

O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIIY VA O`RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI  
ANDIJON MASHINASOZLIK INSTITUTI

**“FIZIKA VA KIMYO”**

KAFEDRASI

**“FIZIKA” (Molekulyar)**

*fanidan laboratoriya ishlarini bajarish uchun*

*Uslubiy ko'rsatma*

Andijon-2017y.

“TASDIQLAYMAN”

Andijon mashinasozlik instituti

O'quv-uslubiy Kengashida ko'rib chiqilgan va ma'qullangan

Kengash raisi \_\_\_\_\_ Q.Ermatov

(O'quv-uslubiy Kengashning № \_\_\_\_ sonli bayonnomasi)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2017 y.

“MAQULLANGAN”

“Mashinasozlik texnologiyasi” fakulteti Kengashida

muhoqama qilingan va maqullangan

Kengash raisi \_\_\_\_\_

(Fakultet Kengashining \_\_-sonli bayonnomasi)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2017 yil.

“TAVSIYA ETILGAN”

“Fizika va kimyo” kafedrasi majlisida muhoqama qilingan

va tavsiya etilgan

Kafedra mudiri \_\_\_\_\_ G.Umarova

(Kafedra majlisining № \_\_\_\_ -sonli bayonnomasi)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2017 y.

**Taqrizchilar:**

dots M.T.Xalilov – AndMI “Fizika va kimyo” kafedrasi dotsenti.

dots. M.Nosirov – ADU “Fizika” kafedrasi dotsenti.

**Tuzuvchi:** “Fizika va kimyo” kafedrasi dots. G.A.Umarova.

“Fizika va kimyo” kafedrasi assistenti X.A.Maxmudov.

Ushbu “Fizika” fanidan tayyorlangan laboratoriya ishlarini bajarishga oid uslubiy ko'rsatma barcha muxandislik yo'nalishlari bo'yicha bakalavrlar tayyorlash namunaviy va ishchi dastur asosida tuzilgan.

## MUNDARIJA

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Laboratoriya ishlarini bajarish qoidolari.....                                                                            | 4  |
| 2. Laboratoriya ishi № 1 Qattiq jismlarni chiziqli kengayish<br>koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligini o'lchash..... | 6  |
| 3. Laboratoriya ishi № 2. Suyuqliklarning hajmiy kengayish<br>koeffitsiyentini aniqlash.....                                 | 14 |
| 4. Laboratoriya ishi № 3. Suv aralashmasi temperaturasini<br>aniqlash.....                                                   | 18 |
| 5. Laboratoriya ishi № 4. Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik<br>sig'imini aniqlash.....                                 | 26 |
| 6. Laboratoriya ishi № 5 Kritik nuqtada suyuqlik-gaz fazaviy<br>o'tishni kuzatish.....                                       | 36 |
| 7. Laboratoriya ishi № 6 Richard metodi bilan havo uchun<br>adiabata ko'rsatgichini CP/CV aniqlash.....                      | 43 |
| 8. Laboratoriya ishi № 7 Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin<br>issiqligini aniqlash.....                               | 54 |
| 9. Laboratoriya ishi № 8. Havodagi tovush tezligini haroratga<br>bog'liqligini o'rganish.....                                | 63 |

## Kirish

Davlat ta'lim standartlari hamda fizika fanidan namunaviy dasturlarda fizika fanidan ma'ruza, amaliy va laboratoriya mashg'ulotlari nazarda tutilgan.

Davlat ta'lim standartlari va fizika fanidan namunaviy dasturga asosan ishchi dasturlar ishlab chiqilib kafedra yig'ilishida tasdiqlanadi.

Talabalar ma'ruza darslarida nazariy bilimni olib amaliy mashg'ulotlarda mavzu bo'yicha masalalar ishlaydi va bilimlarini laboratoriya ishlarida qo'llab, modellarda bajaradilar.

Fizikadan laboratoriya mashg'ulotlarini o'tkazishda o'ziga xos talablar mavjud. Masalan birinchi laboratoriya mashg'ulotida talabalarni laboratoriya nomi, fizika fanini qaysi qismiga mo'ljallanganligi, bu laboratoriyada nechta va qanday laboratoriya ishlari borligi, ishlarning mazmuni va asbob uskunalar, tajriba qurilmalari bilan tanishtiriladi.

Shu darsni o'zida tajriba qurilmalari bilan ishlashda texnika xavfsizligiga rioya qilish to'g'risida ko'rsatmalar beriladi. Keyin talabalarga kelgusi mashg'ulotda bajarilishi mumkin bo'lgan laboratoriya ishlari taqsimlab beriladi.

Talaba laboratoriya ishini olib, kelgusi mashg'ulotgacha uslubiy qo'llanmalardan foydalanib laboratoriya daftariga ish bajarish bayonnomasini yozib, qanday ishni bajarishi kerak bo'lsa, shu ish bo'yicha aniq tasavvurga ega bo'lib, tayyorlanib keladi.

Ikkinchi mashg'ulotda talabalar texnika xavfsizligiga qat'iy rioya qilish to'g'risidagi ko'rsatmaga amal qilishi va bajarishi to'g'risida maxsus jurnalga qo'l qo'yib va nihoyat ishni bajarishga kirishadilar. Laboratoriya mashg'uloti 10-12 kishidan iborat yarim guruh bilan o'tkaziladi.

### **Laboratoriya ishlarini bajarish tartibi va qo'yiladigan talablar:**

1. Har bir talabada bajariladigan ish bayonnomasi yozilgan daftar bo'lishi shart.
2. Talaba bajariladigan ishni maqsadi va ishni bajarish to'g'risida tasavvurga ega bo'lishi lozim.
3. O'qituvchi yoki laborant yordamida ish bajarishga kirishadi.
4. Zarur tajriba natijalarini olib, hisob kitoblarni bajarib, jadvallarni to'ldirib, zarur grafiklarni chizadi.
5. Keyingi mashg'ulotda bajarilgan ish to'g'risida hisobotni topshiradi va yangi laboratoriya ishini bajarishga kirishadi.

## **LABORATORIYA ISHLARINI BAJARISHDA TEXNIKA XAVFSIZLIGI QOIDALARI**

Elektr qurilmalarini tuzilish qoidalariga asosan binolar ichida joylashtirilgan elektr laboratoriyasida elektr tokidan shikastlanmastlik uchun kuchlanish 42V gacha bo'lsa xavfsiz hisoblanadi.

Inson tanasining elektr qarshiligi asosan teri qismini qarshiligidan iborat bo'lib taxminan 200-500 kOm bo'ladi. Terini namlanishi yoki shikastlanishi natijasida elektr qarshiligi 600-800 Om gacha kamayadi. Shunday qilib kishi tanasi orqali yuqorida ko'rsatilgan kuchlanishda 0,1-0,3mA tok o'tadi. Tana orqali 50 mA tok o'tganda kishi shikastlanadi. Agar 100 mA tok o'tsa o'lishi mumkin. Shuni eslatib o'tish kerakki hatto 50 mA gacha tok o'tganda ham kishi qo'llari tortishib qoladi va agar u tokni ushlagan bo'lsa ajratib olish imkoni bo'lmaydi.

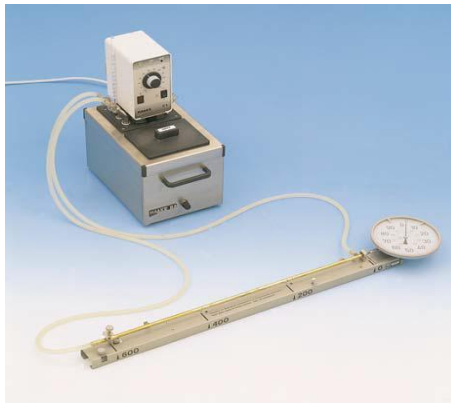
Laboratoriyada 220V kuchlanishdan foydalanishga to'g'ri keladi. Shuning uchun xavfsizlikni ta'minlash asosiy ahamiyat talab qiladi.

Asosiy texnika xavfsizligi qoidalari:

1. Elektr zanjirini yig'ishdan avval tokni ulovchi simlar o'chirilgan holda ekanligiga ishonch hosil qilish.
2. Klemmalari ishdan chiqqan pribor yoki apparatlarda izolyatsiya buzilgan simlardan, reostatlardan, patronlardan, kalitlardan foydalanishga yo'l qo'yilmaydi.
3. Kondensatorni elektr zanjiriga ulashdan avval uni razryadlash kerak, buning uchun klemmalarni qisqa o'tkazgich bilan tutashtiriladi.
4. Yig'ilgan elektr zanjirini o'qituvchi tekshirgandan so'ng uni ruxsati bilan tarmoqqa ulanadi. Tarmoqqa ulashdan oldin simlarni ochiq qimslarni hech kim tegmayotganiga ishonch hosil qiling.
5. Har qanday almashinib ulash ishlari zanjirni tarmoqdan uzilgan holda bajariladi. Elektr zanjirdagi xar qanday o'zgarish qilinganda o'qituvchi tomonidan tekshirilganidan so'ng elektr tarmog'iga ulanadi.
6. Laboratoriyada bosh taqsimlash shitida almashlab ulash ishlari studentlarga ruxsat berilmaydi. Elektrodvigatel bilan ishlaganda aylanuvchi qismlarga kiyim qismlari, soch tegib qolishidan extiyot bo'lish kerak.
7. Ish davomida agar qandaydir buzilish natijasida tutun chiqsa yoki qismlar qizisa darxol elektr tarmog'idan ajratib hodisa xaqida o'qituvchi xabar qilish kerak.
8. Mabodo kimdir kuchlanish ostida bo'lsa uni ushlab tokdan ajratishga urinmaslik kerak, chunki sizni ham shikastlaydi. Bunda darhol tarmoqdan elektr zanjirni ajratish kerak va o'qituvchiga xabar qilish kerak. Studentlarga ushbu qoidalarni o'tgandan so'ng laboratoriya ishiga ruxsat beriladi va alohida daftarga qayd etiladi

**1-laboratoriya ishi.**  
**Qattiq jismlarni chiziqli kengayish koefitsiyentining temperaturaga bog'liqligini o'lchash.**

**Tajriba qurilmasi**



**Ishning maqsadi:**

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

**Nazariy ma'lumotlar**

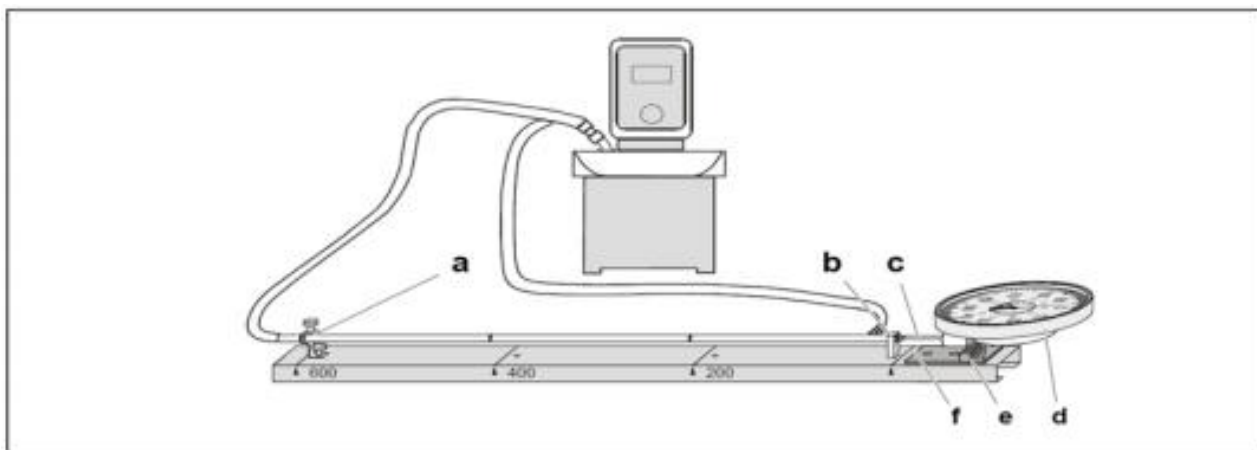
Qattiq jismning uzunligi  $s$  temperaturaga  $\vartheta$  chiziqli bog'liq:

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

bu yerda  $s_0$  – xona temperaturasidagi uzunlik,  $\vartheta$  –  $^{\circ}\text{C}$  dagi temperatura.

Qattiq jismlarning chiziqli kengayish koefitsiyenti  $\alpha$ , 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 milimetrli 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.



Kerakli asbob va ashyolar:

- 1 Bo'ylama kengayishni o'rganish uchun asbobD
- 1 Siferblatli indikator, 10 mm
- 1 Siferblatli indikatorni tutgich
- 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.

- Siferblatli indikatorni 381 36 (e) tutgichdagi vintni burang (tafsilotlar uchun kengaytiruvchi apparat instruksiyasidan 381 341 foydalaning) va siferblatli indikatorni 361 15 (d) o'z o'rniga o'rnatib.
- Kengaytiruvchi apparatning qo'zg'almas tayanchini (a) 600 belgisiga o'rnatib va latun quvurning ochiq uchini qo'zg'almas tayanchga kiritib, bir tekis siljiting.
- Latun quvurning yopiq uchini biriktiruvchi quvur qismini yo'naltirgichga (b) shunday bir tekis siljitingki qisqa quvur (f) pastga qarasin.
- Latun quvurni qo'zg'almas tayanchga mustahkamlash uchun vintni burab qotiring (vint quvurdagi xalqasimon o'yiqa kirishi kerak).
- Kengayuvchi qismni o'rnatib (c) (siferblatli indikator 361 instruksiyasining mos varag'iga qarang)

- Sirkulyasion termostatni ishga tayyorlang va uni ulang. To'liqroq bayonnoma tafsilotlari uchun, 666 768 instruksiyaning mos varag'iga murojat qiling.

Diqqat: Sirkulyasion termostatdan 666 768 foydalanishdan oldin uning instruksiyasini diqqat bilan o'qib chiqing.

- Sirkulyasion termostat vannasini distillangan suv bilan to'ldiring.
- Asbobni silikonli quvurlar yordamida sirkulyasion termostatga ulang, ya'ni latun quvurning ochiq uchini va qisqa quvurni (f) termostat nasosining qisqa quvuriga biriktiring
- Suv vannasining temperaturasini 9 o'lchash uchun termometrdan 382 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 bo'yicha maslahatlarga amal qiling.
- Shisha trubka bilan ishlaganingizda, apparatning bayonida keltirilgan instruksiyalarga amal qiling.

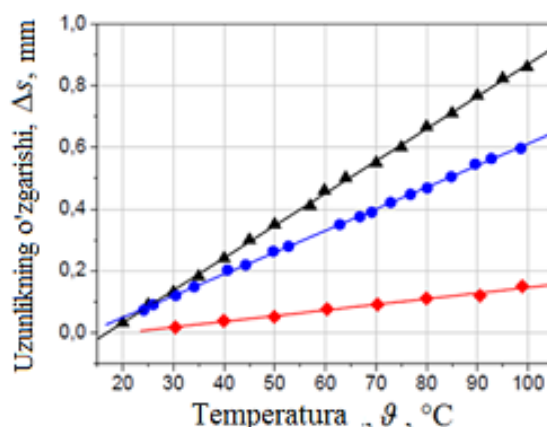
**Tajribani o'tkazish tartibi**

- Nolni o'rnatish uchun siferblatli indikatorning korpusini buring.
- Boshlang'ich temperaturani o'lchang, ya'ni xona temperaturasini  $\vartheta_0$ .
- Sirkulyasion termostatni ulang va uning temperaturasini  $\vartheta_0$  ga nisbatan  $5^{\circ}\text{C}$  ga kattaroq qilib o'rnatib.
- Toki termodinamik muvozanat o'rnatilmaguncha kuting.
- Temperaturani  $\vartheta$  o'lchang.
- Siferblatli indikatorning ko'rsatishini 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 (a) 600 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 1. Temperaturaning  $\vartheta$  funksiyasi sifatida uzunlikni o'lchangan o'zgarish qiymatlari  $\Delta s$

| Latun                       |                       | Po'lat                      |                       | Shisha                      |                       |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| $\vartheta, ^\circ\text{C}$ | $\Delta s, \text{mm}$ | $\vartheta, ^\circ\text{C}$ | $\Delta s, \text{mm}$ | $\vartheta, ^\circ\text{C}$ | $\Delta s, \text{mm}$ |
| 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                  | -                           | -                     |



2-rasm. Temperatura  $\vartheta$  funksiyasi sifatida uzunlikning o'zgarishi  $\Delta s$ : latun (▲), po'lat (•), shisha (◆). 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:

$$S - S_0 = S_0 \alpha \cdot \vartheta$$

$$\Delta S = k \vartheta$$

bu yerda  $k = s_0 \cdot \alpha$ . (II) tenglamani o'lchangan natijalar bo'yicha chiziqli approksimasiyasi beradi  $\alpha$  (2-rasm).  
Natijalar jadval 2 da keltirilgan.

| Material | $\Delta s$ ,<br>mm | Tajriba, $\alpha$ ,<br>$K^{-1}$ | Adabiyotdagi<br>natijalar, $\alpha$ , $K^{-1}$ |
|----------|--------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|
| 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                | $3.1 \cdot 10^{-6}$             | $3 \cdot 10^{-6}$                              |

Qo'shimcha ma'lumot

Qo'shimcha, issiqlikdan chiziqli kengayish quvurning to'liq uzunligi  $s_0$  funksiyasi sifatida o'lchanishi mumkin. Issiqlikdan chiziqli kengayishni temperature farqiga  $\Delta \vartheta = \vartheta_1 - \vartheta_0$  bog'liqligini aniqlashning tajriba tartibi P2.1.1.2. instruksiyada keltirilgan.

## Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyentini aniqlash.

### Tajriba qurilmasi



### Ishning maqsadi

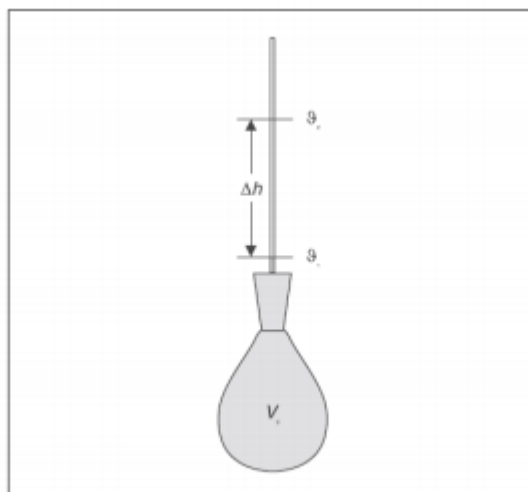
- Dilatometrning hajmini  $V_0$  aniqlash.
- Suvni va etanolni hajmlarining kengayishini temperaturaning funksiyasi sifatida o'lchash va ularning hajmiy kengayish koeffitsiyentlarini  $\gamma$  aniqlash.
- Suv bilan etanolning hajmiy kengayish koeffitsiyentlarini taqqoslash.

### Nazariy ma'lumotlar.

Agar idish ichidagi  $V_0$  hajmga ega suyuqlikning temperaturasi  $\vartheta$ ,  $\Delta\vartheta$  ga o'zgarsa, qattiq jismda kuzatiladigandek, uning hajmi  $\Delta V_0$  ga o'zgaradi.

$$\Delta V_0 = \gamma \times V_0 \times \Delta\vartheta \quad (I).$$

Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyentini aniqlash.



Amalda hajmiy kengayish ko'ffisiyenti  $\gamma$  suyuqlikning temperaturasiga  $\theta$  bog'liq emas, ammo suyuqlikning turiga bog'liq. Umuman olganda suyuqliklar odatda, qattiq jismlarga nisbatan ko'proq kengayadi. Hajmiy kengayish ko'ffisiyenti dilatometr yordamida aniqlanishi mumkin.

Dilatometr tor bo'g'izli shisha kolba bo'lib, uning ustki tomonidan, radiusi  $r$  ma'lum bo'lgan ochiq kapillyar mahkamlanadi. Kapillyardagi suyuqlikning sathi  $h$ , uning yon tomoniga chizib qo'yilgan milimetrli shkala bo'yicha aniqlanadi. Shisha kolba suvli vannada bir tekis qizdirilsa, suyuqlikning hajmi kengayishi evaziga kapillyardagi suyuqlikning sathi ko'tariladi. Suyuqlik sathining o'zgarishi  $\Delta h$  hajmning o'zgarishiga mos keladi, ya'ni

$$\Delta V = \pi \times r^2 \times \Delta h, \quad (\text{II})$$

bu yerda  $r = (1.5 \pm 0.08) \text{ mm}$ .

Ammo, bundan tashqari qizishda dilatometrni o'zining ham kengayishini hisobga olish kerak. Bunday kengayish suyuqlik sathining o'zgarishiga to'sqinlik qiladi. Shunday qilib, suyuqlik hajmining o'zgarishini quyidagidan aniqlash mumkin:

$$\Delta V_0 = \Delta V + \Delta V_D, \quad (\text{III})$$

bu yerda  $\Delta V_D$  dilatometr hajmining o'zgarishi bo'lib, u quyidagidan aniqlanadi:

$\Delta V_D = \gamma_D \times V_0 \times \Delta \theta$ , (IV) bu yerda  $\gamma_D = 0.84 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  (I), (III), va (IV) formulalardan foydalanib, suyuqlikning hajmiy kengayish ko'ffisiyentini aniqlash formulasini keltirib chiqarish mumkin:

$$\gamma = (1/V_0) \times (\Delta V / \Delta \theta) + \gamma_D$$

Kerakli asboblari va ashyolar

1 dilatometr .

1 termometr, 10 dan 110°C gacha

1 NiCr-Ni temperatura datchigi

1 Yakka kirishli raqamli termometr

- 1 O'quv laboratoriya tarozisi 311
- 1 Diametri  $d = 150 \text{ mm}$  va quvvati  $1500 \text{ W}$  bo'lgan qizdirgich
- 1 Mustahkam shishadan tayyorlangan, hajmi  $400 \text{ ml}$  bo'lgan menzurka
- 1 V shaklidagi shtativ asosi.
- 1 Uzunligi  $47 \text{ sm}$  bo'lgan shtativ ustuni
- 2 Multi qisgich Leybold.
- 2 Diametri  $0 \div 80 \text{ mm}$  bo'lgan universal qisgichlar
- 1 Etanol, denaturat,  $1 \text{ l.}$  distillangan yoki tuzsizlantirilgan suv

Dilatometning  $V_0$  hajmini ham aniqlash kerak bo'ladi. U quyidagicha aniqlanadi: oldin bo'sh quruq dilatometrning massasi  $m_1$  o'lchanadi, shundan so'ng ochiq kapillyarning pastki belgisigacha suv bilan to'ldirilgan dilatometrning massasi  $m_2$  o'lchanadi. Turli temperaturalar uchun suv zichliklari keltirilgan jadvaldan (jad.1 ga qarang) foydalangan holda, dilatometrning hajmi quyidagi formuladan topiladi:

$$V_0 = (m_2 - m_1)/\rho. \text{ (VI)}$$

Jadval 1. Toza suv zichligining  $\rho$  temperaturaga bog'liq  $\vartheta$  funksiyasi sifatida adabiyotlarda keltirilgan natijalar

| $\vartheta$ | $\rho,$<br>$\text{g} \cdot \text{sm}^3$ | $\vartheta$ | $\rho,$<br>$\text{g} \cdot \text{sm}^3$ |
|-------------|-----------------------------------------|-------------|-----------------------------------------|
| 15 °C       | 0.999099                                | 23 °C       | 0.997540                                |
| 16 °C       | 0.998943                                | 24 °C       | 0.997299                                |
| 17 °C       | 0.998775                                | 25 °C       | 0.997047                                |
| 18 °C       | 0.998596                                | 26 °C       | 0.996785                                |
| 19 °C       | 0.998406                                | 27 °C       | 0.996515                                |
| 20 °C       | 0.998205                                | 28 °C       | 0.996235                                |
| 21 °C       | 0.997994                                | 29 °C       | 0.995946                                |
| 22 °C       | 0.997772                                | 30 °C       | 0.995649                                |

Laboratoriya qurilmasi va tajribalarni o'tkazish tartibi

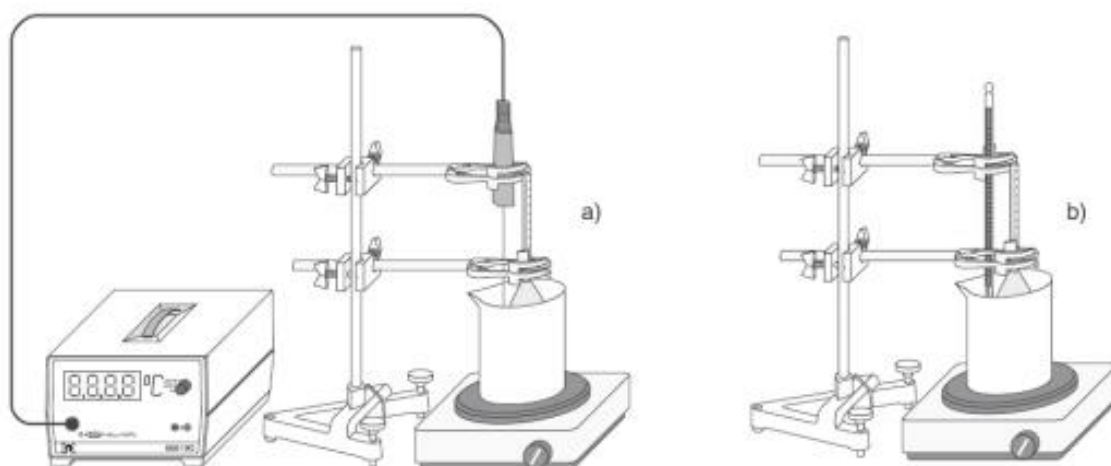
Eslatmalar:

Turli kuchlanganlikli kapillyar kuchlar ta'siri tufayli suyuqlik sathini h o'lchashda anchagina xatoliklarga yo'l qo'yilishi mumkin. Ulardan xoli bo'lish uchun kapillyarni toza tuting va zururiyat tug'ilganda uni mos tozalovchi eritmalar bilan tozalang va shundan so'ng uni distillangan suv bilan chaying.

a) Dilatometrni kalibrlash:

- Bo'sh dilatometrning massasini  $m_1$  aniqlang.
- Kolbani ochiq tomonidan uchdan birigacha suv soling.

- Suv pufakchalaridan xoli bo'lish uchun, kapillyar trubkani mahkamlamasdan oldin, dilatometrni suv vannasida qaynash temperaturasigacha qizdiring.
  - Suv vannasini xona haroratigacha sovushini kuting; shundan so'ng zurur bo'lgan sathgacha yana suyuqlik quyib to'ldiring. Temperaturani  $\theta$  qayd qiling.
  - Kapillyar trubkani o'z joyiga o'rnatib. Trubkaning ochiq tomoniga barmog'ingizni bosib, kapillyar trubkani chiqarib oling va suyuqlikning sizishiga yo'l qo'ying.
  - Kolbadagi kapillyarni o'zgartiring, dilatometrni quriting va suv bilan to'ldirilgan dilatometrning massasini  $m_2$  o'lchang.
- b) Suv va etanol hajmlarining kengayishini o'lchash.
- Diqqat: Qizdirgich o'chirilganidan keyin ham suyuqlikning qandaydir vaqt mobaynida qizishi davom etadi va shu sababli suyuqlik dilatometrda toshib ketishi mumkin. Ayniqsa, kolba etanol bilan to'ldirilgan holatda ishlaganingizda, etanol toshib ketishining oldini olish uchun, qizdirgichni ancha ilgari o'chiring. Tajriba qurilmasi 1-rasmda tasvirlangan.
- Dilatometrni qiziyotgan suvli vannaga shunday tushirikki, kapillyar trubka vannadagi suv sathidan chiqib tursin.
  - Qizdirgichni eng quyi qadam bilan o'zgaradigan pog'onada ulang va dilatometrda suyuqlikning sathi shkaladagi eng yuqoridagi belgiga yetganda uni o'chiring.
  - Suyuqlikning sathi o'zining maksimumiga yetguncha kuting va shundan so'ng suvli vannaning taxminan 1-2 K ga sovushiga yo'l bering.
  - Keyin suvli vannaning sovushi davom etishiga yo'l berib, kapillyar trubkadagi suv sathini  $h$  temperature funksiyasi sifatida aniqlang (2-jadvalga qarang),



1-rasm. Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyentini aniqlash uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi.

a) temperatura datchigidan foydalanilganda; b) termometrdan foydalanilganda

- Keyinchalik, to'liq quritilgan dilatometrni etanol bilan to'ldiring va uni suvli vannada qizdirib, suyuqlik sathini  $h$

temperatura funksiyasi sifatida o'lchashni takrorlang (3-jadvalga qarang).

Tajriba namunasi

a) Dilatometrni kalibrlash:

$m_1 = 31.29 \text{ g}$

$m_2 = 88.01 \text{ g}$

$\vartheta = 22^\circ \text{ C}$

b) Suv bilan etanolning hajmiy kengayishlarini o'lchash: Baholash va natijalar

Jadval 2. Toza suv sathi  $h$  temperatura  $\vartheta$  funksiyasi sifatida

| $\vartheta$ | $\frac{h}{\text{sm}}$ | $\vartheta$ | $\frac{h}{\text{sm}}$ |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| 60 °C       | 9.5                   | 45 °C       | 4.25                  |
| 59 °C       | 9.3                   | 44 °C       | 3.9                   |
| 58 °C       | 8.9                   | 43 °C       | 3.55                  |
| 57 °C       | 8.6                   | 42 °C       | 3.2                   |
| 56 °C       | 8.2                   | 41 °C       | 2.9                   |
| 55 °C       | 7.85                  | 40 °C       | 2.6                   |
| 54 °C       | 7.5                   | 39 °C       | 2.3                   |
| 53 °C       | 7.1                   | 38 °C       | 2.0                   |
| 52 °C       | 6.75                  | 37 °C       | 1.7                   |
| 51 °C       | 6.4                   | 36 °C       | 1.4                   |
| 50 °C       | 6.0                   | 35 °C       | 1.1                   |
| 49 °C       | 5.7                   | 34 °C       | 0.8                   |

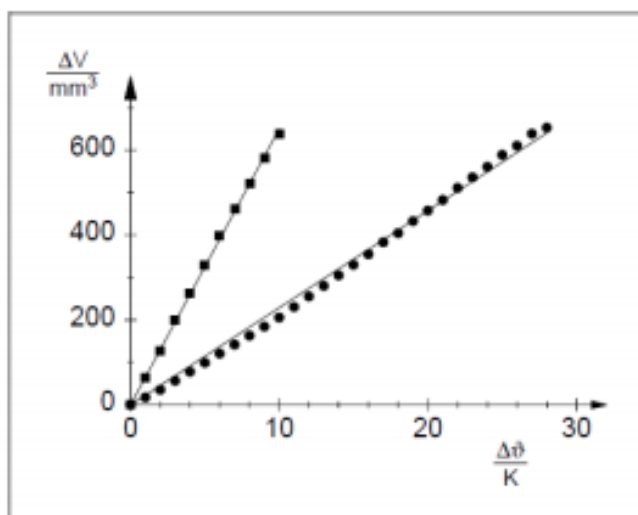
Jadval 3. Etanol sathi  $h$  temperatura  $\vartheta$  funksiyasi sifatida

| $\vartheta$ | $\frac{h}{\text{sm}}$ | $\vartheta$ | $\frac{h}{\text{sm}}$ |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| 38 °C       | 9.9                   | 32 °C       | 4.6                   |
| 37 °C       | 9.1                   | 31 °C       | 3.7                   |
| 36 °C       | 8.25                  | 30 °C       | 2.7                   |
| 35 °C       | 7.4                   | 29 °C       | 1.8                   |
| 34 °C       | 6.5                   | 28 °C       | 0.9                   |
| 33 °C       | 5.55                  |             |                       |

a) Dilatometrni kalibrlash: massalar farqi:  $m_2 - m_1 = 56.72 \text{ g}$

$\vartheta = 22^\circ \text{ C}$  dagi zichlik  $\rho = 0.9978 \text{ g/sm}^3$  ga teng(1-jadvaldan) (VI) ifodadan  $V_0 = 56.85 \text{ cm}^3$  ekanligini aniqlaymiz.

b) Suv bilan etanolning hajmiy kengayishlarini o'lchash:



2-rasm. Suv hajmining  $\Delta V$  (doiralalar) va etanol hajmining (to'rtburchaklar) temperaturalar farqi  $\Delta\theta$  funksiyasi sifatida issiqlikdan kengayishi.

2-rasmda  $\Delta h = h - h_0$  sathning o'zgarishi

bo'yicha (II) formula bilan hisoblangan, suyuqlik

hajmining o'zgarishini  $\Delta V$  temperaturalar farqi  $\Delta\theta = \theta - \theta_0$  funksiyasi sifatidagi bog'lanish grafiklari keltirilgan (

mos ravishda  $\theta_0 = 32^\circ\text{C}$  suv uchun va  $28^\circ\text{C}$  etanol uchun, 2 va 3-jadvallarni taqqoslang). Suv uchun koordinata boshidagi nuqtadan o'tgan to'g'ri chiziq

og'masi  $\Delta V/\Delta\theta = 22.9 \text{ mm}^3/\text{K}$  va etanol uchun esa to'g'ri chiziq og'masi

$\Delta V/\Delta\theta = 65.0 \text{ mm}^3/\text{K}$ . (V) formuladan foydalanib, suv va etanol uchun hajmiy

kengayish koeffitsiyentlarini topish mumkin:  $\gamma = 4.9 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  (suv),

$\gamma = 12.3 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  (etanol).

Suv holida o'lchangan qiymatlarda chiziqli o'zgarishdan sistematik chetlanishlar mavjud. Suvning hajmiy kengayish koeffitsiyenti doimiy emas va u tajribada ko'rsatilganidek, temperatura  $30^\circ\text{C}$  dan  $60^\circ\text{C}$  ga ortganda oshadi.

Etanolning hajmiy kengayish koeffitsiyenti suvnikiga nisbatan ancha katta. Temperaturalarning keng ko'lamida bu koeffitsiyent o'zgarmaganligi tufayli, etanoldan termometrlar uchun suyuqlik sifatida foydalanish mumkin.

Qo'shimcha eslatmalar:

Suvning issiqlik anomaliyasi, ya'ni  $0^\circ\text{C}$  dan  $4^\circ\text{C}$  gacha oraliqda suv hajmining kamayishi P2.1.3.1 tajribada o'rganiladi.

## Suv aralashmasi temperaturasi aniqlash.

### Ishning maqsadi

- Temperaturali  $\vartheta_1$  va  $\vartheta_2$  bo'lgan,  $m_1$  va  $m_2$  massali suv miqdorlarini kalorimetrdagi aralashtirish va aralashmaning temperaturasi  $\vartheta_n$  aniqlash

### Tajriba qurilmasi



Agar turli temperaturali ikki modda bir biriga tutashtirilsa, issiqlik almashinuvi jarayonidan keyin bu moddalar orasidagi temperaturalar farqi nolga teng bo'ladi. Aralashmaning temperaturasi aniqlash uchun quyidagi qoida qo'llaniladi: bu yerda  $s_1$  va  $s_2$ , mos ravishda modda1 va modda2 larning solishtirma issiqlik sig'implari;  $m_1$  va  $m_2$  ularning massalari;  $\vartheta_1$  va  $\vartheta_2$  mos ravishda ularning temperaturasi,  $\vartheta_n$  esa aralashmaning umumiy temperaturasi. Turli temperaturali moddalarni aralashtirish bo'yicha tajribalarda issiq jismdan berilgan issiqlik miqdori, sovuq jism olgan issiqlik miqdoriga teng. Ko'rilayotgan holda, issiq suv bergan issiqlik miqdori  $Q_1$ , sovuq suv olgan issiqlik miqdoriga  $Q_2$  teng, ya'ni  $Q_1 = Q_2$ . Agar suvning solishtirma issiqlik sig'imi  $s_v$  ma'lum bo'lsa, unda turli massali suv aralashmasining temperaturasi (1) formula yordamida quyidagi formula bo'yicha hisoblanishi mumkin:

$sV = s_1 = s_2$ ,  $sV = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ,

$$v_n = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} \quad (2)$$

Kerakli asboblari va ashyolar

1 Dyuridish g'ilofi.

1 Kalorimetr Dyuridishi.

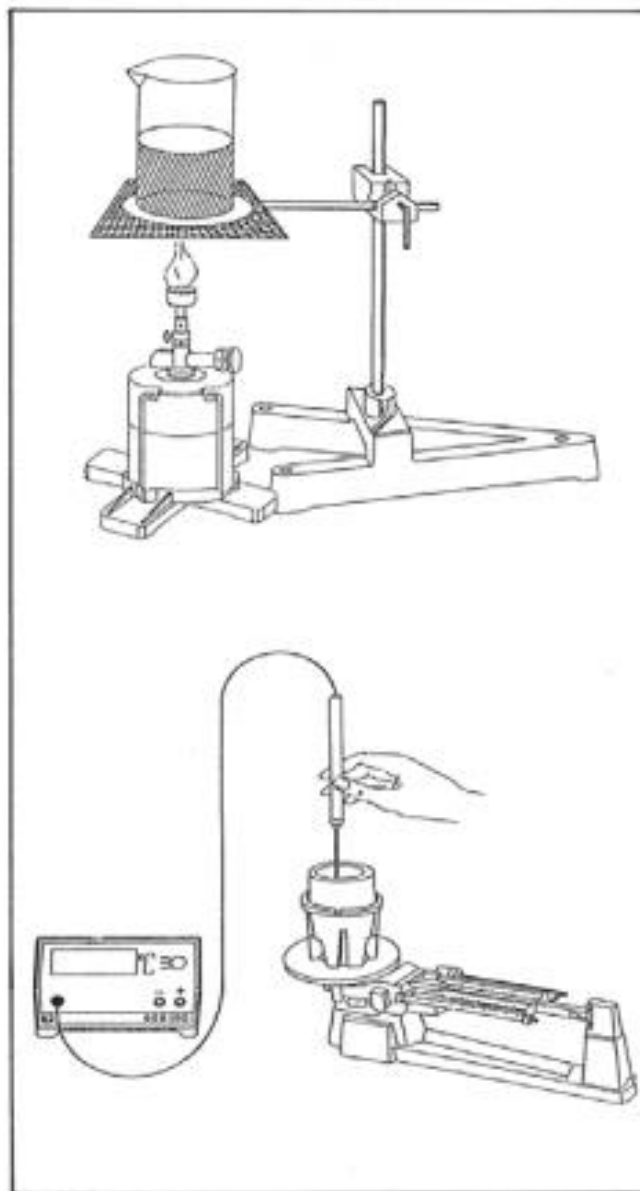
1 O'quv laboratoriya torozisi 610 posangi torozi toshlari bilan

2 Menzurka DURAN (DURAN), 400 ml, keng

1 Taymerl

1 Elektroplitka  
(a)versiya bo'yicha o'lchash  
1 Termometr, -10 dan +110 °C/0.2 K gacha  
yoki (b)versiya bo'yicha o'lchash  
1 Bir kirishli raqamli termometr  
1 Temperatura datchigi, tip NiCr-Ni, 1.5 mm.  
yoki (s)versiya bo'yicha o'lchash  
1 Mobil SASSU (CASSY)  
1 NiCr-Ni adapter S, Tip K  
1 Temperatura datchigi, tip NiCr-Ni, 1.5 mm,

### Tajriba qurilmasi



**Tajribani o'tkazish tartibi:**

Dyuar idishini toroziga qo'ying va uni bo'sh holatda torting. Unga temperaturasi  $60^0$  C gacha qizdirilgan,  $m_2 = 0,1$  kg massali suv quyding. Oldin sovuq suvning temperaturasi  $\vartheta_1$  aniqlang va keyin kalorimetr ichidagi suvning temperaturasi  $\vartheta_2$  aniqlang. Kalorimetrga  $m_1 = 0,15$  kg massali sovuq suv qo'shing. Aralashtiring va aralashmaning temperaturasi  $\vartheta_n$  o'lchang. Tajribani sovuq suv va issiq suv massalarining boshqa nisbatlari uchun qaytaring.

**Tajriba namunasi:**

|                                                       |                    |      |       |      |
|-------------------------------------------------------|--------------------|------|-------|------|
| Suv massasi $m_1$                                     | kg                 | 0,1  | 0,125 | 0,15 |
| Suv massasi $m_2$                                     | kg                 | 0,15 | 0,125 | 0,1  |
| $m_1$ massali suvning temperaturasi $\vartheta_1$     | $^{\circ}\text{C}$ | 22,6 | 22,8  | 23,0 |
| $m_2$ massali suvning temperaturasi $\vartheta_2$     | $^{\circ}\text{C}$ | 67,0 | 69,2  | 64,0 |
| Aralashmaning o'lchangan temperaturasi $\vartheta_n$  | $^{\circ}\text{C}$ | 48,4 | 43,4  | 38,8 |
| Aralashmaning hisoblangan temperaturasi $\vartheta_n$ | $^{\circ}\text{C}$ | 49,2 | 46,0  | 39,4 |

**Natijalar va ularning tahlili:**

Aralashmaning temperatura qiymati suvning boshlang'ich temperaturalari oralig'ida yotadi. Aralashmaning hisoblangan va o'lchangan temperaturalari jadval 1 da keltirilgan. Jadval 1 dan ko'rinib turibdiki, temperaturalarning qiymatlari tajriba xatoliklari chegarasida yaxshi mos keladi.

## Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash.

### Tajriba qurilmasi



### Ishning maqsadi

- Qizdirilgan mis, qo'rg'oshin va shishani sovuq suv bilan aralashtirish va aralashmaning temperaturasi o'lchash.
- Mis, qo'rg'oshin va shishaning issiqlik sig'imini aniqlash.

### Nazariy ma'lumotlar.

Jism qizishida yoki sovushida yutilgan yoki ajralgan issiqlik miqdori  $\Delta Q$  temperaturaning o'zgarishiga  $\Delta T$  va massaga  $m$  proporsional:

$$\Delta Q = cm \cdot \Delta \theta \quad (I).$$

Bu yerda proporsionallik koeffitsiyenti  $c$  – jismning solishtirma issiqlik sig'imi deyiladi va uning qiymati materialning turiga bog'liq.

Mazkur tajribada pitra shaklidagi turli materiallarning solishtirma issiqlik sig'imi koeffitsiyenti aniqlanadi. Har bir hol uchun pitralar torozida tortiladi va  $\theta_1$  temperaturagacha qizdiriladi, keyin massasi torozida tortib aniqlangan  $\theta_2$  temperaturali suv quyiladi. Yaxshi aralashgandan keyin issiqlik almashinuvi evaziga pitra bilan suv umumiy temperaturaga erishadi  $\theta_m$ . Bunda pitradan ajralgan issiqlik miqdori  $\Delta Q_1$

$$\Delta Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot (\theta_1 - \theta_m) \quad (II),$$

(bu yerda  $m_1$  pitra massasi,  $c_1$ - pitraning solishtirma issiqlik sig'imi) suv yutgan issiqlik miqdoriga  $\Delta Q_2$  teng

$$\Delta Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot (\theta_m - \theta_2) \quad (III),$$

bu yerda  $m_2$  – suv massasi. Bu yerda suvning solishtirma issiqlik sig'imi koeffitsiyenti  $c_2$  aniq, temperaturasi esa bug' temperaturasi teng deb faraz qilinadi. No'malum  $c_1$  ning qiymati o'lchangan  $\vartheta_m$ ,  $\vartheta_2$ ,  $m_1$  va  $m_2$  ning qiymatlari bo'yicha quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$c_1 = c_2 \cdot \frac{m_2(v_m - v_2)}{m_1(v_1 - v_m)} \quad (IV)$$

Kalorimetrning idishi ham pitradan ajralgan issiqlikning bir qismini yutadi. Demak, kalorimetrning issiqlik sig'imi quyidagiga teng bo'ladi

$$C_K = C_2 \cdot m_k \quad (V)$$

Shunday qilib, kalorimetr idishining suv ekvivalenti  $m_K$  hisoblashlarda hisobga olinadi. (III) formula bilan hisoblangan yutilgan issiqlikning miqdori ancha aniqroq hisoblanadi

$$\Delta Q_2 = c_2 \cdot (m_2 + m_k) \cdot (\vartheta_m - \vartheta_2) \quad (VI),$$

va uni hisobga olgan holdagi (IV) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$c_1 = c_2 \cdot \frac{(m_2 + m_k)(v_m - v_2)}{m_1(v_1 - v_m)}$$

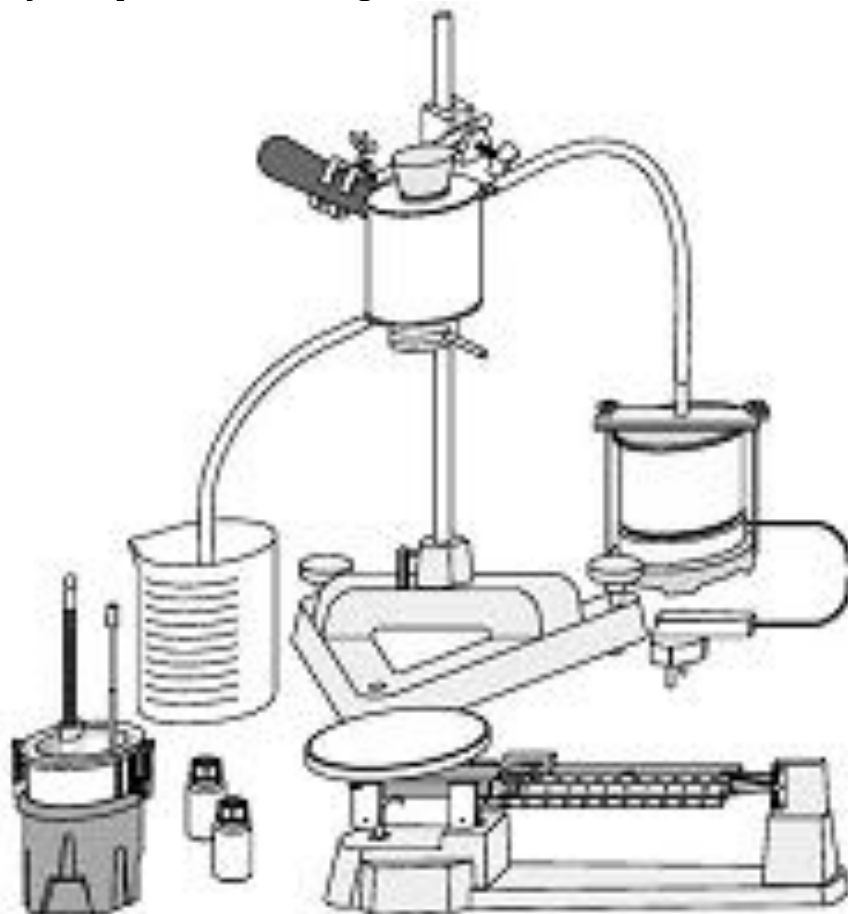
### **Kerakli asboblari va ashyolar**

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| 1 Dyuar idishi                                |
| 1 Dyuar idishi g'ilofi                        |
| 1 mis pitra, 200 g                            |
| 1 shisha pitra, 100 g                         |
| 1 qo'rg'oshin pitra, 200 g                    |
| 1 o'quv laboratoriya torozisi 610 Tare, 610 g |
| 1 termometr -10 °C dan +110 °C gacha          |
| 1 NiCr-Ni temperatura datchigi                |
| 1 raqamli termometr                           |
| 1 Bug' generatori, 550 Vt / 220 V             |
| 1 Qizdirish apparati                          |
| 1 menzurka, 400 ml                            |
| 1 V-shaklsimon shtativ asosi, 20 sm           |
| 1 shtativ ustuni 47 sm                        |
| 1 multi tutgichlar Leybold                    |
| 1 Universal tutgich, diametri 0...80 mm       |

1 Silikon quvurlar, ichki diam.  $7 \times 1.5$  mm, 1 m.  
1 bir juft issiqlikka chidamli qo'lqop

### **Tajriba qurilmasi va tajribani o'tkazish tartibi**

1-rasmda tajriba qurilmasi keltirilgan.



1-rasm. Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash uchun tajriba qurilmasi.

- Qizdirgichni shtativga o'rnatish.
- Bug' generatorini suv bilan to'ldiring va ehtiyotlik bilan qurilmani berkiting va uni silikon quvur yordamida qizdirgichning yuqorisidagi (bug' kirishi) shlangli birikmaga ulang.
- Silikon quvurni qizdirgichning pastidagi shlangli birikmaga (bug'ning chiqishi) ulang va quvurning ikkinchi uchini menzurkaga soling. Barcha birikmalarda silikon quvurlar ishonchli mahkamlaganini ko'zdan kechiring.
- Qizdirgichning namunalar kamerasini qo'rg'oshin pitrasi bilan to'ldiring va imkoni boricha uni stopor bilan zich qilib berkiting.
- Bug' generatorini elektr tarmoqqa ulang, shundan keyin esa qizdirgichdagi pitralarni ular orqali bug' o'tkazib 20-25 vaqt davomida qizdiring.

- Bo'sh Dyuar idishining massasini aniqlang, shundan so'ng unga taxminan 180g suv quyung.
- Dyuar idishini g'ilofga soling va mos ravishda termometr yoki temperatura datchigini qo'ying.
- Suv temperaturasi  $\vartheta_2$  o'lchang. Dyuar idishining qopqog'ini oching va uni chetga suring; namunalar uchun mo'ljallangan to'rni Dyuar idishiga kiriting. Temperaturasi  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  bo'lgan pitralarni namunalar uchun mo'ljallangan to'rga tashlang, qopqoqni yoping va pitralarni suv bilan astoydil aralashtiring. Suv temperaturasi ko'tarilmay qolganda, aralashmaning temperaturasi aniqlang. Qo'shimcha ravishda pitralarning massasini m aniqlang.

Mis va shisha pitralar bilan tajribani takrorlang.

Tajriba namunasi

Suv massasi:  $m_1 = 180\text{ g}$

Pitra temperaturasi:  $\vartheta_2 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$

Jadval 1. Moddalar solishtirma issiqlik sig'iminin o'lchangan qiymatlari.

| Modda       | $m_2/\text{kg}$ | $\vartheta_1$                  | $\vartheta_M$                  |
|-------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Qo'rg'oshin | 77              | $24.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $25.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Mis         | 69              | $24.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $26.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Shisha      | 19              | $23.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $24.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ |

Hisoblar:

Kalorimetrning suv ekvivalenti:  $mK = 23\text{ g}$

Suvning solishtirma issiqlik sig'imi:  $c_2 = 4.19\text{ kJ}/(\text{K}\cdot\text{kg})$

Jadval 2: Tajribada aniqlangan solishtirma issiqlik sig'iminin qiymatlari va adabiyotlardan olingan ularga mos natijalar

| Modda       | $c,$<br>$\text{kJ}/(\text{K}\cdot\text{kg})$ | $c,$<br>$\text{kJ}/(\text{K}\cdot\text{kg})$ |
|-------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
|             | tajriba                                      | Adabiyotdagi natija                          |
| Qo'rg'oshin | 0.133                                        | 0.1295                                       |
| Mis         | 0.367                                        | 0.385                                        |
| Shisha      | 0.656                                        | 0.746                                        |

Jadval 2 da moddalarning (VII) formula bo'yicha hisoblangan solishtirma issiqlik sig'imi qiymatlari keltirilgan. Adabiyotlardan olingan natijalar bilan ularning mos kelishi qoniqarli.

**Xulosalar:**

Materialning turiga bog'liq ravishda qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imi tadqiq qilindi va ularning qiymati suvning solishtirma issiqlik sig'iminikiga nisbatan ancha kichik ekanligi aniqlandi.

### **Kritik nuqtada suyuqlik-gaz fazaviy o'tishni kuzatish.**

#### **Tajriba qurilmasi.**



#### **Ishning maqsadi**

Kritik nuqtadan yuqori qizdirishda suyuqlik-gaz fazaviy chegaraning yo'qolishini kuzatish.

Kritik nuqtadan pastga sovushda suyuqlik-gaz fazaviy chegaraning shakllanishini kuzatish.

Kritik opalessensiyani kuzatish

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

Ideal gazning muhim xossalardan biri, temperature absolyut nolga yaqinlashganda ham, uning kondensirmasligi hisoblanadi. Bunday gaz tabiatda mavjud emas, chunki past temperaturalarda ham bunday gaz chiziqli o'lchamlari orasidagi o'rtacha masofaga nisbatan ancha kichik bo'lgan zarrachalardan tashkil topgan va ular faqat elastik to'nashishlardan tashqari bir biri bilan ta'sirlashmaydi. Ideal gaz o'zgarmas temperaturada siqilsa, uning bosimi hajmga teskari proporsional tarzda oshadi (1-rasmga qarang).

Ideal gazning bosimi  $p$ , temperaturasi  $T$  va molyar hajmi  $V$  orasidagi munosabatlar ideal gazlar uchun asosiy tenglama bilan ifodalanadi:

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

bu yerda  $R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  – universal gaz doimiysi.

Ko'pchilik real gazlarning xossalari ideal gaz xossasiga yaqin bo'ladi, agarda ular kondensasiya yoki suyuqlanish temperaturasidan yetarli darajada yiroq holatda bo'lsa, masalan atmosfera bosimidagi xona temperaturasida. Gaz temperaturasi kondensasiya temperaturasiga yaqinlashganda, ya'ni yuqori p bosimda yoki past T temperaturada, uning xossalari ideal gaz xossalaridan ancha chetlashadi. Gazning zichligi ortganda ularning molekulalari orasidagi o'rtacha masofa haddan tashqari kichik bo'ladi. Real gazlarning o'zini tutishi taxminan van der Vaals tenglamasi orqali ifodalanadi:

$$(p + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT \quad (\text{II})$$

Bu tenglamadagi van der Vaals konstantalari  $a$ ,  $b$  gaz holatiga bog'liq va gaz zarrachalarining o'zaro tortilishini hamda ularning effektiv hajmlarini xarakterlaydi.

2-rasmda real gazning  $pV$  diagrammadagi izotermalari keltirilgan. Gorizontallik burilishnuqtasi kabi aniqlanadigan izoterma o'zgacha ahamiyatga ega. Bu nuqta kritik nuqta deb ataladi; bu nuqtaga mos kelgan bosim qiymati  $p_c$  kritik bosim deb, molyar hajm  $V_c$  kritik hajm deb va temperatura  $T_c$  kritik temperatura deb ataladi. Kritik temperaturadan yuqorida barcha bosimlarda modda gazsimon holatda bo'ladi va izotermalar van der Vaals tenglamasiga mos kelib, ideal gaz uchun asosiy tenglamaga yaqinlashadi.

Kritik temperaturadan pastda vaziyat ancha murakkab. Agar hajm yetarli darajada katta bo'lsa (2-rasmdagi shtrixlangan sohadan o'ngda), modda gazsimon holatda bo'ladi va bug' deb hisoblanadi. Juda kichik hajmlarda (shtrixlangan sohadan chapda) gaz suyuqlikka o'tadi va amalda siqilmas bo'ladi. Shtirixlangan soha suyuqlik-bug' aralashmasiga mos kelib, u yerda bug' proporsiyasi chapdan o'nga ortib boradi. Bu van der Vaals tenglamasining voqyelikdan chetlanishidir: doimiy temperaturada hajmning o'zgarishi aralashmadagi bug' proporsiyasi bilan o'zgaradi, ammo uning bosimi emas. Shtrix chiziqlar bilan chizilgan chiziqlarning bir qismi van der Vaals tenglamasiga mos keladi va ular gorizontallik chiziqlar bilan almashtirilishi kerak. Ular shunday bug' bosimiga mos keladiki, bunda bug' va suyuqlik bir biriga nisbatan muvozanatda bo'ladi. Suyuqlik va gaz turli solishtirma og'irlikka egaligi sababli, odatda ular og'irlik kuchi ta'sirida bir biridan ajraladi.

Temperatura ortishi bilan bug'ning zichligi ortadi, shu vaqtda esa, suyuqlikning zichligi kamayadi. Kritik temperaturada bu solishtirma og'irliklar tenglashadi va shu sababli suyuqlik bilan bug'ni bir biridan farq qilib bo'lmay qoladi, ya'ni ular to'liq aralashgan bo'ladi. Aralashma kritik temperaturaga yaqinlashganligi sababli, barokamera chegarasida yorug'likning sochilishi o'ta yuqori darajaga erishadi. Bu holisa kritik opalessensiya deb ataladi, va u zichlikning o'zgarishidan kelib chiqib, kritik temperatura yaqinida jiddiy ortadi, chunki siqiluvchanlik katta va zichlik o'zgarishining qarshiligi kichik bo'ladi.

To'liqin uzunligi kichik bo'lgan yorug'lik sochiladi, bu vaqtda esa to'liqin uzunligi uzun yorug'likning tarqalishi davom etadi.

Kritik temperaturani kuzatish uchun mo'ljallangan barokamera bu hodisalarni bizga namoyish qilish uchun imkon beradi. Barokameraning qobig'i issiq suv yoki bug' bilan qizdiriladi. Yuqori bosimga chidamli bo'lgan ikkita yassi shisha darcha vazifasini o'taydi va qizdirishda hamda xuddi shuningdek, sovushda temperatura kritik temperaturadan  $T_c$  ortganda, barokameradagi moddaning o'zini tutishini kuzatishga imkon beradi. Hodisani bevosita barokamerada kuzatish yoki devorga proyeksiyalash mumkin.

Barokamera oltingugurt geksoxlorigi  $SF_6$  bilan to'ldiriladi. Xona temperaturasida uning kritik zichligi qiymati ( ya'ni kritik hajmning aksi) suyuqlik va gazlar zichliklarining qiymatlariga deyarli teng. Qizdirishda sistema kritik nuqta orqali o'tishi uchun, barokamera yarmigacha xona temperaturasida suyuq gaz bilan to'ldiriladi.

$SF_6$  kritik temperaturada quyidagi termodinamik o'zgaruvchilarga ega:

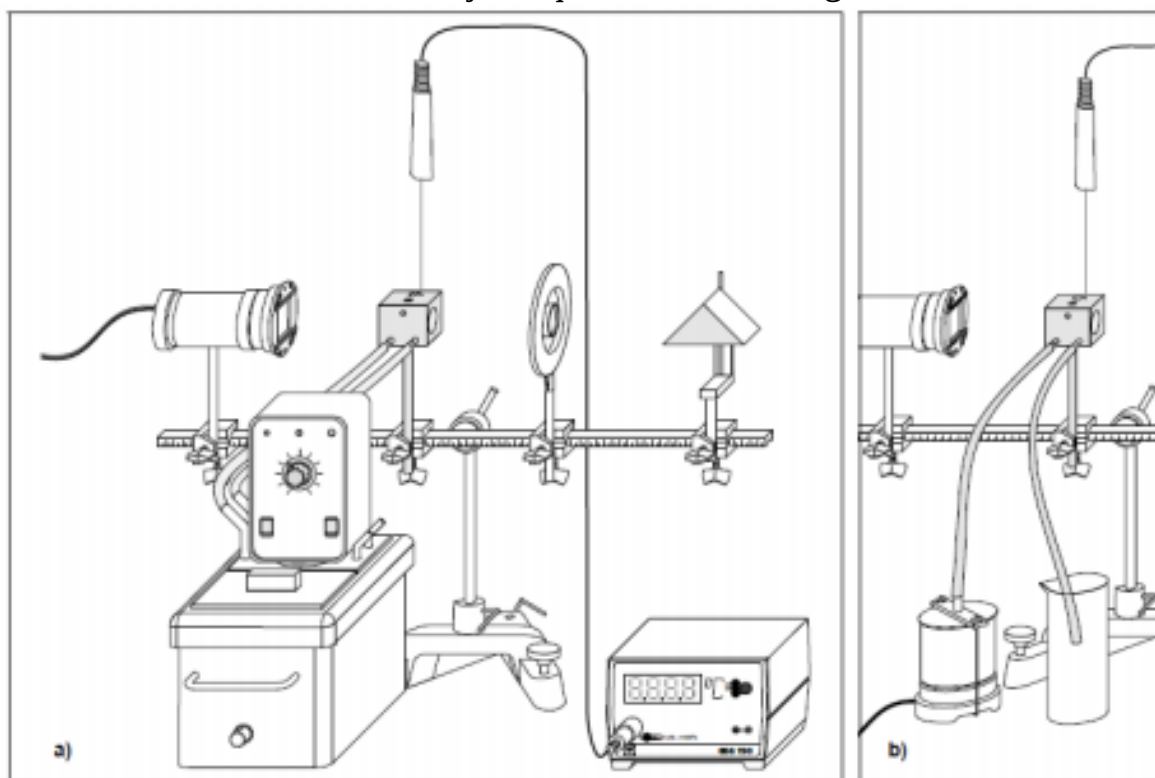
Kritik temperatura:  $T_c = 318.7\text{ K}$

Kritik bosim:  $p_c = 37.6\text{ bar}$ ,

Kritik molyar hajm:  $V_c = 200\text{ cm}^3/\text{mol}$

### **Tajriba qurilmasi**

3-rasmda tajriba qurilmasi tasvirlangan.



3-rasm: Kritik nuqtani kuzatish uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi.

Barokamerani sirkulyasion termostat bilan qizdiriladigan to'liq yig'ilgan qurilma (a). Optik kursidagi alohida komponentlarning aniq o'zni ekran sirtigacha bo'lgan masofaga bog'liq va u linzani siljitish orqali osongina topilishi mumkin.

Qurilmaning barokamerani qizdirish uchun mo'ljallangan bug' generatori qismi (b)

Bug' generatoridan foydalanishda quyidagilarga e'tibor bering:

- Quvurda kondensasiyalanishning oldini olish uchun, silikon quvurlarni har birining uzunligi 0.5 m bo'lgan ikkita bo'lak qilib kesib oling. – Silikon quvurlarni biriktirishdan oldin, barokameraning qizdirish kanalini puflash orqali tekshiring va uning ichidagi to'siqlardan xoli bo'ling.
  - Temperatur datchigini o'z joyiga o'rnatishdan oldin, ozgina moylovchi modda suring, masalan issiqlik uzatilishini yaxshilash maqsadida mos teshiklarni suvlang.
  - Asferik kondensorni lampa nasadkasiga o'rnatish.
  - 3-rasmda tasvirlangan qurilmani shunday yig'ingki, bunda lampa, barokameraning shisha tuynugi, linza va to'g'ri burchakli prizma bir o'qda joylashsin.
  - Har safar apparat bilan ishlashdan oldin, hech qanday bug' yoki issiq suv nazoratsiz sizib o'tib ketmasligiga, apparatga ziyon yetmasligiga yoki buzmasligiga amin bo'lish uchun silikon quvurlarning ulanish joylarini tekshiring.
  - Lampani transformatorga ulang va barokamera tarkibini rangi ochiq sirtga proyeksiyalang ( masalan devorga qotirilgan oq qog'oz varag'i).
  - Zururiyat bo'lganda, qurilmani o'rnatish tartibini qayta o'qib chiqing.
- Kichik optik kursidagi linzani siljitish orqali suyuqlik meniskining tasvirini to'plang.

#### Texnika xavfsizligi bo'yicha eslatma

Kritik temperaturani namoyish qilishda foydalaniladigan barokamera yuqori bosimda bo'ladi (minimum 20 bar)

- Instruksiyada mavjud barcha eslatmalarni diqqat bilan o'qing va texnika xavfsizligiga rioya qiling.
- Aslo agregat vintini yechib olmang. Jipslagichlar shisha tuynuklarni qisish uchun xizmat qiladi, shu bilan birga o'ta qizib ketishda ular saqlovchi klapan sifatida ishlaydi. Ular 100 °C temperaturagacha qo'llanilishi mumkin.
- Jipslagichlarning xizmat qilish muddatini oshirish uchun barokameradagi temperaturani 90 °C dan ortib ketishiga yo'l qo'ymang. Ayniqsa, bug' generatori bilan qizdirish amalga oshirilganda, kuyib qolish xavfi bor, va shuning uchun barokamera bug' generatorining baki bilan silikon quvurlar yordamida ulanishi kerak.
- Agar siz bug' generatoridan (30328) foydalansangiz, instruksiyadagi barcha eslatmalarga hamda texnika xavfsizligiga rioya qiling.
- Tajriba apparati issiq bo'lganda, unga tegmang.

#### Tajribani o'tkazish tartibi

Bug' generatoridan foydalanganingizda quyidagi taraflarga diqqat qiling:

Qizdirish bug' bilan amalga oshirilganda, barokameradagi temperatura juda tez ortadi, shuning uchun kritik temperaturani nazorat qilish ancha qiyin. Suv va bug' ikkalasi ham birgalikda majburan qizdirish kanalidan oqmasligi uchun, bakdagi suv kuchli qaynamasligi kerak.

Bug' generatorining bakini shunday to'ldiringki, uning 2 sm ga yaqin yuqorisi bo'sh qolsin. Suv qaynashni boshlaganidan, darhol bug' generatorini o'chiring.

Sistema sovuyotganda, suv ortga so'rib olinmasligi uchun, menzurkadagi kondensasiyalayotgan suvning sathi quvur sathiga yetmaganligiga amin bo'ling, aks holda issiqliq zarbi evaziga barokamraga ziyon yetishi mumkin.

Sirkulyasion termostatdan foydalanish uchun ko'rsatmalar :

- Proyeksiyalangan tasvirni kuzatish uchun xonani qorong'ulashtiring.
- Sirkulyasion termostatni ulang va boshlang'ich temperaturani 40 °C o'rnatib.
- Taxminan 40 °C dan boshlab, sirkulyasion termostatning temperaturasi sekin oshiring, bunda moddaning yetarli darajada qizishi hamda fazalar chegarasining yo'qolishini yaqqol kuzatish kafolatlan bo'lishi kerak.

Sistemaning temperaturasi kritik temperaturadan ortgandan keyin, sirkulyasion termostatning temperaturasi kritik temperaturadan past holatga o'rnatib. Sistema kritik temperaturadan past holatga o'tganda, kamera hajmi bo'yicha temperatura gradiyentlari bilan bog'liq bo'lgan nomaqbul effektlarni kamaytirish uchun, temperaturani yana sekin oshirish va tajribani takrorlash maqsadga muvofiq.

O'lchash namunasi va tahlil

Quyida bayon qilinadigan hodisalarning yuzaga kelishi kritik temperaturadan o'tish tezligiga bog'liq. "Qizish" bandidagi effektlar sirkulyasion termostatdan foydalanilganda kuzatiladi; bug' generatoridan foydalanilganda esa jarayon kuchliroq kechadi va u nisbatan tez tugaydi.

Qizish:

Qizdirishni boshlaganimizdan so'ng, tez orada suyuq fazada xarakteristik shtrixlar ( ba'zida shlira deb ataluvchi) kuzatiladi. Shundan so'ng suyuqlik qaynay boshlaydi va kameraning yuqorigi devorida kondensirlangan tomchilar hosil bo'ladi. Provardida, gaz fazasida ham, ayniqsa chegarada, shtrixlarning yuzaga kelishini ko'ramiz.

Kritik temperaturaga erishishdan bir oz oldin, qaynash shunchalik tez kechadiki, gaz pufakchalari tufayli suyuqlik bir jinslimasga o'tadi va unda yorug'lik diffuz sochiladi. Bu esa suyuq fazaning proyeksiyalangan tasvirini qoramirroq qiladi. Dastavval bevosita chegaradan yuqoridagi gaz fazasida, keyin butunlay gaz fazasida va provardida qolgan suyuq fazada ham shtrixlarning yuzaga kelishi intensivroq bo'ladi. Sistema sekinlik bilan kritik temperaturadan o'tganda, suyuqlik bilan gaz orasidagi faza chegarasi g'alayonlangan bo'ladi, kengayadi va provardida yo'qoladi. Chegara yo'qolishidan bevosita oldin, suyuq faza ozgina mallasimon tuyuladi. Biz gazsimon va suyuq fazalar orasidagi chegaraning yo'qolishini proyeksiyalangan tasvirda kuzatishimiz mumkin. Bu amalga oshganidan so'ng, tasvir yana qayta yorqinroq bo'ladi, chunki kamerada bitta gomogen faza bo'ladi. Barokameraning tarkibi shtrixlarni yuzaga keltirib,

temperatura ortishi bilan bir oz sochadigan, intensive turbulentlikni namoyish qiladi, Ular barokameradagi temperaturalar farqi evaziga amalga oshadi.

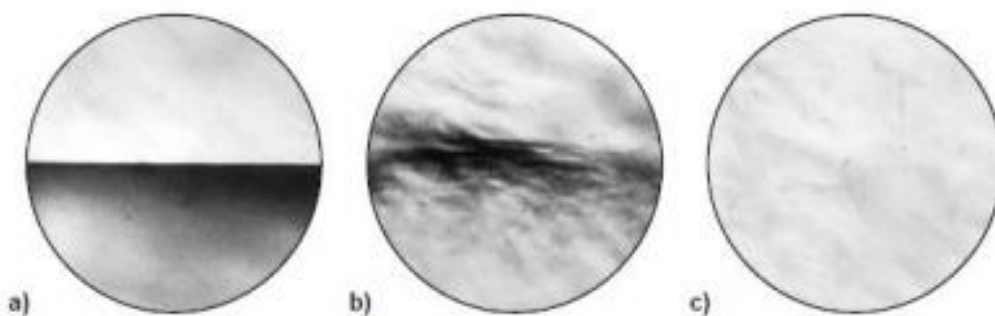
Sovush:

Qizish jarayoni to'xtaganda, dastavval hosil bo'lgan shtrixlar batamom yo'qoladi, keyinchalik esa kritik temperaturaga yaqinlashgan sari bu shtrixlar yana kuchliroq namoyon bo'la boshlaydi. Kameraning tubida tuman shakllanishi keltirib chiqargan uncha katta bo'lmagan xiralashishni kuzatish mumkin. Bunda barokameraning butunlay hajmi tobora ko'proq va ko'proq qizg'ich jigar rangda namoyon bo'ladi (kritik opalessensiya). Keyinchalik shtrixlarning hosil bo'lishi ortadi. To'satdan barokameraning ichki qismi qorong'ulashadi, gaz zichlashadi va suyuqlik darajasining ortishini kuzatish mumkin. Gazli faza tumanli bo'lib, tuman asta sekin quyushadi.

Provordida, gazli faza oydinroq bo'ladi, bu vaqtda esa suyuq faza qaynashda davom etadi.

O'ta qizish:

Bunda suyuqlik yana kuchliroq qaynaydi, gazli faza sarg'ichroq tuyuladi, suyuq faza esa qizg'ichjigarang(kritik opalessensiya) tus oladi. Fazalar chegarasi kengayib boradi va keyin butunlay yo'qoladi. Kritik temperaturadan bir oz yuqorida barokameraning butunlay tarkibi bir jinsliga o'tadi va shtrixlarning intensiv hosil bo'lishi va turbulentlik bilan birga sarg'ichjigar rang tusga kiradi. Provordida, kritik opalessensiya amalga oshadigan temperaturalar oralig'i yuqori va biz barokamerada faqat turbulentlik bilan bog'langan shtrixlar hosil bo'lishini kuzatishimiz mumkin.



4-rasm. Barokamera tarkibining ko'rinishi: kritik temperaturadan pastda (a), kritik temperaturada (b) (fazalar chegarasining yo'qolishi), kritik temperaturadan yuqorida (c)

**Richard metodi bilan havo uchun adiabata ko'rsatgichini CP/CV aniqlash.**

**Tajriba qurilmasi.**



**Ishning maqsadi**

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

Nazariy ma'lumotlar.

Gazlarning kinetik nazariyasi ideal gazlarning adiabata koeffisiyentini 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:

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

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

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T \text{ i } \Delta U = C_V \cdot m \cdot \Delta T ,$$

hamda (I) tenglamadan Puasson tenglamasi kelib chiqadi, u temperatura o'zgarganda holatning adiabetic o'zgarishini ifodalaydi:

$$p \cdot V^k = \text{const.}$$

bu yerda  $k$  adiabata 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:

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

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 molekulasining erkinlik darajasi bilan aniqlanishi kelib chiqadi

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

Bir atomli gazlaring zarrachalari faqat uchta erkinlik darajasiga ega bo'ladi. Bir atomli gazlarda o'rtacha issiqlik energiyalarida ( $\sim 25$  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 ilgarilanma 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 adiabata 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 1. Ideal gazlar uchun (VII) formula bilan hisoblangan adiabat ko'rsatkichlari:

| 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'rsatkichi  $k$  aniqlanadi.

1-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:

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

mumkin.

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

$$V_k dp + p k V^{k-1} dv \quad (\text{X})$$

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

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:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k p A^2}{m v} x = 0 \quad (\text{XIII})$$

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

$$\omega = \sqrt{\frac{k p A^2}{m v}} \quad (\text{XIV})$$

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

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m v}{k p A^2}} \quad (\text{XV})$$

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

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

(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.

### Kerakli asboblari va ashyolar

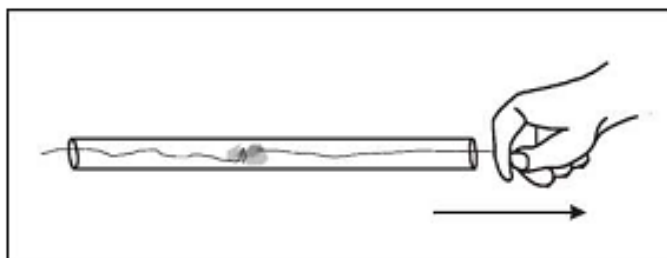
1 Marriot kolbasi, 10 l  
 1 Ossillyasion trubka  
 1 Taymer  
 1 Aneroid barometr  
 1 Plastik menzurka, 1000 ml  
 1 Vazelin, 50 g

### Tajriba o'tkazish bo'yicha maslahatlar

(XV) tenglama bo'yicha, idishning hajmi qanchalik katta bo'lsa, po'lat zoldirning ossillyasiya davri shunchalik katta. Boshqa tarafdin, tajriba aniqligi ossillyasion 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 ossillyasiyasi soni shisha trubkaning va po'lat zoldirning tozaligiga juda kuchli bog'liq. Har bir tajribadan oldin 2-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.



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

Eslatma

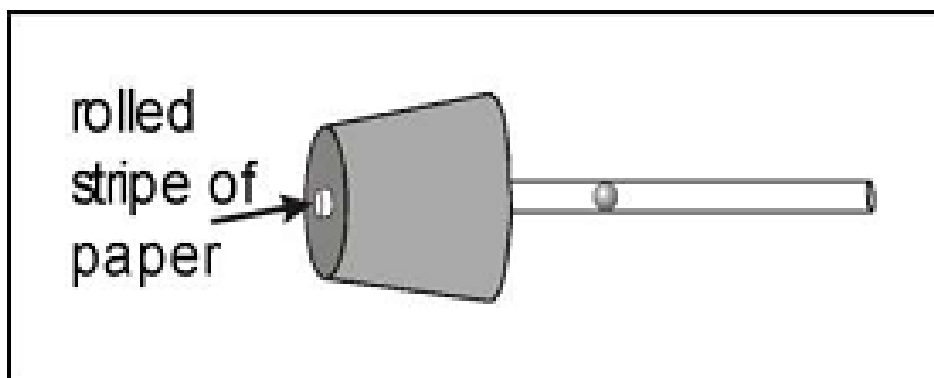
Asbobdan foydalanilmagan vaqtda, prezision shisha trubkani toza saqlash maqsadida, uni rezina qopqoq bilan berkiting.

Tajriba qurilmasi

- Shisha trubkani 2-rasmda keltirilganidek tozalang.
- Po'lat zoldirni tozalang.

Eslatma

Faqat prezision shisha trubkani va po'lat zoldirni tozalashgina zoldirning yaxshi ossillyasiyasiga olib keladi. Shisha trubkani rezina tiqinga o'rnatib. Siz rezina tiqinning oldingi tarafidan jipslagich xalqadan foydalanishingiz mumkin, buni soddagina oddiy qog'oz bilan amalga oshirish mumkin (3-rasm).



3-rasm. Tajribani o'tkazish uchun qulaylik yaratish maqsadida jipslashtiruvchi xalqa sifatida rezina tiqinga kiritilgan qog'oz o'ramidan foydalanish mumkin.

Tajribani o'tkazish tartibi

- Aspiratorning pastki teshigi berk ekanligiga amin bo'ling.
- Prezision 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 4-rasmida 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'rnatib.
  - Tajribani boshlash uchun presizision shisha trubkadan qo'llingizni oling.
- Presizision shisha trubkadagi po'lat zoldirning muvozanat balandligi (1-rasm) bosimga bog'liq. Agar atmosfera bosimi juda kichik bo'lsa, po'lat zoldir presizision shisha trubkadan aspiratorga tushib ketishi mumkin. Zoldirning aspiratorga tushib ketishini oldini olish hamda tajribani boshlashda mos balandlikni tanlash uchun sterjenli magnitdan foydalanish mumkin(5-rasm)

Tajriba namunasi

Jadval 2. 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 2. 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:  $A = \pi \cdot r^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

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            |

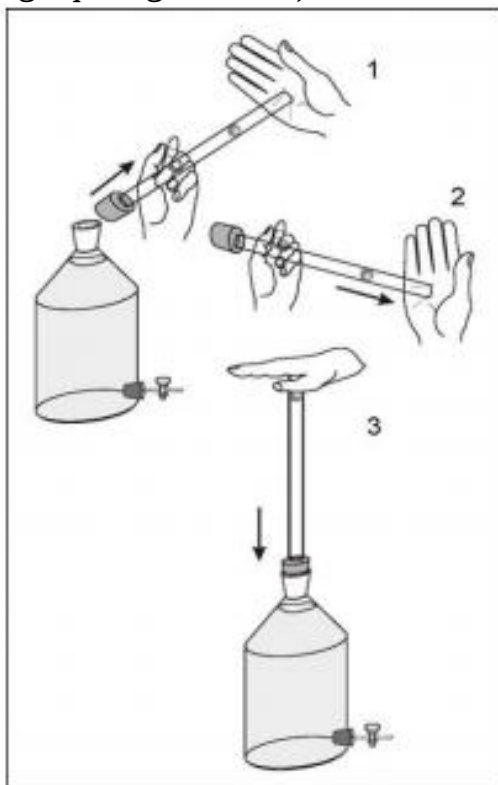
**Qo'shimcha ma'lumot**

Solishtirma issiqlik sig'imi va mos ravishda adiabata 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 keyingi 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  $CO_2$  to'rtta tebranma erkinlik darajasiga ega. (5-rasm). Tebranishlarning ikkita normal modasi molekulyar o'q bo'ylab va ikkita boshqasi molekulyar o'qqa perpendikulyar amalga oshadi.  $CO_2$  molekulaning qayishayotgan tebranishlari xona temperaturasida qo'zg'aladi va shuning uchun xona temperaturasida hisobga olinishi kerak.

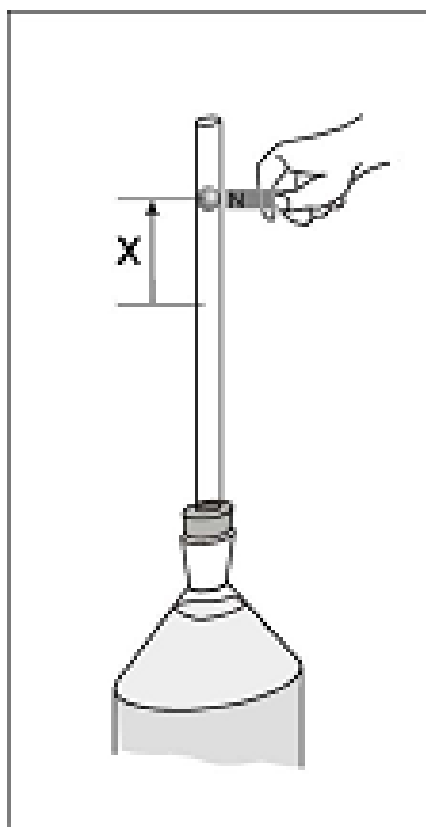
Bu tajriba gazsimon  $CO_2$  bilan o'tkazilishi mumkin. Bunda zoldirni aniqlangan ossillyasiya davrining qiymati quyidagiga teng bo'ladi:  $T = 1.2 \text{ s}$

Va shunda  $k = 1.26$  adiabata ko'rsatgichiga ega bo'lamiz.

Tovush to'lqinlarining tarqalishi holatlarning adiabetic almashuvidir. Bosimning mahalliy o'zgarishi shunchalik tez amalga oshadiki, bunda hych qanday issiqlik almashuvi bo'lmaydi, ya'ni:  $\Delta Q = 0$ . Oqibatda adiabata ko'rsatgichi havodagi tovush tezligi uchun Laplas tenglamasiga kiradi. (gazlarda tovush tezligi bo'yicha tajribalarga qarang P1.7.3.4).



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



5-rasm. Sterjenli magnitdan(jihozlar ro'yxatiga kiritilmagan) ixtiyoriy holatdan x tajribani boshlashda qanday foydalanishning sxematik namoyishi (batafsil tajribani o'tkazish va foydali maslahatlarga qarang.

## Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin issiqligini aniqlash.

### Tajriba qurilmasi.

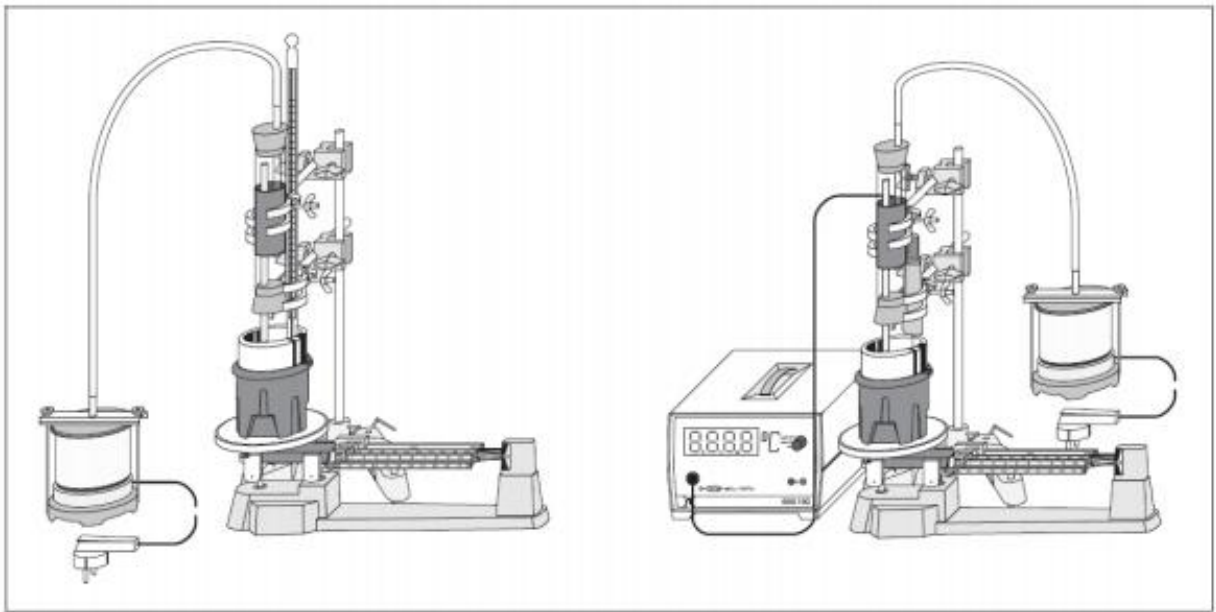


### Ishning maqsadi

Sovuq suv va bug' aralashmasining temperaturasi aniqlash  
Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin issiqligini aniqlash

### Nazariy ma'lumotlar.

O'zgarmas bosimda moddaga qandaydir issiqlik miqdori uzatilsa, odatda moddaning temperaturasi oshadi. Ammo, agar fazaviy o'tish mavjud bo'lsa, moddaning temperaturasi oshmaydi, chunki uzatilayotgan issiqlik fazaviy o'tishga sarf bo'ladi. Agar issiqlik uzatish jarayoni fazaviy o'tishdan keyin ham davom etsa, moddaning temperaturasi yana orta boshlaydi. Suvning bug'lanishi fazaviy o'tishning yaqqol misoli hisoblanadi. Moddaning birlik massasi isteymol qiladigan issiqlik bug'lanishning yashirin issiqligi  $Q_v$  deyiladi.



1-rasm. Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin issiqligini aniqlash uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi: chap tarafdagida temperatura termometr yordamida o'lchanadi, o'ng tarafdagida esa temperatura datchigi yordamida o'lchanadi.

Tajribada bug' hosil bo'lishining yashirin issiqligi  $Q_v$  quvurdan kalorimetrga toza bug' uzatish orqaliniqlanadi. Bug' sovuq suvni aralashma temperaturasi  $v_m$  gacha qizdiradi va so'ngra suvga kondensasiyalanadi. Bug' hosil qilish issiqligi bug'ni suvga aylantiradi. Aralashma temperaturasi  $v_2$  qo'shimcha boshlang'ich temperatura  $v_1$ , sovuq suvning massasi  $m_2$  hamda kondensirlangan suvning massasi  $m_1$  o'lchanishi va bug' hosil bo'lish issiqligi quyidagi formuladan hisoblab topilishi mumkin:

$$\Delta Q_1 = c \cdot m_1 \cdot (100^\circ\text{C} - v_m) \quad (\text{I})$$

bu yerda  $c$  - suvning solishtirma issiqlik sig'imi koeffitsiyenti. Chunki, bug'dan ajralib chiqqan issiqlik suvning  $v_1=100^\circ\text{C}$  dan aralashma temperaturasi  $v_m$  gacha ajralgan issiqlik bilan bug'ning kondensasiyalanishida ajralgan issiqlik  $\Delta Q_2$  yig'indisiga teng. Oxirgi issiqlik  $v_1 \approx 100^\circ\text{C}$  temperaturadagi suvni bug'ga aylantirish uchun zarur bo'lgan issiqlikka ham teng. Shunday qilib biz quyidagilarga egamiz:

$$\Delta Q_2 = m_1 \cdot Q_v \quad (\text{II})$$

Sovuq suv bug' bilan aralashganda yutilgan issiqlik:

$$\Delta Q_3 = c m_2 (v_m - v_2) \quad (\text{III})$$

Shu bilan bir vaqtda kalorimetr issiqlik yutadi, bu issiqlik miqdori kalorimetrning ma'lum suv ekvivalenti  $m_k$  bilan hisoblab topilishi mumkin:

$$\Delta Q_4 = cm_k(v_m - v_2) \quad (\text{IV})$$

bu yerda  $m_k = 20 \text{ g}$

Ajralgan issiqlik miqdori  $\Delta Q_1 + \Delta Q_2$  va yutilgan issiqlik miqdori  $\Delta Q_3 + \Delta Q_4$  o'zaro teng, ya'ni

$$\frac{Q_v}{c} = \frac{(m_1 + m_k)}{m_1} \cdot (v_m - v_2) - (100^\circ \text{C} \cdot v_M)$$

### **Kerakli asboblardan va ashyolardan**

1 G'iloqqa ega Dyuar idishli kalorimetr  
 1 O'quv laboratoriya torozisi 610 Tare,  
 610 g 1 Termometr,  $-10^\circ$  dan  $+110^\circ \text{C}$  gacha  
 1 NiCr-Ni tipli temperatura datchigi  
 1 Raqamli termometr  
 1 Bug' generatori, 550 W/230 V  
 1 Suvni ajratgich 1 Ichki diametri 7 x 1.5 mm, 1 m bo'lgan silikon trubkalar  
 1 Mustahkam shishadan tayyorlangan, hajmi 400 ml bo'lgan menzurka  
 1V shaklidagi shtativ asosi  
 1 uzunligi 47 sm bo'lgan shtativ ustun  
 2 multi qisgichlar Leybold  
 2 diametri 0÷80 mm bo'lgan universal qisgichlar

### **Tajriba qurilmasi**

Tajriba qurilmasi 1-rasmda keltirilgan. Tajriba o'tkazish vaqtida Dyuar idishi o'quv laboratoriya torozisining pallasida joylashgan bo'lishi kerak.

- termometrni yoki NiCr-Ni tipli temperatura datchigini o'rnatib;
- 2 sm balandlikgacha bug' generatoriga distillangan suv soling va qopqoqni berkiting. Shundan so'ng qism vositani tartib va ehtiyotlik bilan mahkamlang.
- Bug' trubkasining kirishini suv ajratgichga shunday siljitingki, pastki stoporgacha bo'lgan masofa yuqorigi stoporgacha bo'lgan masofadan katta bo'lsin. Bug' trubkasining chiqishini u yuqorigi stoporgacha yetmaguncha siljiting.
- Silikon quvurlardan bug' trubkasini chiqishi bilan bug' generatorini va bug' trubkasining kirishi bilan suv ajratuvchi separatorni biriktirish uchun foydalaning. Hozircha suv ajratgichni o'rnatmang.

### **Tajribalarni o'tkazish**

Dyuar idishini sovuq suv bilan to'ldirish:

- Bo'sh Dyuar idishining massasini o'lchang.
- Dyuar idishiga taxminan 150 gramm distillangan suv soling va uning massasini  $m_2$  hamda temperaturasini  $v_2$  o'lchang.
- Suv ajratgichni shunday o'rnatibki, bug' trubkasining chiqishi Dyuar idishi tubining o'rtasidan 1 sm yuqorida joylashsin. Zaruriyat tug'ilganda uni silikon quvur qisqa bo'lagi bilan tortish mumkin.
- Qurilmaning umumiy massasini aniqlang.

Bug'ni quvur orqali idishga uzatish:

- Suv ajratgichni menzurkaga joylashtiring va silicon quvurlar yaxshi qotirilganiga amin bo'ling.
- Bug' generatorini elektr tarmoqqa ulang va bug' chiqishini kuting.
- Suv ajratgichni Dyuar idishining tepasiga o'rnatib va yana bir bor to'liq massaning ortishini va temperaturaning ko'tarilishini kuzating.

To'liq massa taxminan 20 g. ortgandan keyin, bug' generatori o'chiriladi va tezda aralashmaning temperaturasi  $v_M$  aniqlanadi.

### **O'lchash namunasi**

Sovuq suv massasi  $m_2$ : 153.8 g

Sovuq suv temperaturasi  $v_2$  28.1 °C

Haqiqiy massa Suv ajratgichni tushirgandan keyingi 154.3 g

Bug' chiqishini to'xtatishdan keyingi 174.0 g

Issiq suv aralashmaning temperaturasi  $v_1$  88.3 °C

$Q_v/C=520K$  va  $Q_v=2,18 \cdot 10^3$  KJ/kg

Adabiyotlarda keltirilgan qiymat:

$$Q_v= 2.257 \cdot 10^3 \text{ KJ/Kg}$$





