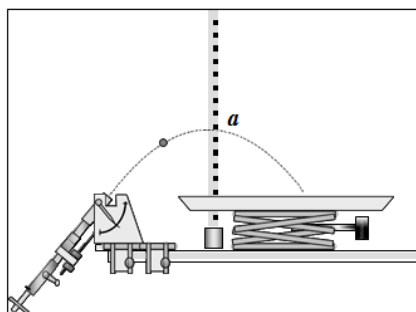
tenglamalar kabi ifodalash mumkin:  $s = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha$  (16)

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

Bu tajribada uchish uzoqligi s va h maksimal ko‘tarilish balandligini  $\alpha$  otilish burchagining funksiyasi sifatida  $v_0$  boshlang‘ich tezlikning uchta turli qiymati uchun aniqlanadi.

### **Eksperimental qurilma**

- Sharchani otish qurilmasini 2-rasmda ko‘rsatilgani kabi stolga o‘rnatilgan.



7-rasm

Uchish uzoqligi va balandligining otilish burchagiga bog‘liqligini aniqlovchi tajriba qurilmasi.

- Sharcha kelib tushadigan latokni laboratoriya tagligiga oʻrnatish.
- Lotokka solingan qum toʻshalma sathi (I usulda) yoki oq qogʻoz varagi ustida nusxa olishda qogʻozining (II usulda) sathi otish qurilmasidagi sharcha sathi (10 sm) bilan bir xil boʻlsin.
- Traektoriyaning  $h$  maksimal koʻtarilish balandligini oʻlchash uchun siljitgichga  $a$  shkala oʻrnatish.

### **Tajribani oʻtkazish tartibi:**

#### **a) Uchish uzoqligining otilish burchagiga bogʻliqligini aniqlash.**

$s$  uchish uzoqligining  $\alpha$  otilish burchagiga boʻgʻliqligi aniq belgilab olingan boshlangʻich  $v_0$  tezlikda amalga oshiriladi.

-Tajribani qurilma prujinasining boshqa ikki holati, yʻani  $v_0$  boshlangʻich tezlikning yana ikki qiymati uchun ham takrorlang.

Eslatma: Sharchaning tushish nuqtasi ikki usulda: lotokka solingan qum ustida (I usul) yoki oq qogʻoz varagi ustidagi nusxa olish qogʻozi (II usul) bilan qayd qilinishi mumkin. Ikkinchi usul uchun nusxa olish va oq qogʻozlarni yopishqoq lenta bilan mahkamlash tavsiya qilinadi. Har bir tushish nuqtasini raqamlab boring.

#### **b) Koʻtarilish balandligining otilish burchagiga bogʻliqligini aniqlash**

-  $h$  maksimal koʻtarilish balandligining  $\alpha$  otilish burchagiga boʻgʻliqligi aniq belgilab olingan boshlangʻich  $v_0$  tezlikda amalga oshiriladi.

- Tajribani proyeksion qurilma prujinasining boshqa ikki holati yʻani  $v_0$  boshlangʻich tezlikning yana ikki qiymati uchun ham takrorlang.

Eslatma. Trayektoriyaning  $h$  maksimal koʻtarilish balandligi vertikal shkalali harakatlanuvchi chizgʻich bilan oson va aniq aniqlanishi mumkin.

### **Oʻlchash namunasi**

1-jadval. Turli boshlangʻich tezliklarda uchish uzoqligining  $\alpha$  otilish burchagiga bogʻliqligi jadvalga yoziladi.



1-jadval.

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

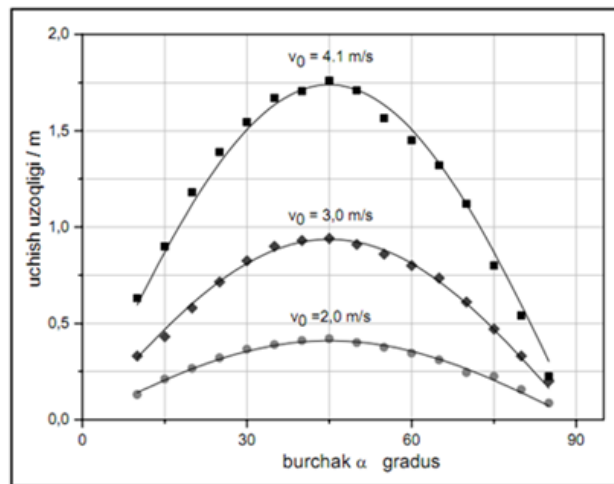
b) Balandlikning otilish burchagiga bog'liqligini aniqlash. 2-jadvalga uchta har xil boshlang'ich tezliklar uchun aniqlangan  $h$  maksimum ko'tarilish blandligining  $\alpha$  otilish burchagiga bog'liqligi yozib boriladi.

2-jadval

$\alpha$ gradus	$h_1, m (\vartheta_{10})$	$h_2, m (\vartheta_{20})$	$h_3, m (\vartheta_{30})$
10			
15			
20			
25			
30			
35			
40			
45			

50			
55			
60			
65			
70			
75			
80			
85			

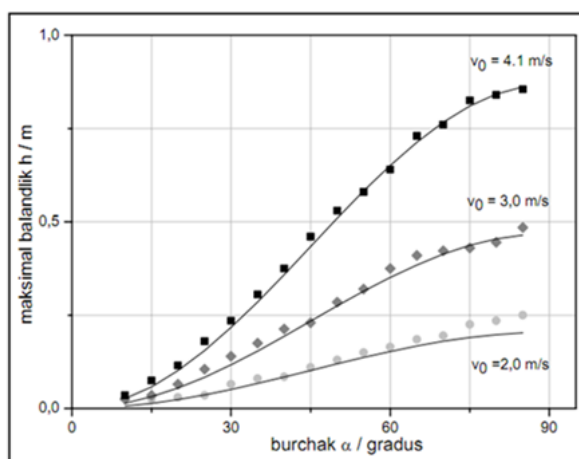
Olingan natijalar asosida uchish uzoqligi va maksimal ko‘tarilish balandligining sharchaning otilish burchagiga bog‘liqligi grafiklari chiziladi. Olingan natijalar baholanib, tahlil qilinadi.



8-rasm.  $v_0$  boshlang‘ich tezlikning uchta turli qiymatlarida  $h$  maksimal ko‘tarilish balandligining  $\alpha$  otilish burchagiga bog‘liqligi

Uzliksiz chiziqlar (16) tenglama asosida kichik kvadratlar usulida aniqlangan qiymatlarga mos keladi.

8-rasmdan  $\alpha = 45^\circ$  burchak uchun (3) tenglamadan  $v_0$  boshlang‘ich tezlik qiymatlari aniqlandi:



9-rasm. Boshlang'ich tezlikning uchta turli qiymatlarida maksimal ko'tarish balandligining  $\alpha$  og'ish burchagiga bog'liqligi.

Uzliksiz chiziqlar (16) tenglama asosida kichik kvadratlar usulida aniqlangan qiymatlarga mos keladi.

Parobalik qonuniyatdan chetlashish havoning qarshiligi natijasi bo'lishi mumkin. 3- va 4-rasmlardagi grafiklar (7) va (17) tenglamalarda ifodalangan qonuniyatlarni vertikal erkin tushishda va gorizont harakatda qarshilik bo'lmagan deb hisoblansa to'la tasdiqlaydi. Po'lat sharcha trayektoriyasi kengligi va balandligi otilish burchagi va boshlang'ich tezligi qiymatiga bog'liq bo'lgan paraboladir.

Qo'shimcha ma'lumot:  $v_0$  boshlang'ich tezlik shoxsimon moslamaga o'rnatilgan yorug'lik datchigi o'lchanishi mumkin. Tajriba qurilmasi haqida ko'proq ma'lumotlarni 336 56 yo'riqnomasidan olasiz. O'lchangan qiymatlar to'g'ridan to'g'ri a) qismda tajriba natijalariga ko'ra eng kichik kvadratlar usulida topilgan – qiymati bilan solishtirish mumkin. b) O'lchangan  $v_0$  boshlang'ich tezlik qiymatini tajriba natijalari bilan solishtiring.

v) Yorug'lik datchigi bilan  $v_0$  tezlikni o'lchash shuni ko'rsatadiki, boshlang'ich tezlik  $v_0$  ning qiymati  $\alpha$  burchakka bog'liq emasligiga ishonch hosil qiladi.

### Nazorat savollari:

1. Nima uchun gorizontga burchak ostida otilgan jism avval tekis sekinlanuvchan, so'ngra tekis tezlanuvchan harakat qiladi?

2. Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakat trayektoriyasi tenglamasini keltirib chiqaring.
3. Harakat trayektoriyasining ixtiyoriy nuqtasida markazga intilma tezlanish qanday aniqlanadi?
4. Harakat trayektoriyasining ixtiyoriy nuqtasi uchun egrilik radiusini aniqlash tamoilini tushuntiring.
5. Butun olam tortishish qonunini tushuntirig?
6. Nima uchun Yer barcha jismlarga bir xil tezlanish beradi?
7. Harakat trayektoriyasi bo‘ylab kinetik energiya qanday o‘zgaradi?
8. Harakat trayektoriyasi bo‘ylab potentsial energiya qanday o‘zgaradi?

### 3-LABORATORIYA ISHI

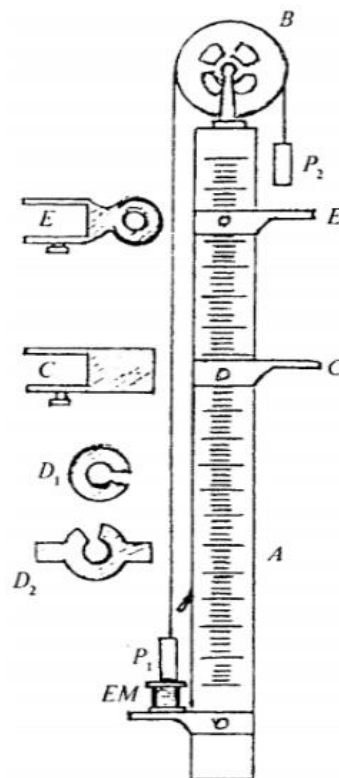
#### Mavzu: Jismlarning ilgarilanma harakatini atvud mashinasida o‘rganish.

##### Kerakli asbob va materiallar:

1. Atvud mashinasi.
2. Halqasimon va tutash platformalar.
3. Turli massali qo‘shimcha yuklar.
4. Sekundomer.

**Ishning maqsadi:** Atvud mashinasi yordamida tekis tezlanuvchan harakat qonunlarini va Nyutonning ikkinchi qonunini amalda tekshirib ko‘rish.

Atvud mashinasi vertikal Austundan iborat bo‘lib, bu ustunda santimetrlarga bo‘lingan shkala bor (10- rasm). Sterjenning yuqori qismida ishqalanishsiz aylanadigan B blok o‘rnatilgan bo‘lib, undan uchlariga birday massali ikkita  $P_1$  va  $P_2$  yuk osiigan ip o‘tkazilib qo‘yilgan. Atvud mashinasi yana  $E$



10-rasm

halqasimon va C tutash platformalarga, EM elektromagnitga ham ega. Biz ko'rayotgan Atvud mashinasida  $P_1$  va  $P_2$  yuk o'zaro teng bo'lgani tufayli o'ng va chap tomondagi ip uzunliklari birday bo'lganda muvozanatni saqlaydi. Agar  $P_1$  yukka qo'shimcha, masalan,  $m_1$  massali yuk qo'yilsa, u holda butun sistema tekis tezlanuvchan harakat qila boshlaydi. Soddashtirish uchun tezlanishni aniqlashda ishqalanish kuchlarini nazarga olmaymiz va ipni vaznsiz deb hisoblaymiz. Bunday soddashtirishda har

bir yukka ikkita kuch:  $P$  og'irlik kuchi va ipning  $T$  taranglik kuchi ta'sir qilib, yuklar shu kuchlar ta'sirida tekis tezlanuvchan harakatga keladi. Agar masalani yanada soddashtirish uchun blok ham vaznsiz deb faraz qilsak, u holda ipning tarangligi o'ng va chap tomonlarda birday bo'lib, nihoyat, ikkala yuk ham birday tezlanishda harakatlanadi.  $P_1$  yukning massasini  $m$  bilan belgilab, dinamikaning ikkinchi qonuniga ko'ra quyidagi harakat tenglamalarini yozishimiz mumkin:

$$(m + m_1)\vec{a}_1 = \vec{P} + m_1\vec{g} + \vec{T} \quad \text{va} \quad m\vec{a}_2 = \vec{P} + \vec{T} \quad (1) \quad \text{yoki} \quad \text{skalyar}$$

$$\text{ko'rinishda} \quad (m + m_1)a_1 = P + mg - T \quad \text{va} \quad -ma_2 = P - T \quad (2)$$

$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}|$  sistema tezlanishi,  $g$  - erkin tushish tezlanishi ekanligini nazarda tutsak, u holda (2) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$(m + m_1)a = (m + m_1)g - T \quad \text{va} \quad -ma = mg - T$$

Bu tenglamalarni birgalikda yechib, sistemaning tezlanishi kattaligini topamiz:

$$a = \frac{m_1}{2m + m_1} g \quad (3)$$

(3) formulani keltirib chiqarishda yuqoridagi soddashtirishlarni (ishqalanish kuchlarini e'tiborga olmagan edik) kiritganimiz sababli  $a$  tezlanishning qiymati taxminiy bo'lsada, tajriba talabiga javob bera oladi. Bu formulalardan ko'rinadiki,  $m_1$  massali qo'shimcha yukni orttira borish bilan sistemaning tezlanishini ham orttira borish mumkin.

Agar harakat vaqtida  $m_1$  massali yukni olib qo'ysak, sistema bundan keyin o'zgarimas tezlik bilan tekis harakat qila boshlaydi va uning tezligi yukni olish paytdagi tezlikka teng bo'ladi.

Endi Atvud mashinasi yordamida tekis tezlanuvchan harakatning qonunlarini, jumladan, boshlang'ich tezlik  $v_0 = 0$  bo'lgandagi  $S = \frac{at^2}{2}$  yo'l qonuni,  $v = at$  tezlik qonuni va Nyutonning  $F = ma$  ikkinchi qonunini tekshirib chiqaylik. Buning uchun Atvud mashinasini ishlashga tayyorlaymiz: vilkani shtepselga tiqib, sistemaning elektr zanjirini tok manbayiga ulaymiz. Unda o'ng tomondagi  $P_2$  yukni ko'tarib chap tomondagi  $P_1$  yukni elektromagnitga yaqinlashtirsak, u yukni tutib qoladi. Yuklar sistemasini harakatga keltirish uchun  $K$  tumbler yordamida elektr zanjirni, ya'ni  $EM$  elektromagnitdan o'tayotgan tokni uzamiz. Bu vaqtda u  $P_1$  yukni qo'yib yuboradi va butun sistema harakatga keladi.

### 1. Yo'l qonunini o'rganish, ya'ni $S = \frac{at^2}{2}$ ni tekshirish.

Agar o'ng tomondagi  $P_2$  yukning ustiga biror qo'shimcha  $m_1$  massali  $D_1$  yukni qo'yib, sistemani ishga tushirsak, yuk turli  $s_1, s_2, s_3 \dots$  masofalarni turli  $t_1, t_2, t_3 \dots$  vaqtlar davomida o'tadi. Biroq Nyutonning II qonuniga ko'ra, qo'shimcha yuk o'zgarmas qolsa, sistemaning  $a$  tezlanishi ham o'zgarmas bo'ladi. Shuning uchun quyidagi munosabatlarni yozish mumkin:

$$S_1 = \frac{at_1^2}{2}, S_2 = \frac{at_2^2}{2}, S_3 = \frac{at_3^2}{2}, \dots \quad \text{bundan}$$

$$a = \frac{2S_1}{t_1^2} \approx \frac{2S_2}{t_2^2} \approx \frac{2S_3}{t_3^2} \approx \dots \quad (4) \quad \text{bo'ladi.}$$

$a$  tezlanishning (4) va (3) formulalardan topilgan qiymatlari bir-biriga taxminan teng bo'lishi kerak. Demak, (4) formuladan aniqlangan  $a$  ning qiymatini (3) formulaga keltirib qo'yib og'irlik kuchi tezlanishini hisoblab topishimiz mumkin.

### Ishni bajarish tartibi

1.  $P_2$  yukning  $m$  massasini va qo'shimcha  $D_1$  yukning  $m_1$  massasi tarozida 2—3 marta tortib aniqlanadi.

2. Vilkani shtepselga kiritib,  $EM$  elektromagnit tok manbayiga ulanadi, bunda  $K$  tumbler pastki holatda bo'lganda o'ngdagi  $P_2$  yukning ustiga  $D_1$  qo'shimcha yukni qo'yib, chapdagi  $P_1$  yukni elektromagnitga yaqinlashtirsak, u yukni tutib qoladi.

3. A ustundagi C tutash platformani o'ng tomondagi P<sub>2</sub> yukning pastki asosidan biror S<sub>1</sub>, masofaga o'rnatiladi.

4. K tumblarni yuqori holatga o'tkaziladi, bunda P<sub>1</sub> yuk elektromagnitdan uziladi va sistema harakatga kela boshlaydi. Shu momentda sekundomerni ishga tushirib, yukning masofani o'tishi uchun (platformaga urilguncha) ketgan vaqt o'lchanadi. Yuklarni avvalgi holatga keltirib, tajriba 3-4 marta takrorlanadi va vaqtning  $\langle t \rangle$  o'rtacha qiymati topiladi.

5. 4-bandda ko'rsatilgan o'lchashlar boshqa s<sub>2</sub>, s<sub>3</sub> ...va hokazo masofalar uchun ham bajariladi va har bir masofa uchun vaqtlarning  $\langle t_2 \rangle$ ,  $\langle t_3 \rangle$  va hokazo o'rtacha qiymatlari hisoblanadi.

6. s<sub>1</sub> s<sub>2</sub>, s<sub>3</sub> masofalarning va t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub> vaqtlarning qiymatini (4) formulaga keltirib qo'yib, m<sub>1</sub> yuk ta'sirida sistemaning oigan tezlanishi hisoblab topiladi.

7. m, m<sub>1</sub> va a ning qiymatini (3) formulaga keltirib qo'yib, g erkin tushish tezlanishi hisoblanadi.

8. Har bir t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub> vaqtlarni o'lchashdagi absolut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.

## II. Tezlik qonunini o'rganish, ya'ni $v = at$ ni tekshirish.

O'ng tomondagi P<sub>2</sub> yuk ustiga qo'shimcha D<sub>1</sub> yukni qo'yib, EM elektromagnit yordamida yuqoriga ko'tarib qo'yaylik. So'ngra sistemani harakatga keltiraylik. Qo'shimcha yuk ta'sirida sistema tekis tezlanuvchan harakat qiladi. P<sub>2</sub> yuk birori, masofani s<sub>1</sub> o'tgandan so'ng moslama yordamida qo'shimcha yukni olsak, sistema shu momentdagi tezligiga teng tezlik bilan tekis harakat qila boshlaydi. Tekis tezlanuvchan harakatning tezlanishini a bilan, s<sub>1</sub>, masofani o'tish uchun ketgan vaqtni t<sub>1</sub>, bilan belgilaylik. Bu holda sistemaning tezlanishi

$$a = \frac{2s_1}{t_1^2} \quad (5)$$

ga teng bo'ladi.

Qo'shimcha yuk olingandan so'ng, sistema tekis harakat qilib, s'<sub>1</sub> masofani t'<sub>1</sub> vaqt ichida o'tgan bo'lsin. Bu harakatning tezligi

$$v = \frac{s'_1}{t'_1} \quad (6)$$

bo‘ladi. Bu tezlik sistemaning tekis tezlanuvchan harakatdagi oxirgi tezligi. Binobarin,  $s$ , masofani orttirganda tekis harakatning tezligi ham ortadi.

$s_1+s_1'$  masofani o‘zgaras qilib olaylik.  $s_1$ , ning qiymatini  $s_2, s_3, \dots$  gacha orttirib borsak, masofalarni o‘tish uchun ketgan vaqtlarni  $s_1'$  ning qiymatini  $s_2', s_3', \dots$  gacha kamayib boradi.  $s_1, s_2, s_3$  masofalarni o‘tish uchun ketgan vaqtni  $t_1, t_2, t_3 \dots$  bilan  $s_1', s_2', s_3', \dots$  masofalarni o‘tish uchun ketgan vaqtlarni  $t_1', t_2', t_3'$  bilan belgilsak, u holda

$$a = \frac{2s_1}{t_1^2} \approx \frac{2s_2}{t_2^2} \approx \frac{2s_3}{t_3^2} \approx \dots \quad (7)$$

$$v_1 = \frac{s_1'}{t_1'}, v_2 = \frac{s_2'}{t_2'}, v_3 = \frac{s_3'}{t_3'} \quad (8)$$

va nihoyat,

$$v_1 = at_1, v_2 = at_2, v_3 = at_3, \dots$$

munosabatlarni yoza olamiz. Oxirgi munosabatlardan sistemaning tekis tezlanuvchan harakatining tezlanishini topsak,

$$a = \frac{v_1}{t_1} \approx \frac{v_2}{t_2} \approx \frac{v_3}{t_3} \quad (9)$$

bo‘ladi. Bu ifodaga  $v_1, v_2, v_3 \dots$ ning qiymatini ( 8 ) formuladan keltirib qo‘ysak, u holda

$$a = \frac{s_1'}{t_1 t_1'} \approx \frac{s_2'}{t_2 t_2'} \approx \frac{s_3'}{t_3 t_3'} \quad (10)$$

bo‘ladi.

#### Ishni bajarish tartibi

1. O‘ng tomondagi  $P_2$  yukning ustiga  $m_1$  massali  $D_1$  qo‘shimcha yukni qo‘yib,  $EM$  elektromagnit yordamida yuqoriga ko‘tarib qo‘yiladi.

2.  $C$  tutash platforma  $A$  ustun shkalasining eng past qismiga,  $E$  halqasimon platforma esa, o‘ng tomondagi  $P_2$  yukdan butun shkala uzunligining  $3/4$  qismicha pastroqqa o‘rnatiladi.

3. O‘ng tomondagi yukning pastki asosidan  $E$  halqasimon platformagacha bo‘lgan  $s_1$ , masofani,  $E$  halqasimon platformadan  $C$  tutash platformagacha bo‘lgan  $s_1'$  masofani shkaladan o‘lchab olinadi.

4.  $K$  tumblarni yuqori holatga o‘tkazib, yuklar sistemasi harakatga keltiriladi. Yo‘lning  $s_1$ , qismida sistema tekis tezlanuvchan harakat qilib,  $E$  halqasimon platformaga yetib kelganda platforma  $D_1$  qo‘shimcha



yukni ilib qoladi. Shu vaqtdan boshlab sistema tekis harakat qilib, yo'lning qolgan qismini o'tadi va  $C$  tutash platformaga kelib uriladi. Sekundomerni ishga tushirib,  $s_1$  masofani o'tish uchun ketgan  $t_1$  vaqt va  $s_1'$  masofani o'tish uchun ketgan  $t_1'$  vaqt 3—4 marta o'lchanadi va ularning o'rtacha qiymati topiladi.

5.  $E$  halqasimon platformani har safar 10—15 sm pastga siljitib,  $s_2, s_3, s_4$  va hokazo masofalarni o'tish uchun ketgan  $t_2, t_3, t_4$  va hokazo vaqtlar, shuningdek,  $s_2', s_3', s_4'$  masofalarni o'tish uchun ketgan  $t_2', t_3', t_4'$  ...vaqtlar 3—4 martadan o'lchanib, ularning o'rtacha qiymati topiladi.

6. (7) va (10) formulalarga asosan, sistemaning  $a$  tezlanishi hisoblab topiladi va olingan natijalar bir-biriga taqqoslab ko'riladi.

7. Har bir  $t$  va  $t'$  vaqtlarni o'lchashdagi absolut va nisbiy xatoliklarni hisoblab topiladi.

#### **4-LABORATORIYA ISHI**

##### **Mavzu: Aylanayotgan jismga ta'sir qiluvchi markazdan qochma kuchni o'lchash qurilmasi va uni CASSY bilan o'lchash**

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

##### **Kerakli jihozlar**

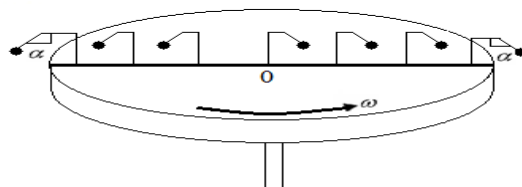
- CASSY-sensori
- CASSY Lab 2
- Taymerli adapter yoki S-Taymer
- Markazdan qochma kuch qurilmasi-S
- Ta'minlash manbai
- Shoxsimon yorug'lik datchigi
- Ko'p ozakli kabel, 6-o'zakli
- Tutgichli qisqich
- Sterjen asos-taglik V-simon, 20 sm
- Sterjen ustun, 10 sm

- Juft kabella, r50 sm, qizil va ko‘k
- Windows XP/Vista/7/8 OT o‘rnatilgan kompyuter

### Qisqacha nazariya

Aylanma harakat qilayotgan sistemadagi (tinch holatdagi) jismga tasir qiluvchi inertsiya kuchlari.

Quyidagi tajribada mayatniklarning og‘ish burchaklarini ko‘raylik,  $R$  ortishi bilan  $\alpha$  ham ortib boradi va  $\omega = const$  bo‘ladi.



11-rasm.

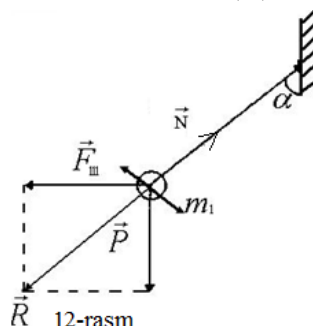
Hamma mayatniklar tinch holatda, diskka nisbatan, lekin Yerga nisbatan tekis aylanma harakat qilayotgan bo‘lsin.

Markazdan qochma kuch

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

ga teng bo‘lib *inertsiya kuchini* ifodalaydi. Inertsiya kuchi  $R$ -ga bog‘lanishi esa quyidagicha ifodalaymiz:

$$F_m = m\omega^2 R \quad (2)$$



Agar  $\vec{R} = -\vec{N}$  teng bo‘lib, ularning tashkil etuvchi kuchlari,  $F_m$   $\vec{P}$  bo‘lsa, chizmadan

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_m}{P} = \frac{\omega^2 R}{g} \quad (3)$$

ga teng ekanligi kelib chiqadi. Agar  $F_i = F_m \sim R$  teng bo‘lsa, u holda  $\alpha \sim R$  teng bo‘lar ekan.

Diskka nisbatan mayatniklarning  $\alpha$ -burchakga og‘gan holda ular tinch holatda qoladi. Shu holda tinch tursa, unga doimiy

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

Inertsiya kuchi ta‘sir qiladi. Lekin natijaviy kuch

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

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

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

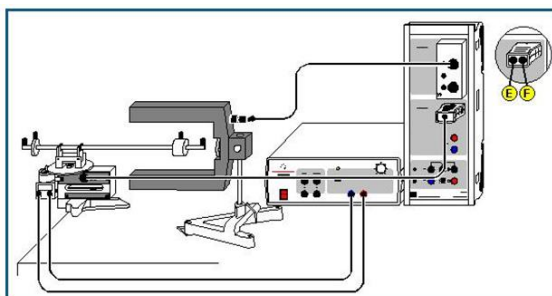
$$F = m2\omega v_0 \quad (7)$$

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

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

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

### Markazdan qochma kuch (markazdan qochma kuch qurilmasi)



13-rasm. Markazdan qochma kuchni o'lchash qurilmasi.

 Pocket-CASSY bilan bajariladi.

#### Tajriba tavsifi

Markazdan qochma kuch qurilmasi  $F$  markazdan qochma kuchning  $r$  nuqtada joylashgan jism  $m$  massasiga bog'liqligini tajribaviy tadqiq qiladi. Aylanish markazidan  $r$  masofada  $\omega$  burchak tezlik bilan aylanayotgan jismga ta'sir qiluvchi markazdan qochma kuch quyidagicha aniqlanadi:  $F = m \cdot \omega^2 \cdot r$ .

Markazdan qochma kuch qurilmasida sterjenga mahkamlangan  $m$  massali yukka ta'sir qiluvchi  $F$ -markazdan qochma kuch sterjen orqali va aylanuvchi o'qqa o'rnatilgan tenzodatchikka beriladi. Tenzodatchikka qo'yilgan kuch elektrik usulda o'lchanadi. Tajriba uchun mo'ljallangan aniqlik darajasida prujina deformatsiyasi elastikdir va degormatsiya ko'effitsiyenti  $F$  kuchga proporsionaldir. Agar mavjud markazdan

qochma kuch qurilmasi markazdan qochma kuch muftasi bilan modernizatsiya qilinsa ham o'lchashlar va natijalarni qayta ishlash usuli o'zgarmaydi va S-markazdan qochma kuch qurilmasi uchun buning farqi yo'q. Markazdan qochma kuch qurilmasini imarkazdan qochma kuch muftasi bilan ishlatishdan oldin nol holati va kuchni ko'paytirish koeffitsiyenti markazdan qochma kuch muftasi yo'riqnomasiga asosan o'rnatilishi lozim. **Tajriba qurilmasi (13-rasmga qarang)**

Markazdan qochma kuch qurilmasini tutgichli qisqichlar bilan stolga mahkamlang. Yorug'lik datchigi sterjenli asos taglik bilan o'rnatilgan bo'lib shunday joylashtiriladiki aylanayotgan sterjen U-simon datchikli dastak orasidan bemalol o'ta olsun. Ammo U-simon oraliqdan m-massali jism o'tib yorug'likni to'sib qo'ymasligi zarur. Markazdan qochma kuch qurilmasi B kirishga ulanadi, yorug'lik datchigi 6-qutbli kabel bilan taymer korpusi A kirishiga Sensor-CASSY ga ulanadi. Markazdan qochma kuch aylantirish yuritmasi ta'minlash manbaiga ikkita kabellar bilan ulanadi. Yuritmaning ta'minlash kuchlanishi shunday tanlanishi zarurki bunda o'lchangan kuch qiymati 15 N dan oshmasligi zarur.

### **Tajribaning borishi.**

Parametrlarni o'rnatish:

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

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

Past  $\omega$  burchak tezligidan boshlang, o'lchangan kuch qiymatini qo'lda tugmasi bilan jadvalga kiriting.

O'lchashni kattaroq burchak tezligida davom ettiring.

Qator o'lchashlar o'tkazishda m massani o'zgartirib ( $r=o'zgarmas$ ) va r ni o'zgartirib ( $m=o'zgarmas$ ) hollarda o'lchashlar olib boring. Buning uchun **Measurement  $\rightarrow$  Append New Measurement Series** funksiyasini tanlang va kichik burchak tezliklardan boshlang.

### **Natijalarni hisoblash va baholash**

Har bir individual o'lchashlar seriyasidan keyin tezlikda kuch  $F$  va  $\omega^2$  qiymatlarni chiziqli bog'lanishda ekanligini aniqlang. Agar siz  $F$  va  $m$  ( $\omega, \vec{r}$ - o'zgarmas) va  $F$  hamda  $r$  ( $\omega, m = \text{constant}$ ) orasidagi orasidagi boshqa bog'lanishlarni aniqlamoqchi bo'lsangiz,  $F$  kuch o'zgarmas burchak tezligida aniqlanishi zarur. Buning uchun  $\omega^2$  qiymatidan vertical o'q o'tkazing va o'qning  $F(\omega^2)$  grafik bilan kesishgan nuqtalarini aniqlang (coordinate display amalini ishga tushiring). Bu nuqta koordinatalarini ikkinchi ekranda oldindan tayyorlangan  $F(m)$  yoki  $F(r)$  (jadvalga sichqoncha bilan click qiling) jadvalga kiriting. Shu asosda kerakli proporsionallik koeffitsiyenti aniqlanadi  $F = m \cdot \omega^2 \cdot r$  bu tenglik aniqlangan proporsionallik koeffitsiyentlar bilan tasdiqlanganni yaqqolloq ko'shish uchun

$$F = F(m, \omega \text{ va } r = \text{const}), \quad F = F(r, \omega \text{ va } m = \text{const}),$$

$$\text{hamda } F = F(\omega^2, r \text{ va } m) = \text{const},$$

boglanishlarni millimetrli qog'ozga chizing, tahlil qiling va xulosalar qiling.

#### **Nazorat savollari:**

1. Inertsial sanoq sistemasi deb nimaga aytilidi?
2. Noinertsial sanoq sistemasi deb nimaga aytilidi?
3. Mazkur qurilmada Koriolis kuchlari vujudga keladimi?

## **5-LABORATORIYA ISHI**

### **Mavzu: Qattiq jismlarni chiziqli kengayish koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligini o'lchash**

#### **Ishning maqsadi**

- Latun, po'lat va shishani chiziqli kengayish koeffitsiyentlarining temperaturaga bog'liqligini o'lchash
- Latun, po'lat va shishani chiziqli kengayish koeffitsiyentlarini aniqlash.

#### **Nazariy ma'lumotlar**

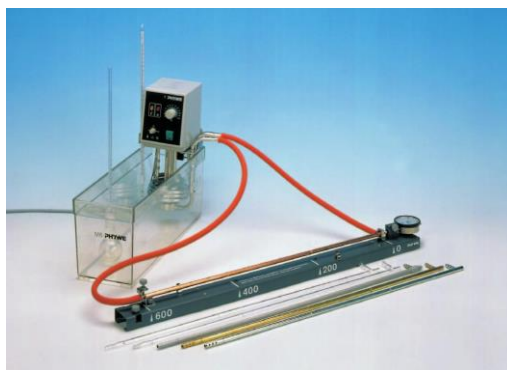
Qattiq jismning uzunligi  $s$  temperaturaga  $\vartheta$  chiziqli bog'liq:

$$s = s_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta) \quad (I)$$

bu yerda  $s_0$  – xona temperaturasidagi uzunlik,  $\vartheta$  – °C dagi temperatura. Qattiq jismlarning chiziqli kengayish koeffitsiyenti  $\alpha$  , ularning materiali bilan aniqlanadi.

Mazkur ishda suvni qizdirish uchun sirkulyasion termostatdan foydalaniladi va qizigan suv turli materiallardan tayyorlangan quvurlar ichidan oqadi. Aylanma shkalasi 0,01 milimetrlilik shkalalar bo‘linmalaridan iborat asbobdan uzunlikning

o‘zgarishini  $\Delta s = s - s_0$  temperaturaning funksiyasi  $\vartheta$  sifatida o‘lchashda foydalaniladi. 1-rasm. Quvurlarning chiziqli kengayishini temperatura funksiyasi sifatida o‘lchash bo‘yicha tajriba qurilmasini kengaytiruvchi apparat bilan birgalikdagi sxematik ko‘rinishi.



14-rasm

### **Kerakli asboblari va ashyolari**

1 Bo‘ylama kengayishni o‘rganish uchun asbob, Siferlatli indikator 10 mm, 1 Siferlatli indikatorni tutgich, 1 Termometr -10... dan +110 °C gacha; 1 Sirkulyasion termostat +25 ...dan +100 °C gacha; 1 Nasos; 2 Silikonli quvurlar, 7 mm Ø; 2 Toza suv 5 l

### **Tajriba qurilmasi**

1-rasmda tajriba qurilmasi sxematik tarzda tasvirlangan.

- Siferlatli indikatorni tutgichdagi vintni burang (tafsilotlar uchun kengaytiruvchi apparat instruksiyasidan foydalaning) va siferlatli indikatorni o‘z o‘rniga o‘rnating.

- Kengaytiruvchi apparatning qo‘zg‘almas tayanchini 600 belgisiga o‘rnating va latun quvurning ochiq uchini qo‘zg‘almas tayanchga kiritib, bir tekis siljiting.

- Latun quvurning yopiq uchini biriktiruvchi quvur qismini yoʻnaltirgichga shunday bir tekis siljitingki qisqa quvur pastga qarasin.

- Latun quvurni qoʻzgʻalmas tayanchga mustahkamlash uchun vintni burab qotiring (vint quvurdagi xalqasimon oʻyiqqa kirishi kerak).

- Kengayuvchi qismni oʻrnatish (siferblatli indikator instruksiyasining mos varagʻiga qarang)

- Sirkulyasion termostatni ishga tayyorlang va uni ulang. Toʻliqroq bayonnoma tafsilotlari uchun, instruksiyaning mos varagʻiga murojat qiling.

**Diqqat:** Sirkulyasion termostatdan foydalanishdan oldin uning instruksiyasini diqqat bilan oʻqib chiqing.

- Sirkulyasion termostat vannasini distillangan suv bilan toʻldiring.

- Asbobni silikonli quvurlar yordamida sirkulyasion termostatga ulang, yaʼni latun quvurning ochiq uchini va qisqa quvurni termostat nasosining qisqa quvuriga biriktiring

- Suv vannasining temperaturasini 9 oʻlchash uchun termometrdan foydalaning.

### **Texnika xavfsizligi**

• Issiq suvning nazoratsiz chiqishini va bu bilan atrofdagilarga shikast va talofat yetishini oldini olish uchun, apparatning har bir ishlashidan oldin silikonli birikmalarni tekshiring.

• Sirkulyasion termostatdan foydalanish boʻyicha maslahatlarga amal qiling.

• Shisha trubka bilan ishlaganingizda, apparatning bayonida keltirilgan instruksiyalarga amal qiling.

### **Tajribani oʻtkazish tartibi**

- Nolni oʻrnatish uchun siferblatli indikatorning korpusini buring

- Boshlangʻich temperaturani oʻlchang, yaʼni xona temperaturasini 90.

- Sirkulyasion termostatni ulang va uning temperaturasini 90 ga nisbatan 5 °C ga kattaroq qilib oʻrnatish.

- Toki termodinamik muvozanat oʻrnatilmaguncha kuting.

- Temperaturani 9 oʻlchang.

- Siferblatli indikatorning koʻrsatishini yozib oling.

-  $\vartheta$  temperaturani taxminan  $5^{\circ} \text{C}$  qadam bilan  $100^{\circ} \text{C}$  gacha ko'taring.

- Latun quvur xona temperaturasigacha sovushiga imkon bering.

- Latun quvurni po'lat quvur bilan almashtiring va kengaytiruvchi apparatning qo'zg'almas tayanchini belgisiga o'rnatib va po'lat quvurning ochiq uchini qo'zg'almas tayanchga kiritib, bir tekis siljiting

- Shunday tajribalarni shisha trubka bilan ham bajaring. Bu holda temperatura  $\vartheta$  ni taxminan  $10^{\circ} \text{C}$  qadam bilan ko'taring.

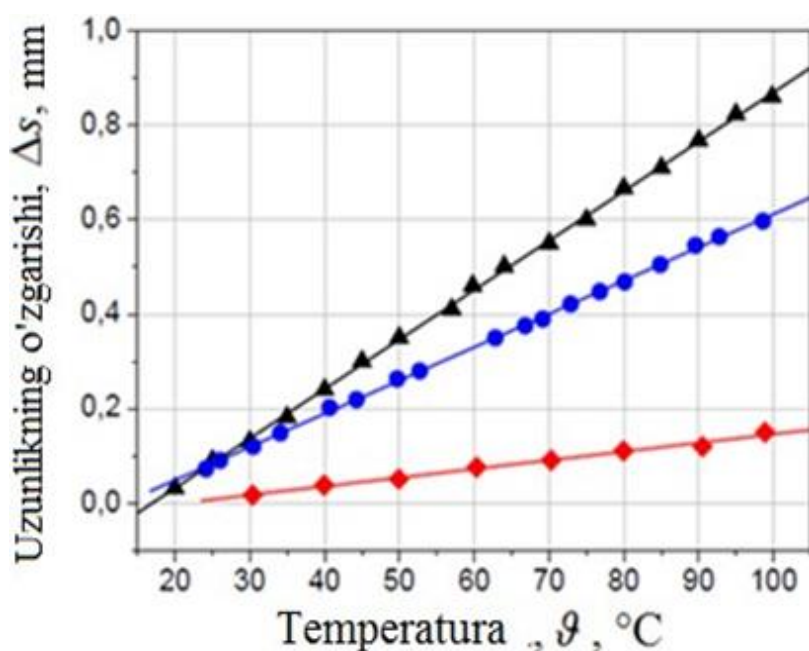
### Tajriba namunasi

Jadval 3. Temperaturaning  $\vartheta$  funksiyasi sifatida uzunlikni o'lchangan o'zgarish qiymatlari  $\Delta s$

Jadval 3

Latun		Po'lat		Shisha	
$^{\circ}\text{C}$	s, mm	$^{\circ}\text{C}$	s, mm	$^{\circ}\text{C}$	s, mm
20.0	0.03	24.1	0.07	30.4	0.02
25.0	0.09	26.0	0.09	39.9	0.04
30.0	0.13	30.5	0.12	49.9	0.05
35.0	0.18	34.1	0.15	60.3	0.08
40.0	0.24	40.7	0.20	70.3	0.09
45.0	0.30	44.3	0.22	79.9	0.11
50.0	0.35	49.7	0.26	90.5	0.12
57.0	0.41	52.7	0.28	98.9	0.15
59.8	0.46	62.8	0.35	-	-
64.0	0.50	66.8	0.38	-	-
70.0	0.55	69.1	0.39	-	-
75.0	0.60	72.9	0.42	-	-
80.0	0.67	76.8	0.45	-	-
85.0	0.71	80.1	0.47	-	-
90.0	0.77	84.9	0.51	-	-
95.0	0.82	89.6	0.55	-	-
99.8	0.86	92.8	0.56	-	-
-	-	98.6	0.60		





15-rasm. Temperatura  $\vartheta$  funksiyasi sifatida uzunlikning o'zgarishi  $\Delta s$ : latun ( $\blacktriangle$ ), po'lat ( $\bullet$ ), shisha ( $\blacklozenge$ ). Uzluksiz chiziqlar (II) tenglama bo'yicha approksimasiyaga mos keladi.

### Natijalar va ularning tahlili

Turli o'lchashlar jadval 1 da keltirigan. Chiziqli kengayish koeffitsiyentini  $\alpha$  temperatura  $\vartheta$  funksiyasi sifatida aniqlash uchun uzunlikning o'zgarishini  $\Delta s$  o'lchash asosida grafik tuzilgan (2-rasmga qarang) Xona temperaturasida aniqlangan boshlang'ich uzunlikni  $s_0$  tenglamaning (I) ikki tomonidan ham ayirib, uzunlikning o'zgarishi  $\Delta s$  uchun quyidagini olish mumkin:

$$s - s_0 = s_0 \cdot \alpha \cdot \vartheta \quad \Delta s = k \cdot \vartheta, \quad (\text{II}) \text{ bu yerda } k = s_0 \cdot \alpha.$$

(II) tenglamani o'lchangan natijalar bo'yicha chiziqli approksimasiyasi beradi  $\alpha$  (15-rasm). Natijalar jadval 4 da keltirilgan.

Jadval 4. (II) tenglama bo'yicha tuzilgan 15-rasm bo'yicha aniqlangan chiziqli kengayish koeffitsiyentlari  $\alpha$ .

Jadval 4

Material	$\Delta s, mm$	Tajriba, $K^{-1}$	Adabiyotdagi natijalar, $K^{-1}$
Latun	600	$17.8 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6}$
Po'lat	600	$11.7 \cdot 10^{-6}$	$11 \cdot 10^{-6}$
Shisha	600	$3.1 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$

### Nazorat uchun savollar

1. Qattiq jismlarning issiqlikdan kengayishini molecular kinetik nazariya asosida qanday tushuntirish mumkin?
2. Chiziqli kengayish koeffitsienti deb nimaga aytiladi? Uning o'lchov birligi nima?
3. Chiziqli kengayish koeffitsienti bilan hajrniy kengayish koeffitsienti orasidagi bog'lanishni ko'rsating. Qanday moddalar uchun bunday bog'lanish o'rinli bo'ladi?
4. Qizdirishdan oldin nima uchun sterjenning bir uchi mahkamlanadi?
5. Chiziqli kengayish koeffitsienti temperaturaga qanday bog'liq?
6. Ishni bajarish tartibini tushuntiring.
7. Bu ishda qo'llaniladigan uzayish indikatorini shkalasining bir bo'limining qiymati nimaga teng? Uni qanday aniqlash mumkin?

## 6-LABORATORIYA ISHI

### Mavzu: Gaz qonunlarini o'rganish

#### 1-ish. Doimiy temperaturada gaz bosimining hajmga bog'liqligi (Boyl-Mariott qonuni)

##### Ishning maqsadi:

- Doimiy temperaturada havo ustunining hajmini  $V$  bosimga  $p$  bog'liqligini o'lchash.
- Boyle-Mariott qonunini tekshirish

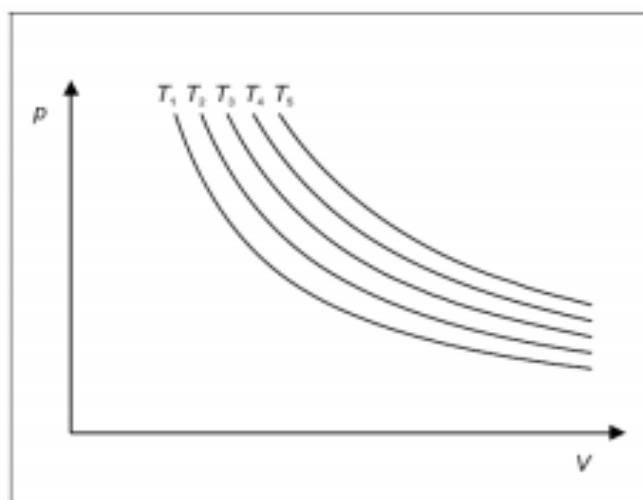
##### Nazariy ma'lumotlar.

Ideal gazning holati uchta o'lchanadigan miqdorlar: bosim, temperatura, hajm orqali to'liq ifodalanadi. Bu uch miqdor orasidagi munosabat asosiy gaz qonuni bilan aniqlanadi:

$$pV = \nu RT, \quad (1)$$

bu yerda  $p$  – bosim;  $V$  - hajm;  $T$  – temperatura;  $\nu$  –ideal gazning moldagi miqdori;  $R$  - universal gaz doimiysi (8,31 J/(K·mol)). Agar miqdorlardan biri- bosim, hajm yoki temperature doimiy qolsa, qolgan ikki miqdorni bir biridan mustaqil tarzda o'zgartirib bo'lmaydi. Masalan, doimiy temperaturada quyidagi ko'rinishdagi Boyle-Mariott qonuni bajariladi:

$$pV = \text{const} \quad (2)$$



16-rasm

Mazkur tajribada bu qonun gazli termometr yordamida tasdiqlanadi. Gazli termometr shisha kapillyardan tashkil topgan bo‘lib, uning bir uchi ochiq. Havoning ma’lum miqdori kapillyar ichida simobning tomchisi bilan zich berkitiladi. Tashqi  $p_0$  bosimda, kapillyar ichidagi havo  $V_0$  hajmga ega. Xona temperaturasida dastaki (qo‘l bilan yurgiziladigan) nasos yordamida havoni so‘rib olish, havo ustunida  $r_0 + \Delta r$  bosim hosil bo‘lishiga olib keladi, bu yerda  $r_0$  – tashqi bosim. Simobning tomchisi ham havo ustuniga bosim beradi:

$$p_{Hg} = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_{Hg}, \text{ (III)}$$

bu yerda  $\rho_{Hg} = 13,6 \text{ g/sm}^3$  – simobning zichligi,  $g = 9,81 \text{ m/c}^2$  – erkin tushish tezlanishi;  $h_{Hg}$  – simob tomchisining balandligi.

Gazli termometrda havo ustunidagi umumiy bosim quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$p = p_0 + \Delta p + p_{Hg}. \text{ (IV)}$$

Qamalgan havo hajmi  $V$  bosim  $p$  bilan aniqlanadi. Hajm  $V$  havo ustunining balandligi  $h$  bilan kapillyar A ko‘ndalang kesimining yuzasi orqali quyidagi formuladan hisoblanishi mumkin:

$$V = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h$$

bu yerda  $d = 2,7 \text{ mm}$  kapillyarning ichki diametri.

### **Asboblari va ashyolari**

1 dona gazli termometr.....	382 00
1 dona dastakli vakuum nasosi.....	375 58
1 dona V shaklsimon shtativ asosi.. 20.....	300 02
1 dona shtativ ustuni, 47 sm.....	300 42
2 dona "Timsoh"tipli qistirgich.....	301 11

### **Tajriba qurilmasi**

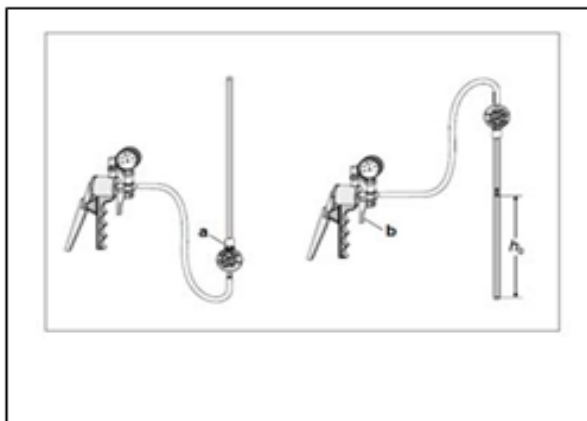
#### **Simob tomchilarini yig‘ish**

- Dastaki (qo‘l bilan yurgiziladigan) vakuum nasosini gazli termometrda ulang va termometrni shunday ushlangki, uning ochiq uchi pastga qarab yo‘nalgan bo‘lsin. (17-rasmga qarang).

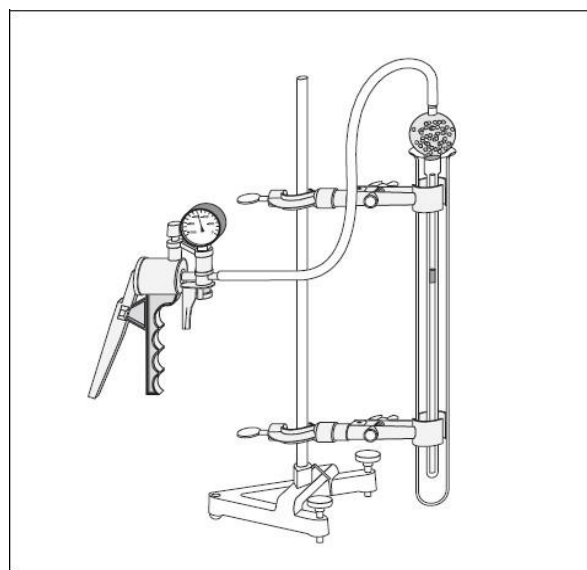
- Dastaki vakuum nasosi yordamida maksimum ortiqcha bosimni  $\Delta p$  yuzaga keltiring va tomchi shaklidagi simobni qavariq joyga (a) to‘plang.

Dastaki vakuum nasosining manometri ortiqcha bosimni  $\Delta p$  manfiy qiymat tarzida ko'rsatadi.

- Agarda hali ham simobning tomchilari kapillyarda qolsa, kapillyarni sekin turtkilab, ular qavariq joyga(a) siljiriladi. Simob bilan berkitilgan kapillyar uchida qolgan kichkina simob tomchisi tajribani bajarishga xalaqit bermaydi.



*17-rasm. Simob tomchilarini yig'ish va dastlabki gaz hajmini  $V_0$  o'rnatish*



*18-rasm. Doimiy temperaturada gaz hajmining bosimga bog'likligini o'rganish uchun mo'jallangan tajriba qurilmasi*

### **Gaz hajmini $V_0$ o'rnatish**

- Gazli termometrda foydalanish uchun uni ishchi holatdan (ochiq uchi yuqorida) sekin shunday buringki, simob kapillyarning kirish teshigiga siljisin.

- Dastaki vakuum nasosining ventilyasiya klapanini (b) sekinlik bilan oching va  $\Delta p$  bosimni sekin 0 ga shunday kamaytiringki, simob yakka bog‘langan tomchi bo‘lib asta yumalasin.

- Gazli termometr bilan katta trubkani shtativ ustuniga o‘rnatib. Agar katta simob tomchisi kuchli ventilyasiya yoki vibrasiya natijasida bo‘linib ketsa, qaytadan simobni yig‘ing.

### **Tajribani o‘tkazish tartibi**

– Tashqi bosimni  $p_0$  aniqlang.

– Gazli termometrning shkalasi bo‘yicha simob ustunining balandligini  $h_{\text{Hg}}$  yozib oling.

– Dastaki (qo‘l bilan yurgiziladigan) vakuum nasosi yordamida ortiqcha bosimni  $\Delta p$  yuzaga keltiring va uni qadamma-qadam sekin asta oshirib boring.

– Har safar havo ustunining balandligini  $h$ ,  $\Delta p$  bilan birgalikda yozib boring.

### **Tajriba namunasi**

Tashqi bosim:  $p_0 = 1011 \text{ gPa}$

Simob ustunining balandligi:  $h_{\text{Hg}} = 11 \text{ mm}$

Jadval 5. Havo ustuni balandligining  $h$  bosimlar farqiga  $\Delta p$  bog‘liqligi.

$\Delta p, \text{ gPa}$	$H, \text{ sm}$
0	7.0
- 60	7.7
-100	8.0
-150	8.45
-200	8.9
-250	9.5
-300	10.5
-340	10.95
-410	12.1
-450	12.95
-500	14.1

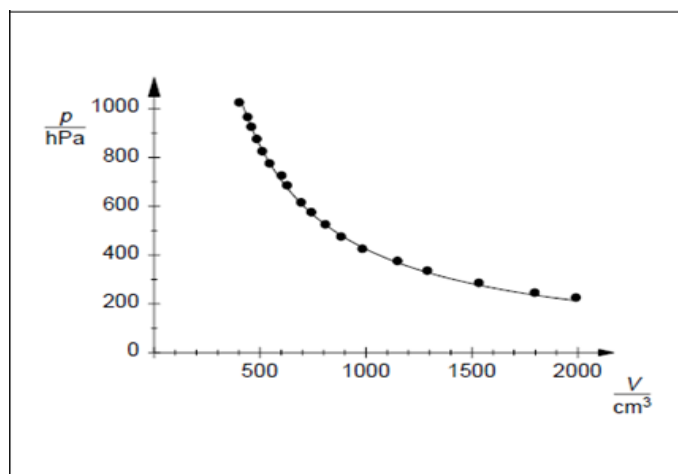
-550	15.4
-600	17.15
-650	20.05
-690	22.5
-740	26.75
-780	31.35
-800	34.75

### Natijalar va ularning tahlili

(III) tenglamaga asosan, simob ustuni yuzaga keltirayotgan bosim p<sub>Hg</sub> quyidagiga teng:  $p_{Hg} = 13.6 \text{ g/sm}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 11 \text{ mm} = 15 \text{ gPa}$

Jadval 6: Havo bosimining (o'lchangan  $\Delta p$  qiymatlari bo'yicha, jadval 5.) hajmga V (h qiymatlari bo'yicha hisoblangan, jadval 6.) bog'liqligi

V, mm <sup>3</sup>	p, gPa
401.1	1026
441.2	966
458.4	926
484.2	876
510	826
544.4	776
601.7	726
627.4	686
693.3	616
742	576
807.9	526
882.4	476
982.7	426
1148.9	376
1289.3	336
1532.8	286
1796.4	246
1991.2	226



16-rasmda  $p$  va  $V$  ning o‘lchangan qiymatlari bo‘yicha tuzilgan grafik keltirilgan (jadval 2.) Bu yerda uzluksiz silliq egrilik giperbolaga mos keladi.

$$p = C/V, \text{ bu yerda } C = 424\,000 \text{ gPa/mm}^3.$$

O‘lchash aniqligi chegarasida, bu egrilik olingan tajriba natijalari bilan mos keladi. Shunday qilib, (II) tenglama qamalgan havo ustuni uchun bajariladi, ya’ni havo ustuni o‘zini ideal gaz kabi tutadi.

### **Xulosa:**

Doimiy temperaturada, ideal gazning bosimi va hajmi bir biriga nisbatan teskari proporsional.

yoki:

Doimiy temperaturada ideal gaz bosimining hajmiga ko‘paytmasi doimiy bo‘ladi (Boyl – Mariott qonuni).

### **Nazorat uchun savollar**

1. Ishni bajarish tartibini tushuntirib bering.
2. Mendeleev-Klapeyron tenglamasi
3. Boltsman doimiysi
4. Boyl-Mariot qonuni
5. Izotermik jarayon, izoterma, Izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni



## 7-LABORATORIYA ISHI

### 2-ish. Mavzu: Doimiy bosimda gaz hajmining temperaturaga bog'liqligi (Gey - Lyussak qonuni)

#### Ishning maqsadi:

- Doimiy bosimda  $p$  gaz hajmining  $V$  temperaturaga bog'liqligini aniqlash
- Tajriba natijalarini past temperaturalar tarafga ekstrapolyasiyalash yo'li bilan temperaturaning absolyut shkalasini aniqlash

#### Nazariy ma'lumotlar

$\nu$  mol miqdordagi ideal gazning holati tajribada aniqlanishi mumkin bo'lgan bosim, hajm va temperatura qiymatlari bilan to'liq ifodalanadi.

Bu uch miqdor orasidagi munosabat asosiy gaz qonuni bilan aniqlanadi:

$$pV = \nu RT, \quad (1)$$

bu yerda  $r$  – bosim;  $V$  - hajm;  $T$  – temperatura;  $\nu$  – ideal gazning moldagi miqdori;  $R$  - universal gaz doimiysi (8,31 J/(K·mol)).

Agar miqdorlardan biri- bosim, hajm yoki temperatura doimiy qolsa, qolgan ikki miqdorni bir biridan mustaqil tarzda o'zgartirib bo'lmaydi. Masalan, doimiy bosimda holatlarning Gey-Lyussak munosabati o'rinli bo'ladi:

$$V \sim T. \quad (II)$$

Mazkur tajribada bu qonun gazli termometr yordamida tasdiqlanadi. Gazli termometr shisha kapillyardan tashkil topgan bo'lib, uning bir uchi ochiq. Havoning ma'lum miqdori kapilyar ichida simobning tomchisi bilan zich berkitiladi. Tashqi  $p_0$  bosimda, kapilyar ichidagi havo  $V_0$  hajmga ega.

Gazli termometr temperaturasi taxminan  $\approx 90\text{ }^{\circ}\text{C}$  ga yaqin suvga joylashtiriladi va bu sistema asta-sekin sovutiladi (1-rasm). Gazli termometrning ochiq uchi atrof muhitning bosimi ta'sirida bo'ladi. Shunday qilib, qamalgan havo ustunining bosimi tajriba vaqtida doimiy qoladi. Hajm quyidagicha aniqlanadi:

$$V = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h$$

bu yerda  $d = 2,7$  kapillyarning ichki diametri,  $h$  – havo ustunining balandligi.

### Asboblar va ashyolar

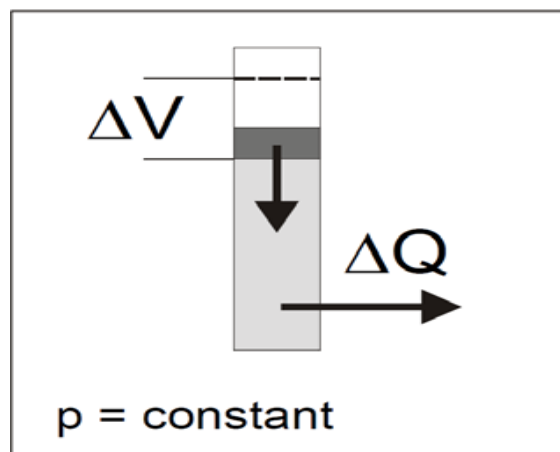
1 dona gazli termometr .....	382
1 dona dastakli vakuum nasosi.....	375
1 dona V shaklsimon shtativ asosi. 20 sm .....	300
1 dona Shtativ ustuni, 47 sm.....	300 42
2 dona "Timsoh" tipli qistirgich.....	301 11
1 dona Qizdiruvchi elektr plitka.....	666 767
1 dona Shisha o'lchov stakani, 400 ml .....	664 103

#### P2.5.2.2(a)

1 dona Raqamli termometr .....	666
1 dona NiCr-Ni temperatura datchigi .....	666

#### P2.5.2.2(b)

1 dona Mobil CASSY Lab .....	524
1 dona NiCr-Ni aylantirgich S.....	524
1 dona NiCr-Ni temperatura datchigi 1.5 mm.....	529 676



19-rasm. Termodinamik jarayonning sxematik tasvirlanishi

## Tajriba qurilmasi

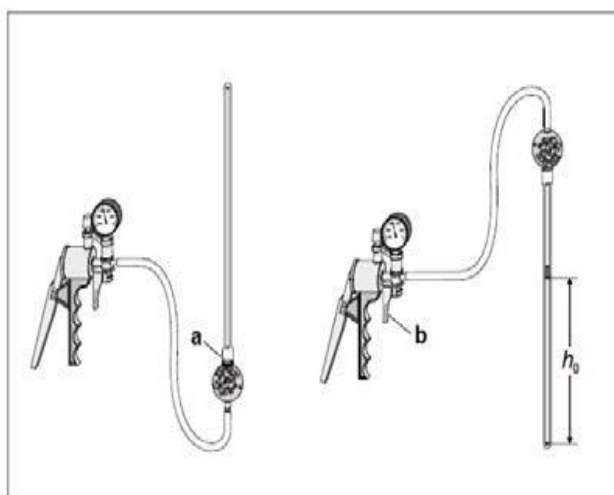
### Simob tomchilarini yig'ish

- Dastaki (qo'l bilan yurgiziladigan) vakuum nasosini gazli termometrga ulang va termometrni shunday ushlangki, uning ochiq uchi pastga qarab yo'nalgan bo'lsin.

- Dastaki vakuum nasosi yordamida maksimum ortiqcha bosimni  $\Delta p$  yuzaga keltiring va tomchi shaklidagi simobni qavariq joyga (a) to'plang.

Dastaki vakuum nasosining manometri ortiqcha bosimni  $\Delta p$  manfiy qiymat tarzida ko'rsatadi.

- Agarda hali ham simobning tomchilari kapillyarda qolsa, kapillyarni sekin turtkilab, ular qavariq joyga(a) siljiriladi.



20-rasm. Simob tomchilarini yig'ish va dastlabki gaz hajmini

$V_0$  o'rnatish

Simob bilan berkitilgan kapillyar uchida qolgan kichkina simob tomchisi tajribani bajarishga xalaqit bermaydi.

### Gaz hajmini $V_0$ o'rnatish

- Gazli termometrdan foydalanish uchun uni ishchi holatdan (ochiq uchi yuqorida) sekin shunday buringki, simob kapillyarning kirish teshigiga siljisin.

- Dastaki vakuum nasosining ventilyasiya klapanini (b) sekin oching va  $\Delta p$  bosimni sekin 0 ga shunday kamaytiringki, simob yakka bog'langan tomchi bo'lib asta yumalasin.

- Gazli termometr bilan katta trubkani shtativ ustuniga o'rnatish.

Agar katta simob tomchisi kuchli ventilyasiya yoki vibrasiya natijasida parchalansa, qaytadan simobni yig‘ing.

### **Temperaturani raqamli termometr bilan o‘lchash (o‘lchash asbobini taqdimot qilish)**

Gazli termometrga parallel qilib temperatura datchigini NiCr-Ni katta probirkaga kiriting va uni raqamli termometr bilan ulang.

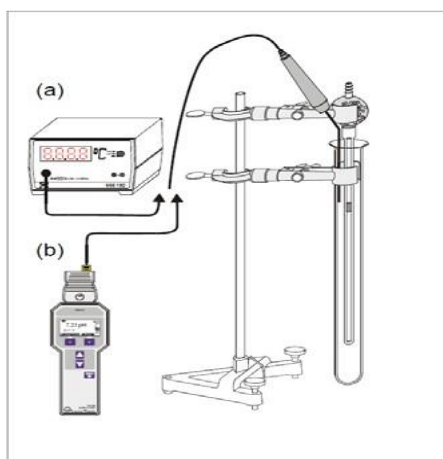
### **Temperaturani Mobil CASSY yordamida o‘lchash (ko‘chma o‘lchash asbobi)**

Gazli termometrga parallel qilib temperatura datchigini NiCr-Ni katta

#### ***Texnika xavfsizligi***

- Diqqat: gazli termometr simobga ega.
- Gazli termometr bilan ishlaganda, iloji boricha tartibga rioya qiling.
- Shisha idish va o‘lchov stakani bilan ishlaganda iloji boricha hushyor bo‘ling; shishani sinishiga yo‘l bermang.

probirkaga kiriting va uni Mobil CASSY bilan ulang.



*21-rasm. Tajriba qurilmasining sxemasi: Temperaturani mos ravishda raqamli termometr (a) yoki mobil CASSY (b) yordamida o‘lchash*

### **Ishni bajarish tartibi**

- Shisha idishdagi 400 ml hajmli suvni 90 °C gacha elektrolitkada qizdiring.

- Issiq suvni ehtiyotlik bilan shisha idishga quying. Temperatura ko‘tarilib borgan sari gazning boshlang‘ich bosimi pasayadi.

- Temperatura ortishini kuzating va temperatura hamda havo ustunining balandligini aniqlash uchun, temperatura pasaya boshlash momentini kuting.

- Suv vannasining (probirkadagi suv) sovushi mobaynida gazli termometrning asta-sekin temperaturasini  $t$  va berk havo ustunining balandligini o'lchang.

### Tajriba namunasi

Jadval 7. Berk havo ustuni balandligi  $h$  temperaturaning  $t$  funksiyasi sifatida.

$t, ^\circ C$	$h, sm$
87.2	49.5
80.9	48.5
75.2	47.5
67.7	46.5
58.7	45.5
51.4	44.5
42.3	43.5
35.7	42.5
30.2	41.5
25.0	40.5

### Natijalar va ularning tahlili

(III) formula bo'yicha, havo ustuni balandligining o'lchangan qiymatlaridan (Jadval 1) foydalanib, hajmni hisoblab topish mumkin.

4-rasm. Jadval 2 da keltirilgan qiymatlarning grafigi. To'g'ri chiziq chiziqli regressiya bo'yicha quyidagi formula bilan hisoblangan:

$$V = 214.2 \text{ mm}^3 + (0.79 \text{ mm}^3/^\circ C) \cdot t.$$

Chiziqli regressiyani manfiy temperaturalar tarafga ekstrapolyasiyalashdan absolyut nol temperaturani

( $T = 0 \text{ K}$ ) regressiya chizig'i temperatura o'qi ( $p = 0$ ) bilan kesishgan nuqta orqali aniqlash mumkin.

$$t_0 = -271 \text{ } ^\circ C \pm 8 \text{ } ^\circ C$$

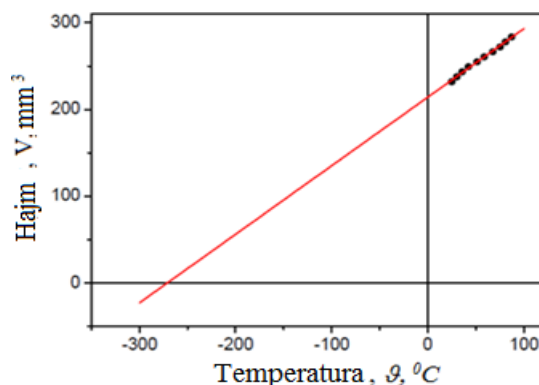
$$t = T + t_0$$

$$V = (0.79 \text{ mm}^3/\text{K}) \cdot T$$

Jadval 8. Gaz hajmi  $V$  (o'ldangan  $h$  qiymatlaridan (jadval 8) foydalanib, (III) formula bo'yicha hisoblangan) temperaturaning  $t$  funksiyasi sifatida

$t, ^\circ\text{C}$	$V, \text{mm}^3$
87.2	283.4
80.9	277.7
75.2	272.0
67.7	266.5
58.7	260.5
51.4	254.8
42.3	249.1
35.7	243.3
30.2	237.6
25.0	231.9

Doimiy bosimda ideal gazning hajmi temperaturaga to'g'ri proporsional (Gey-Lyusak qonuni).



22-rasm. Qamalgan havo hajmining  $V$  temperaturaga bog'liqligi  $t$

Qizil chiziq chiziqli regressiya natijalariga mos keladi

### Nazorat uchun savollar

1. Ishni bajarish tartibini tushuntirib bering.
2. Mendeleev-Klapeyron tenglamasi tushuntiring.
3. Gey-Lyussak qonuni tushuntirib bering.

4. Izobarik jarayon, izobara, izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni tushuntiring.

## 8-LABORATORIYA ISHI

### 3-ish. Mavzu: Doimiy hajmda gaz bosimining temperaturaga bog‘liqligi (Sharl qonuni) (Amonton qonuni)

#### Ishning maqsadi

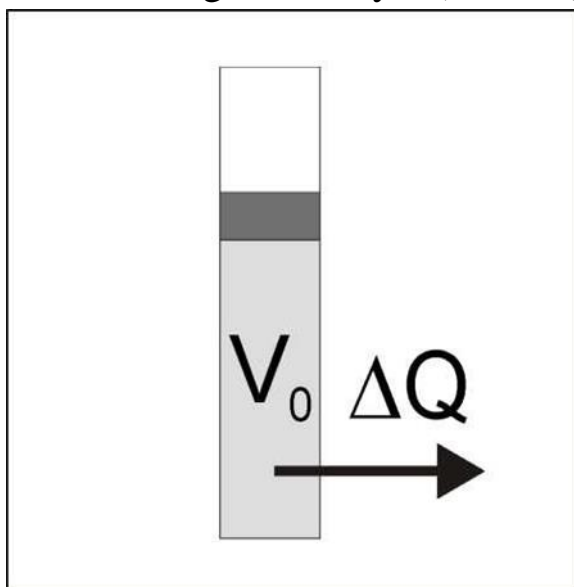
- Doimiy hajmda gaz bosimining temperaturaga bog‘liqligini aniqlash
- Past temperaturalar tomoniga ekstrapolyasiyalash yo‘li bilan temperaturalar absolyut shkalasini aniqlash

#### Nazariy ma’lumotlar

Ideal gazning holati uchta o‘lchanadigan miqdorlar: bosim, temperatura, hajm orqali to‘liq ifodalanadi. Bu uch miqdor orasidagi munosabat asosiy gaz qonuni bilan aniqlanadi:

$$pV = \nu RT, \quad (I)$$

bu yerda  $p$  – bosim;  $V$  - hajm;  $T$  – temperatura;  $\nu$  – ideal gazning moldagi miqdori;  $R$  - universal gaz doimiysi (8,31 J/(K·mol)).



23-rasm. Termodinamik jarayonning sxematik tasavvur etilishi.

Agar miqdorlardan biri- bosim, hajm yoki temperatura doimiy qolsa, qolgan ikki miqdor bir biridan mustaqil tarzda o'zgara olmaydi. Masalan, doimiy hajmda  $V$  ideal gaz holati uchun Amonton munosabatini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$p \sim T. \quad (II)$$

Mazkur tajribada (II) munosabat gazli termometr yordamida tasdiqlanadi. Gazli termometr shisha kapillyardan tashkil topgan bo'lib, uning bir uchi ochiq. Havoning ma'lum miqdori kapillyar ichida simobning tomchisi bilan zich berkitiladi. Tashqi  $p_0$  bosimda, kapillyar ichidagi havo  $V_0$  hajmga ega.

Xona temperaturasida dastaki(qo'l bilan yurgiziladigan) nasos yordamida havoni so'rib olish, havo ustunida  $p_0 + \Delta p$  bosim hosil bo'lishiga olib keladi, bu yerda  $p_0$  – tashqi bosim. Simobning tomchisi ham havo ustuniga bosim beradi:

$$p_{Hg} = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_{Hg} \quad (III)$$

bu yerda  $\rho_{Hg}=13,6 \text{ g/sm}^3$  – simobning zichligi,  $g=9,81 \text{ m/c}^2$  – erkin tushish tezlanishi;  $h_{Hg}$  – simob tomchisining balandligi.

Gazli termometrda havo ustunidagi umumiy bosim quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$p = p_0 + \Delta p + p_{Hg} . \quad (IV)$$

Termometr temperaturasi  $90^\circ\text{C}$  ga yaqin suvga joylashtiriladi va bu sistema asta- sekin sovutiladi. Gazli termometrda dastaki vakuum nasosi orqali havoni so'rib olish orqali, sovutish vaqtida havoning hajmi doimiy saqlanadi.

### ***Asboblari va ashyolari***

1 dona Gazli termometr.....	382 00
1 dona Dastakli vakuum nasosi. ....	375 58
1 dona V shaklsimon shtativ asosi. 20 sm .....	300 021
1 dona Shtativ ustuni, 47 sm.....	300 42
2 dona "Timsah" tipli qistirgich .....	301 11
1 dona Qizdiruvchi elektr plitka .....	666 767



1 dona Shisha o'lov stakani, 400 ml .....664  
103

#### **P2.5.2.2(a)**

1 Raqamli termometr.....666 190

1 NiCr-Ni temperatura datchigi..... 666

193

#### **P2.5.2.2(b)**

1 Mobil CASSY Lab.....524 009

1 NiCr-Ni aylantirgich S.....524 0673

1 NiCr-Ni temperatura datchigi 1.5 mm.....529 676

### **Tajriba qurilmasi**

#### **Simob tomchilarini yig'ish**

- Dastaki vakuum nasosini gazli termometrga ulang va termometrni shunday ushlangki, uning ochiq uchi pastga qarab yo'nalgan bo'lsin. (23-rasmga qarang).

- Dastaki vakuum nasosi yordamida maksimum ortiqcha bosimni  $\Delta p$  yuzaga keltiring va tomchi shaklidagi simobni qavariq joyga (a) to'plang.

Dastaki vakuum nasosining manometri ortiqcha bosimni  $\Delta p$  manfiy

qiymat tarzida ko'rsatadi.

- Agarda hali ham simobning tomchilari kapillyarda qolsa, kapillyarni sekin turtkilab, ular qavariq joyga (a) siljiriladi.

#### **Gaz hajmini $V_0$ o'rnatish**

- Gazli termometrdan foydalanish uchun uni ishchi holatdan (ochiq uchi yuqorida) sekin shunday buringki, simob kapillyarning kirish teshigiga siljisin.

- Dastaki vakuum nasosining ventilyasiya klapanini (b) sekin oching va  $\Delta p$  bosimni sekin 0 ga shunday kamaytiringki, simob yakka bog'langan tomchi bo'lib asta yumalasin.

- Gazli termometr bilan katta trubkani shtativ ustuniga o'rnatish.

Agar katta simob tomchisi kuchli ventilyasiya yoki vibrasiya natijasida

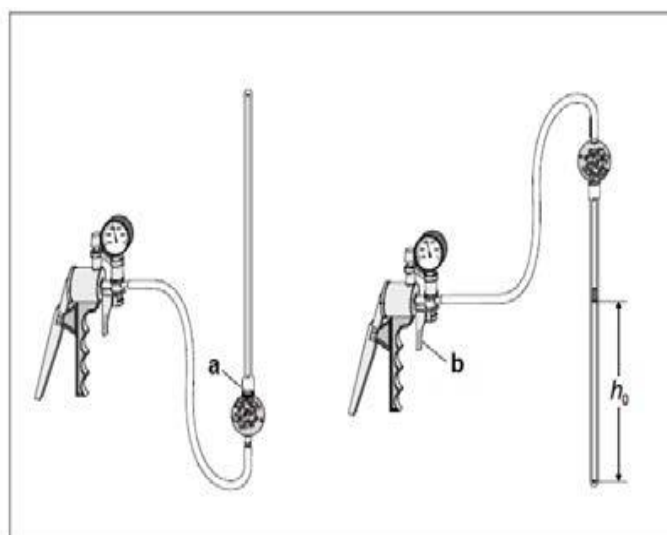
parchalansa, qaytadan simobni yig'ing.

### **Temperaturani raqamli termometr bilan o'lchash (o'lchash asbobini taqdimot qilish)**

Gazli termometrغا parallel qilib temperatura datchigini NiCr-Ni katta probirkaga kiriting va uni raqamli termometr bilan ulang.

### **Temperaturani Mobil CASSY yordamida o'lchash (ko'chma o'lchash asbobi)**

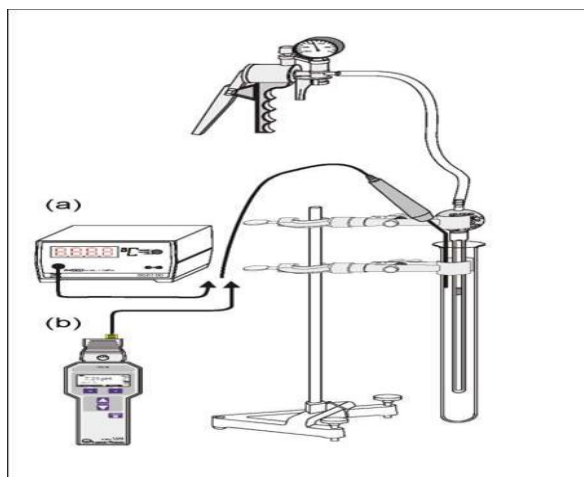
Gazli termometrغا parallel qilib temperatura datchigini NiCr-Ni katta probirkaga kiriting va uni Mobil CASSY bilan ulang



*24-rasm. Simob tomchilarini yig'ish va dastlabki gaz hajmini  $V_0$  o'rnatish*

#### **Texnika xavfsizligi**

- Diqqat: gazli termometr simobga ega.
- Gazli termometr bilan ishlaganda, iloji boricha tartibgar o'ylash qiling. Shisha idish va o'lchov stakani bilan ishlaganda iloji boricha hushyor bo'ling; shishani sinishiga yo'l bermang.



25-rasm. Tajriba qurilmasining sxemasi: Temperaturani mos ravishda raqamli termometr (a) yoki mobil CASSY (b) yordamida o'lchash.

### Ishni bajarish tartibi

- Shisha idishdagi 400 ml hajmli suvni  $90^{\circ}\text{C}$  gacha elektroplitkada qizdiring. Issiq suvni ehtiyotlik bilan shisha idishga quyung.

- Temperatura ortishini kuzating va temperatura pasaya boshlash momentini kuting.

- Simob ustuni balandligini  $h_0$  aniqlang Bu  $h_0$  qiymat simob ustuni bilan berkilgan havo hajmini  $V_0$  ko'rsatadi. Issiq vanna (probirkadagi suv ) sovushi mobaynida, asta- sekin quyidagi ishlarni qaytaring:

- Dastaki vakuum nasosi bilan haydab ortiqcha bosimni  $\Delta p$  to simob ustuni dastlabki balandligiga  $h_0$  erishmaguncha oshiring

- (ya'ni, shunday qilib, doimiy hajmda  $V_0$  o'lchash sharoitini ta'minlash uchun, sovush jarayoni vaqtida hajmning kamayishi kompensasiya qilinadi). Temperaturani  $t$  va ortiqcha bosimni  $\Delta p$  yozib oling.

### Tajriba namunasi

Jadval 9. Berk  $V_0$  hajmga qamalgan havo bosimining  $\Delta p$  temperaturaga  $t$  bog'liqligi.

$t, ^\circ C$	$p, \text{gPa}$
81.5	0
65.2	-20
55.2	- 50
45.5	- 80
39.9	- 100
35.3	- 120
29.7	- 140
23.3	- 160
18.3	- 175

$$p_0 = 1011 \text{ gPa } h_{Hg} = 11 \text{ mm}$$

### Natijalar va ularning tahlili

(VI) tenglamadan foydalanib, ortiqcha bosimning o'lchangan qiymatlari bo'yicha berk hajmdagi havoning bosimini hisoblab topish mumkin ( jadval 9.).

$$p_{Hg} = 13.6 \text{ g/sm}^2 \cdot 9.81\text{m/s}^2 \cdot 11 \text{ mm} = 15 \text{ gPa}$$

Jadval 9 da keltirilgan qiymatlarning grafigi. To'g'ri chiziq chiziqli regressiya bo'yicha quyidagi formuladan hisoblandi:

$$p = 802.3 \text{ gPa} + (2.96 \text{ gPa}/^\circ C) \cdot t.$$

Jadval 10. Hajmning  $V$  ( (III) formulaga asosan jadval 1 da keltirilgan  $h$  ning o'lchangan qiymatlaridan foydalanib) temperaturaga  $t$  bog'liqligi.

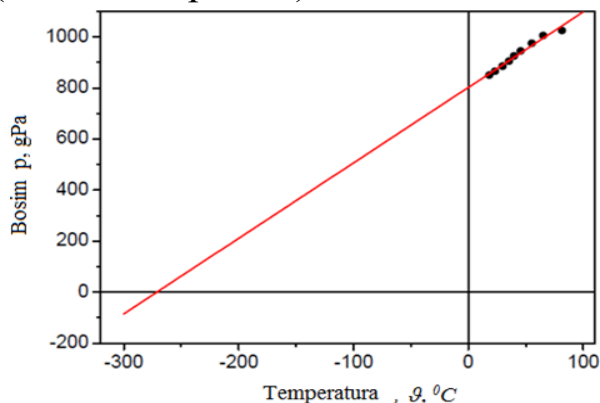
$t, ^\circ C$	$p, \text{gPa}$
81.5	1026
65.2	1006
55.2	976
45.5	946
39.9	926
35.3	906
29.7	886
23.3	866
18.3	851

Chiziqli regressiyani manfiy temperaturalar tarafga ekstrapolyasiyalashdan absolyut nol temperaturani ( $T = 0 \text{ K}$ ) regressiya

chizig'i ( $p = 0$ ) temperatura o'qi bilan kesishgan nuqta orqali aniqlash mumkin.

$$t = 271 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 8 \text{ } ^\circ\text{C} \quad t = T + t_0 \quad p = (2.96 \text{ gPa/K}) \cdot T.$$

Doimiy hajmda ideal gazning bosimi absolyut temperaturaga to'g'ri proporsional. (Amonton qonuni).



26-rasm. Berk hajmga  $V_0$  qamalgan havo bosimining temperaturaga  $t$  bog'liqligi. Qizil chiziq chiziqli regressiya natijalariga mos keladi.

### Nazorat uchun savollar

1. Ishni bajarish tartibini tushuntirib bering.
2. Mendeleev-Klapeyron tenglamasi
3. Sharl qonuni
4. Izoxorik jarayon va izoxora, izoxorik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni
5. Termik koeffitsient, hajm uchun

## 9-LABORATORIYA ISHI

**Mavzu: Richard metodi bilan havo uchun adiabata ko'rsatgichini  $C_P/C_V$  aniqlash.**

### Ishning maqsadi

- Po'lat zoldirning ossillyasiya davrini o'lchash.
- Havo uchun adiabata koeffitsiyentini aniqlash.

### Nazariy ma'lumotlar

Gazlarning kinetik nazariyasi ideal gazlarning adiabatik koeffitsiyentini ko'rsata oladi. Gazning ichki energiyasini  $U$  unga tashqaridan uzatilayotgan issiqlik miqdorini  $\Delta Q$  oshirish yoki uning ustida mexanik ish  $\Delta W$  bajarish orqali o'zgartirish mumkin:

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W \quad (\text{I})$$

Holatni adiabatik o'zgartirishlarda tashqi atrof muhit bilan issiqlik almashinuv bo'lmaydi. Shu sababli issiqlik miqdori o'zgarmaydi:  $\Delta Q = 0$  (ya'ni entropiya doimiy qoladi).

Ideal gaz qonunidan  $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$  va  $\Delta U = C_V \cdot m \cdot \Delta T$ , hamda (I) tenglamadan Puasson tenglamasi kelib chiqadi, u temperatura o'zgariganda holatning adiabatik o'zgarishini ifodalaydi:

$$p \cdot V^k = \text{const.} \quad (\text{II})$$

bu yerda  $k$  adiabatik ko'rsatgichi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$k = C_p / C_V \text{ va } C_p = C_V + R, \quad (\text{III})$$

bu yerda

$C_p$  – doimiy bosimda solishtirma issiqlik sig'imi

$C_V$  - doimiy hajmda solishtirma issiqlik sig'imi

### **$C_p$ bilan $C_V$ haqida nazariy bashorat qilish**

Bir mol ideal gazni doimiy hajmda (izoxorik jarayon)  $\Delta T$  gacha qizdirish uchun quyidagi energiya kerak bo'ladi:

$$\Delta Q = C_V \cdot \Delta T, \quad (\text{IV})$$

bu yerda  $C_V$  molyar issiqlik sig'imi. Doimiy hajmda holatning o'zgarishida mexanik ish bajarilmaydi, ya'ni (I) tenglamada  $\Delta W = 0$ . Shunday qilib, sistemaga berilayotgan issiqlik  $\Delta Q$  faqat zarrachalarning kinetik energiyasini oshiradi. Gazlar kinetik nazariyasidagi zarrachalar erkinlik darajasi bo'yicha energiyaning bir tekis taqsimlanishi qonuniga asosan zarrachalar o'rtacha kinetik energiyasining ortishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot f \cdot R \cdot \Delta T, \quad (\text{V})$$

bu yerda  $f$  – bir zarrachaga to'g'ri keladigan erkinlik darajasining soni,  $R$  – universal gaz doimiysi,  $\Delta T$  – temperaturaning o'zgarishi.

(IV) va (V) formulalarni taqqoslashdan ideal gazning molyar issiqlik sig‘imi faqat gaz molekulasi erkinlik darajasi bilan aniqlanishi kelib chiqadi:

$$C_V = \frac{1}{2} \cdot f \cdot R. \quad (\text{VI})$$

Bir atomli gazlarning zarrachalari faqat uchta erkinlik darajasiga ega bo‘ladi. Bir atomli gazlarda o‘rtacha issiqlik energiyalarida (~ 25 MeV) burchak momentlarining kvantlanishi natijasida aylanma erkinlik darajasining yuzaga kelishi kuzatilmaydi. Ikki atomli va chiziqli ko‘p atomli molekulalar aylanma erkinlik darajalariga ega. Ammo, o‘q bo‘yicha inersiya momenti kichik bo‘lganligi sababli, ikki atomli va chiziqli ko‘p atomli molekulalar molekulyar o‘qqa nisbatan faqat perpendikulyar aylanadi.

Chiziqli molekulalar uchta ilgariylanma erkinlik darajasiga qo‘shimcha 2 ta aylanma erkinlik darajasiga ega ( $f = 5$ ). Xona haroratida faqat nochiziqli molekulalar uchun barcha uchta aylanma erkinlik darajasi qo‘zg‘aladi ( $f = 6$ ). Ideal gaz qonunini qo‘llash, erkinlik darajasi soni bilan adiabat ko‘rsatgichi orasidagi quyidagi munosabatni olishga imkon beradi (jadval 1 ga qarang):

$$k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{f+2}{f}. \quad (\text{VII})$$

Jadval 11. Ideal gazlar uchun (VII) formula bilan hisoblangan adiabat ko‘rsatgichlari:

Gaz turi	$f$	$\kappa$
Bir atomli (He, Ar)	3	1.67
Chiziqli ikki atomli molekulalar ( $O_2, N_2, H_2$ )	5	1.40
Nochiziqli ko‘p atomli molekulalar	6	1.33

### Richard metodi bo‘yicha $C_P/C_V$ nisbatni aniqlash

Bu tajribada gazli trubkaga kiritilgan va gaz hajmini zich bekituvchi po‘lat zoldirning tebranish davri orqali havoning adiabat ko‘rsatgichi  $k$  aniqlanadi.

27-rasmga binoan, agar ballondagi bosim  $p$  atmosfera bosimi  $p_0$  bilan po‘lat zoldir og‘irligi yuzaga keltirayotgan bosim yig‘indisiga teng bo‘lsa, shisha trubkadagi zoldir muvozanat holatida bo‘ladi:

$$p = p_0 + \frac{mg}{A}, \quad (\text{VIII})$$

bu yerda  $m$  – po‘lat zoldir massasi,  $g$  – erkin tushish og‘irligi,  $A$  – Shisha trubkaning ko‘ndalang kesimi yuzasi. Zoldir muvozanat holatidan  $x$  masofaga siljisa, unda bosim  $dp$  ga o‘zgaradi. Shu sababdan  $F = A \cdot dp$  kuch po‘lat zoldirni harakatlantiradi va unga Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan tezlanish beradi:

$$A \cdot dp = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2}. \quad (\text{IX})$$

mumkin.

Bu jarayon juda tez amalga oshgani uchun, uni amalda adiabatik deb hisoblash mumkin va bu (II) tenglamani differensiyalash orqali kelib chiqadi:

$$V^k dp + p \cdot k \cdot V^{k-1} dV = 0, \quad (\text{X})$$

$$dp = -\frac{kp}{V} dV. \quad (\text{XI})$$

Po‘lat zoldir shisha trubkaning ichida  $x$  masofaga siljiydi deb faraz qilindi, bu esa hajmning o‘zgarishiga olib keladi:

$$dV = A \cdot x. \quad (\text{XII})$$

$dV$  ni (XI) tenglamaga va  $dp$  ni (IX) tenglamaga qo‘yib, zoldir harakat tenglamasini quyidagi ko‘rinishda olamiz:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{kpA^2}{mV} x = 0. \quad (\text{XIII})$$

(XIII) formula garmonik ossillyator tenglamasi hisoblanadi va undan siklik chastotani  $\omega$  aniqlash

$$\omega = \sqrt{\frac{kpA^2}{mV}} \quad (\text{XIV})$$

Bu munosabatdan po‘lat zoldir bajarayotgan garmonik ossillyasiyalarning davrini aniqlash mumkin:

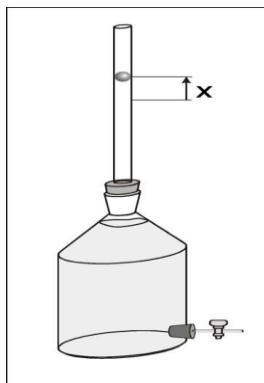
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \sqrt{\frac{mV}{kpA^2}} \quad (\text{XV})$$

Bu tenglamadan adiabata ko‘rsatgichi uchun quyidagi formulani olish mumkin:

$$k = \frac{4\pi^2 mV}{A^2 p T^2} \quad (\text{XVI})$$



(XVI) tenglamadagi tenglik belgisining o'ng tomonidagi barcha miqdorlarni ( $4\pi^2$ dan tashqari) tajribada aniqlash mumkin va ular asosida adiabata ko'rsatgichini aniqlash mumkin.



27-rasm. Richard metodi bilan adiabata ko'rsatgichini k aniqlash uchun tajriba qurilmasi

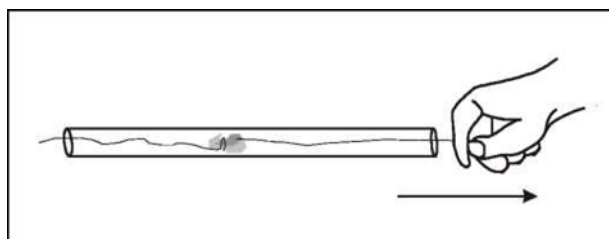
### Kerakli asboblari va ashyolar

1 Marriot kolbasi, 10 l.....	371 04
1 Ossilyasion trubka.....	371 05
1 Taymer.....	313 07
1 Aneroid barometr.....	317 19
1 Plastik menzurka, 1000 ml.....	590 06
1 Vazelin, 50 g.....	675 3100

### Tajriba o'tkazish bo'yicha maslahatlar

(XV) tenglama bo'yicha, idishning hajmi qanchalik katta bo'lsa, po'lat zoldirning ossilyasiya davri shunchalik katta. Boshqa tarafdin, tajriba aniqligi ossilyasion davrni T aniqlash aniqligi bilan belgilanib, bu davr (XVI) tenglamadagi kvadrat ildizdan topiladi. Shuning uchun, mazkur tajribada aspirator (so'rib oluvchi qurilma) qo'llaniladi.

Po'lat zoldirning ossilyasiyasi soni shisha trubkaning va po'lat zoldirning tozaligiga juda kuchli bog'liq. Har bir tajribadan oldin 28-rasmda ko'rsatilganidek, ipga bog'langan yumshoq mato yoki teri parchasi bilan shisha trubkani diqqat bilan tozalash kerak. Shisha trubkani yumshoq mato parchasi bilan tozalashda tozalovchi vositalardan foydalaning.



28-rasm. Har bir tajribadan oldin yumshoq mato parchasi bilan shisha trubkani diqqat bilan tozalash zarur.

### **Eslatma**

Asbobdan foydalanilmagan vaqtda, presizion shisha trubkani toza saqlash maqsadida, uni rezina qopqoq bilan berkiting.

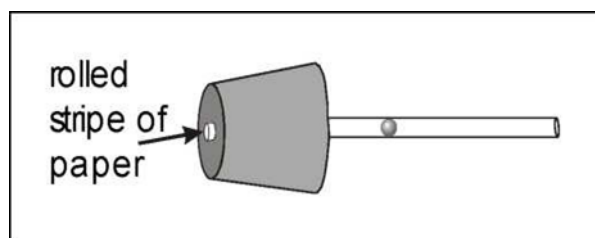
### **Tajriba qurilmasi**

- Shisha trubkani 28-rasmda keltirilganidek tozalang.
- Po‘lat zoldirni tozalang.

### **Eslatma**

Faqat presizion shisha trubkani va po‘lat zoldirni tozalashgina zoldirning yaxshi ossillyasiyasiga olib keladi.

Shisha trubkani rezina tiqinga o‘rnating. Siz rezina tiqinning oldingi tarafidan jiplagich xalqadan foydalanishingiz mumkin, buni soddagina oddiy qog‘oz bilan amalga oshirish mumkin (3-rasm).



29-rasm. Tajribani o‘tkazish uchun qulaylik yaratish maqsadida jiplashtiruvchi xalqa sifatida rezina tiqinga kiritilgan qog‘oz o‘ramidan foydalanish mumkin.

### **Tajribani o‘tkazish tartibi**

- Aspiratorning pastki teshigi berk ekanligiga amin bo‘ling.
- Presizion shisha trubkali rezina tiqinni aspiratorning yuqorigi teshigiga perpendikulyar qilib joylashtiring
- Agar endi zoldir shisha trubkaga kiritilsa, u idishdagi havo hajmi shakllantirgan havo yostig‘ida garmonik tebranishlar bajaradi.

Ishqalanish energiyasiga yo‘qotishlar muqqarar bo‘lgani uchun tebranishlar so‘nadi.

- Bir necha marta (masalan 20) tebranishlar davrini  $T$  10 ossillyasiya uchun o‘lchang.

- Barometr ko‘rsatishi bo‘yicha bosim qiymatini yozib oling.

- 1 l hajmli plastik menzurkadan foydalangan holda, idishni suv bilan to‘ldirib, aspiratorning hajmini aniqlang. Suvni to‘kgandan keyin idishni yaxshilab quriting.

### **Foydali maslahatlar:**

- Tajribani boshlashdan oldin, po‘lat zoldirga tegmay, presizision shisha trubkaning yuqorigi uchini kaft bilan berkitish va rezina tiqinli presizision shisha trubkani 29-rasmda keltirilganidek qilib. Aspiratordan ajratish kerak.

- Trubkaga ozgina havo miqdorini kiritish orqali, presizision shisha trubkaning yuqorigi uchiga po‘lat zoldir o‘tishi uchun imkon yaratish kerak.

- Yana qaytadan presizision shisha trubkaning yuqorigi uchini kaft bilan berkitib, rezinali tiqin bilan uni aspiratorga o‘rnating.

- Tajribani boshlash uchun presizision shisha trubkadan qo‘llingizni oling. Presizision shisha trubkadagi po‘lat zoldirning muvozanat balandligi bosimga bog‘liq. Agar atmosfera bosimi juda kichik bo‘lsa, po‘lat zoldir presizision shisha trubkadan aspiratorga tushib ketishi mumkin. Zoldirning aspiratorga tushib ketishini oldiniolish hamda tajribani boshlashda mos balandlikni tanlash uchun sterjenli magnitdan foydalanish mumkin

### **Tajriba namunasi**

Jadval 12. 10 ta ossillyasiya uchun po‘lat zoldirning ossillyasiya davri  $T$ .

11.5 s	11.7 s	11.7 s	11.1 s	12.0 s
11.9 s	11.6 s	11.0 s	11.5 s	11.2 s
11.5 s	11.8 s	11.4 s	11.5 s	11.5 s
11.5 s	11.6 s	11.7 s	11.3 s	11.5 s

Hajm = 11,5 l

### Hisoblashlar va natijalar

Jadval 12. bo'yicha hisoblash, ossillyasiya davri uchun quyidagi qiymatni beradi:

$T = 1.15 \text{ s}$

Po'lat zoldirning massasi:  $m = 16.5 \text{ g}$

Presizision shisha trubkaning diametri:  $d = 16 \text{ mm}$

Trubka ko'ndalang kesimining yuzasi:

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot d^2/4 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

bosim:  $p = 1020 \text{ gPa}$  kolba hajmi:  $V = 11.5 \text{ l}$

(XVI) formulaga asosan adiabat ko'rsatgichi:  $k = 1.37$

Adabiyotdagi natijalar:

Gaz turi	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	havo	CO <sub>2</sub>
k	1.40	1.40	1.40	1.30

### Qo'shimcha ma'lumot

Solishtirma issiqlik sig'imi va mos ravishda adiabat ko'rsatgichi temperaturaga bog'liq. Past temperaturalarda faqat ilgarilanma erkinlik darajalari qo'zg'aladi. Temperatura oshishi bilan ikki aylanma erkinlik darajasi qo'zg'aladi. Va nihoyat keying temperatura oshishida molekulalarning tebranma erkinlik darajalari qo'zg'aladi. Tebranishlarda potensial va kinetik energiya mavjudligi sababli, (VI) formula bilan hisoblashda tebranma erkinlik darajasi ikki marta hisobga olinishi kerak. Qo'shimcha tebranma erkinlik darajasi natijasida, molyar issiqlik sig'imi yana bir bor universal gaz doimiysi R qiymatiga ortadi. Chiziqli molekula CO<sub>2</sub> to'rtta tebranma erkinlik darajasiga ega.

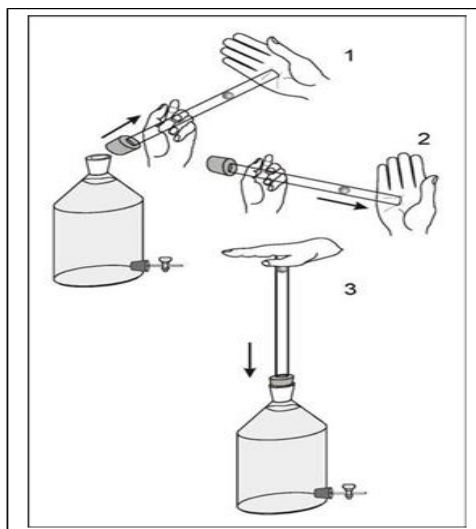
Tebranishlarning ikkita normal modasi molekulyar o'q bo'ylab va ikkita boshqasi molekulyar o'qqa perpendikulyar amalga oshadi. CO<sub>2</sub> molekulaning qayishayotgan tebranishlari xona temperaturasida qo'zg'aladi va shuning uchun xona temperaturasida hisobga olinishi kerak. Bu tajriba gazsimon CO<sub>2</sub> bilan o'tkazilishi mumkin.

Bunda zoldirni aniqlangan ossillyasiya davrining qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$T = 1.2 \text{ s}$$

va shunda  $k = 1.26$  adiabatga ko'rsatgichiga ega bo'lamiz.

Tovush to'liqlarining tarqalishi holatlarning adiabatik almashuvidir. Bosimning mahalliy o'zgarishi shunchalik tez amalga oshadiki, bunda hech qanday issiqlik almashuvi bo'lmaydi, ya'ni:  $\Delta Q = 0$ . Oqibatda adiabatga ko'rsatgichi havodagi tovush tezligi uchun Laplas tenglamasiga kiradi. (gazlarda tovush tezligi bo'yicha tajribalarga qarang).



30-rasm. Qayta tajribani boshlashning sxematik namoyishi (to'liq tajribani o'tkazish uchun foydali maslahatlarga qarang).

### Nazorat uchun savollar

1. Ishni bajarish tartibini tushuntirib bering?
2. Robert Mayyer tenglamasi
3. Adiabatik protsess.
4.  $C_p$  va  $C_v$  issiqlik sig'implari orasidagi farq
5. Puasson tenglamasi
6. Gazlar uchun  $C_p$  va  $C_v$  larni aniqlashning eksperimental metodlariga tegishli mulohazalar

## ADABIYOTLAR

1. I.S. Savelyev. Umumiy fizika kursi. 1 – tom. Mexanika., Toshkent: O‘qituvchi. 1971. 86 – 89 b.
2. S.P. Strelkov. Mexanika. Toshkent: O‘qituvchi. 1977. IX bob. 90–108 b.
3. I.K.Kikoin, A.K.Kikoin. Molekulyar fizika. Toshkent. “O‘qituvchi”. 1978.
4. D.V. Sivuxin. Umumiy fizika kursi. 1–tom. Mexanika., Toshkent: O‘qituvchi. 1981. IX bob. 133–156 b.
5. S.E. Frish, A.I. Timoreva. Umumiy fizika kursi. 1-tom. Toshkent: O‘qituvchi. 1981.
6. D.V. Sivuxin. Umumiy fizika kursi. Toshkent: «O‘qituvchi». 1981, 2-t.
7. I.V.Savelyev. Umumiy fizika kursi. 1 – tom. Toshkent: O‘qituvchi. 1984.
8. M.Ismoilov, P.Xabibullayev, M.Xaliulin “Fizika kursi” Toshkent. “O‘zbekiston”. 2000.
9. M.O‘lmasova va b. Fizikadan praktikum. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent. “O‘qituvchi”. 2000.
10. B.F.Izbosarov va I.R.Kamolov “Molekulyar fizika”. «Yurist-media markazi»
11. J.A.Tashxonova, T.Rizayev va boshqalar “Fizikadan praktikum. Mexanika va molekulyar fizika” Toshkent. “O‘zbekiston Faylasuflar milliy jamiyati”. 2006
12. J.Walker. Fundamentals of Physics N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

## MUNDARIJA

Erkin tushish-natijalar videocom bilan qayd va tahlil qilish.....	3
Gorizontol burchak ostidagi harakat.....	11
Jismlarning ilgari lama harakat qonunlarini atvud mashinasida o'rganish.....	20
Aylanayotgan jismga ta'sir qiluvchi markazdan qochma kuch markazdan qochma kuchni o'lchash qurilmasi bilan o'lchash.....	25
Qattiq jismlarni chiziqli kengayish koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligini o'lchash.....	29
Gaz qonunlarini o'rganish (Boyl-Mariott qonuni).....	35
Gaz qonunlarini o'rganish (Gey - Lyussak qonuni).....	41
Gaz qonunlarini o'rganish (Sharl qonuni) (Amonton qonuni).....	47
Richard metodi bilan havo uchun adiabata ko'rsatgichini $C_p/C_v$ aniqlash.....	53
<b>Adabiyotlar</b> .....	62

**F.M.IRMATOV**

**FIZIK PRAKTIKUM**  
**fanidan**

**USLUBIY QO‘LLANMA**

**Muharrir:** S.Normuhammedov

**Musahhih:** G.Kadirova

**Sahifalovchi:** Z.Salkinova

Guvohnoma № 14-0003, 30.04.2020

Ofset qog‘oz. Bosishga ruhsat etildi 25.12.2023

Format 60x84. Garnitura «Times New Roman».

Shartli bosma taboq 4

Adadi 100 nusxa. Buyurtma № 71

---

JDPU tahririy-nashriyot bo‘limida chop etildi.

130100, Sh.Rashidov shox ko‘chasi, 4-uy

Tel./faks: (+99872) 226-02-93

(+99893) 305-85-00