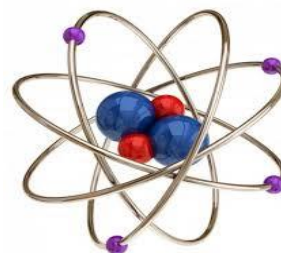


**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**



“Fizika” kafedrası

Muallif: D.A.Muhammadova

**FIZPRAKTIKUM (MOLEKULYAR FIZIKA) FANIDAN
LABORATORIYA MASHG‘ULOTLARI**

O‘quv qo‘llanma oliy o‘quv yurtining 60530900-Fizika ta’lim yo‘nalishi talabalari
uchun mo‘ljallangan

Buxoro – 2024

FIZPRAKTIKUM (MOLEKULYAR FIZIKA) FANIDAN LABORATORIYA ISHLARI

Ushbu darslik 60530900-fizika yo'nalishi talabalarini "Molekulyar fizika" fanining nazariy asoslari, asosiy tushunchalari, qonunlari va tamoyillariga o'rgatish, shuningdek laboratoriya mashg'ulotlarini o'tkazish ko'nikmalarini shakllantirish maqsadida yaratilgan.

O'qiv qo'llanma talabalarning nazariya bilan bog'liq holda "Molekulyar fizika" fanida laboratoriya ishlarini bajarish ko'nikmalarini rivojlantirishga, ishning mohiyatini tushunish va amalda qo'llash, ishning nazariy va eksperimental kelib chiqishini o'rgatish, mustaqil ishlash ko'nikmalarini rivojlantirishga qaratilgan.

Ushbu o'qiv qo'llanma 2023-yil 29-avgustda tasdiqlangan ilmiy dastur hamda ish rejasi asosida nashrga tayyorlandi

Bilim sohasi:	500000 -	Tabiiy fan, matematika va statistika
Ta'lim sohasi:	530000 -	Fizikaga oid fanlari
Ta'lim yo'nalishi:	60530900 -	Fizika

Taqrizchilar:

M. Z. Sharipov-	Buxoro muhandislik-texnologiya institutining Fizika kafedrası professori, F-M. fanlar doktori
Sh.Sh.Fayziyev-	Buxoro davlat universiteti fizika kafedrası mudiri, f-m.f.f.d, (PhD) dotsent

MUNDARIJA

Kirish	5
Laboratoriya ishlarini o'tkazishda texnika xavfsizligi bo'yicha qisqacha qoidalar	6
Laboratoriya ishlarini tashkil qilish usullari	7
O'lchash xatoliklari haqida tushuncha	8
Laboratoriya ishi-1. Doimiy haroratda gaz bosimining hajmga bog'liqligini o'rganish (Boyl-Mariott qonuni)	11
Laboratoriya ishi №2. Doimiy bosimda gaz hajmining haroratga bog'liqligini o'rganish (Gey - lyussak qonuni)	18
Laboratoriya ishi №3. Doimiy hajmda gaz bosimining haroratga bog'liqligini o'rganish (Sharl qonuni) (Amonton qonuni)	24
Laboratoriya ishi №4. Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyentini aniqlash	31
Laboratoriya ishi №5. Kritik nuqtada suyuqlik-gaz fazaviy o'tishni kuzatish	37
Laboratoriya ishi №6. Suv aralashmasi haroratini aniqlash	47
Laboratoriya ishi №7. Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin issiqligini aniqlash	51
Laboratoriya ishi №8. Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyentini tomchini tortish usuli bilan aniqlash	55
Laboratoriya ishi №9. Qattiq jismlarni chiziqli kengayish koeffitsiyentining haroratga bog'liqligini o'lchash	62
Laboratoriya ishi №10. Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash	68
Laboratoriya ishi №11. Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsiyentini Stoks usulida aniqlash	73
Laboratoriya ishi №12. Sirt taranglik koeffitsiyentini suyuqlikning kapillyar naylarda ko'tarilish balandligiga qarab aniqlash	77
Laboratoriya ishi №13. Havoning issiqlik sig'implari nisbati CP/CV ni topish.	86
Laboratoriya ishi-14. Havoning nisbiy namligini Assman psixrometri yordamida aniqlash.	90
Laboratoriya ishi-15. Quyosh kollektorining effektivligini issiqlik izolyasiyasining funksiyasi sifatida aniqlash.	96
Laboratoriya ishi-16. Richard metodi orqali Cp/Cv adiabata ko'rsatgichini havo uchun aniqlash.	102
Ilovalar	111
Adabiyotlar ro'yxati	118

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Краткие правила безопасности техники при проведении лабораторных работ	6
Лабораторные занятия и методы их организации	7
Понимание ошибок измерения	8
Лабораторная работа-1. Исследование зависимости давления газа от объема при неизменной температуре (закон Бойля-Мариотта)	11
Лабораторная работа №2. Исследование зависимости объема газа от температуры при постоянном давлении (закон Гей-Люссака)	18
Лабораторная работа №3. Исследование зависимости давления газа от температуры в постоянном объеме (закон Шарля) (закон Амонтонна)	24
Лабораторная работа №4. Определение коэффициента объемного расширения жидкостей	31
Лабораторная работа №5. Наблюдение перехода жидкость-газ в критической точке	37
Лабораторная работа №6. Определение температуры водной смеси	47
Лабораторная работа №7. Определение скрытой теплоты образования водяного пара	51
Лабораторная работа №8. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом капельного взвешивания	55
Лабораторная работа №9. Измерение зависимости коэффициента линейного расширения твердых тел от температуры	62
Лабораторная работа №10. Определение удельной теплоемкости твердых тел	68
Лабораторная работа №11. Определение коэффициента внутреннего трения жидкостей методом Стокса	73
Лабораторная работа №12. Определение коэффициента поверхностного натяжения по высоте подъема жидкости в капиллярных трубках	77
Лабораторная работа №13. Нахождение отношения теплоемкости воздуха C_p/C_v .	86
Лабораторная работа-14. Определение относительной влажности воздуха с помощью психрометра Ассмана.	90
Лабораторная работа-15. Определение КПД солнечного коллектора как функции теплоизоляции.	96
Лабораторная работа-16. Определение показателя адиабаты C_p/C_v для воздуха по методу Ричарда.	102
Приложения	111
Список литературы	118

CONTENT

Introduction	5
Brief rules for technical safety when conducting laboratory work	6
Laboratory classes and methods of their organization	7
Understanding measurement errors	8
Laboratory work №1. Study of the volume dependence of gas pressure at constant temperature (Boyle-Mariott's law	11
Laboratory work №2. Study of the dependence of gas volume on temperature at constant pressure (Gay-Lussac's law	18
Laboratory work №3. Study of the dependence of gas pressure on temperature of constant volume (Charles's law) (Amonton's law	24
Laboratory work №4. Determination of the volumetric expansion coefficient of liquids	31
Laboratory work №5. Observation of liquid-gas phase transition at a critical point	37
Laboratory work №6. Determination of water mixture temperature	47
Laboratory work №7. Determination of the latent heat of water vapor formation	51
Laboratory work №8. Determination of the surface tension coefficient of the liquid by the method of pulling the drop	55
Laboratory work №9. Measuring the temperature dependence of the coefficient of linear expansion of solids	62
Laboratory work №10. Determination of the specific heat capacity of solids	68
Laboratory work №11. Determination of the internal friction coefficient of liquids by the Stokes method	73
Laboratory work №12. Determining the surface tension coefficient based on the rise height of the fluid in capillary tubes	77
Laboratory work №13. Finding the ratio of heat capacities of air C_p/C_v .	86
Laboratory work-14. Determination of the relative humidity of the air using the Assman psychrometer.	90
Laboratory work-15. Determination of the effectiveness of the solar collector as a function of thermal insulation.	96
Laboratory work-16. C_p/C_v detection of adiabata pointer for air with Richard method.	102
Applications	111
List of bibliography	118

Kirish

Hozirgi fan va texnika rivojlangan davrda ta'lim muassasalarida fizika fanini chuqur o'qitish va sifatini oshirish, fizika fanini o'qitish jarayoniga zamonaviy o'qitish uslublarini joriy qilish, iqtidorli o'quvchilarni tanlab olib, yetuk mutaxassislarni tayyorlash, ilmiy tadqiqot va innovatsiyalarni rivojlantirishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Fizika sohasidagi ta'lim sifatini oshirish va ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish chora tadbirlari to'g'risidagi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining №-5032 sonli qaroriga asosan fizika fanini o'qitish bo'yicha zamonaviy, ravon va tushunarli darsliklarni yaratish yaxshi yo'lga qo'yilmaganligi, o'quv adabiyotlarning mazmuni fan va texnika taraqqiyotining bugungi darajasini yetarli qamrab olmaganligi, masalalar to'plami, praktikum, laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha qo'llanmalar, multimediya dasturlarini yaratishga e'tibor qaratilmaganligi borasida fikr yuritilgan.

Ta'lim muassasalarini zamonaviy laboratoriya jihozlari, darsliklar, elektron o'quv jihozlari bilan ta'minlash, ishlab chiqarish va ilm-fan sohalari o'rtasida o'zaro hamkorlikni yo'lga qo'yish hamda O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 29 dekabrda Oliy majlisida belgilangan: 2021-2023 yillarda fizika fanlari bo'yicha ta'lim sifatini oshirish va fizika sohasidagi ilmiy tadqiqotlarning natijadorligini ta'minlash bo'yicha kompleks chora-tadbirlar dasturiga asosan umumta'lim muassasalariga fizika fanini o'qitish sifatini oshirish, darsliklar va o'quv qo'llanmalarini takomillashtirishga asosan ushbu o'quv qo'llanma yaratildi.

Ta'lim sohasida amalga oshirilayotgan islohatlar. Ta'lim sifatini tubdan o'zgartirilmoqda. Ta'lim sifatini oshirishning eng zaruriy qismlaridan biri bu laboratoriya va amaliy mashg'ulotlarni sifatini va samarasini oshirishda. Ayniqsa aniq fanlardan laboratoriya ishlarini bajarish uchun zarur laboratoriya anjomlari bilan jihozlanmoqda.

Fizika fanidan ushbu qo'llanmada kiritilgan laboratoriya ishlari Fizika ta'lim yo'nalishlari uchun mo'ljallangan bo'lib, unda 16 ta laboratoriya ishlari jamlangan. Ushbu laboratoriya yo'riqnomalarida ishning maqsadi, kerakli asbob va jihozlar,

ishning nazariy qismi va tajribalar tahlili keltirilgan. Ushbu laboratoriya ishlarini bajarish jarayonida o'quvchilar fizik kattaliklar orasidagi bog'lanishlarni ham sifat, ham miqdor jihatdan aniqlash imkoniyatiga ega bo'ladilar.

Laboratoriya ishlarini bajarish tartibi, aniqlangan natijalarni hisoblash hamda ish yuzasidan nazorat savollari qo'llanmada o'z aksini topgan bo'lib, fizik doimiylar va kattaliklar jadvallari unga ilova qilingan.

LABORATORIYA ISHLARINI O'TKAZISHDA TEXNIKA XAVFSIZLIGI BO'YICHA QISQACHA QOIDALAR

Talaba laboratoriya ishini bajarishda quyidagi qoidalarga rioya qilishi kerak:

1. Laboratoriyada ishlaganda ozodalikka, saranjomlikka, tinchlikka va xavfsizlik texnikasi qoidalariga rioya qilish lozim.
2. Mashg'ulot paytida talaba yakka o'zi tajriba o'tkazish mumkin emas.
3. Tajribani o'qituvchining ijozati bilan boshlash lozim.
4. Har bir laboratoriya ishi uchun lozim bo'lgan o'lchagich va asboblari shu ishga tegishli joyda bo'lishi kerak.
5. Laboratoriya ishini bajarishda elektr quvvati zarur bo'lganda undan foydalanish qoidalariga amal qilish lozim.
6. Har bir laboratoriya ishiga tegishli qurilma, asboblari laborant va o'qituvchi tomonidan tekshirilishi kerak.
7. Har bir talaba o'ziga topshirilib bajarilishi lozim bo'lgan ish yonida bo'lishi kerak.
8. Tajriba ishi tugatilgandan so'ng talaba olingan natijalarni o'qituvchiga ko'rsatishi shart va laboratoriya ishiga tegishli bo'lgan asbob va buyumlarni laborantga topshirishi kerak.

LABORATORIYA ISHLARINI TASHKIL QILISH USULLARI

Laboratoriya mashg'ulotlari nazariyada egallagan bilimlarni amaliyotda qo'llash, talabalarning bilimlarini mustahkamlash hamda o'lchov asboblari bilan ishlash va tajriba o'tkaza olish ko'nikmalarini shakllantirishda va rivojlantirishda katta ahamiyatga ega. Oliy o'quv yurtlarida o'tkaziladigan laboratoriya mashg'ulotlarini quyidagi: umumiy, aralash va siklli usullarda tashkil qilish mumkin.

1. Umumiy usul. Ushbu usulda har bir talaba o'tilgan mavzuga tegishli laboratoriya ishini bajarish imkoniyatiga ega bo'ladi. Ushbu usul dars davomida talabalarning faoliyatini boshqarish, darsni tashkil qilishtirishni yengillashtiradi. Umumiy usul, ma'lum laboratoriyalarda ayrim qurilmalardan bir nechta bo'lganda laboratoriya xonalarini kengaytirilish va barcha talabalarning bitta laboratoriya ishini alohida-alohida bajara olishiga sharoit tug'dirilishini talab qiladi. Bundan tashqari laboratoriya ishlarining bir xilligi, past o'zlashtiradigan talabalarning fikrlash qobiliyatini chegaralaydi.

2. Aralash bajarish usuli. Har bir talaba darsda o'tilgan yoki o'tilmaganidan qat'iy nazar laboratoriya ishlarini alohida-alohida bajaradi. Bu laboratoriya ishlarning mazmuni va bajarish usullari turlicha. Laboratoriya ishi bilan dars mavzularining bir-biriga mos kelmasligi, talabalarning kerakli adabiyotlar bilan mustaqil ishlashga o'rgatadi, fikrlash qobiliyatini kengaytiradi va aktivlashtiradi.

3. Siklli usul. Bu usulda esa amaliyotga kiritilgan laboratoriya ishlari, molekulyar fizika kursining mavzulari asosida yoki boshqa fizik kattalikning turli o'lchash usullarini umumlashtirish yo'li bilan birlashtirilib tashkil qilinadi. Yuqorida keltirilgan usullarni tahlil qilganda, oliy o'quv yurtlarida fizika fanidan o'tkaziladigan laboratoriya mashg'ulotlarini siklli usulda olib borish maqsadga muvofiqligiga amin bo'lamiz.

O'LCHASH JARAYONIDAGI XATOLIKLARI HAQIDA TUSHUNCHA

Biz qo'llaydigan o'lchov asboblari o'lchov ishlarini olib borish jarayonida natijalari ma'lum bir darajadagina aniqlikka ega bo'ladi. Shuning uchun ham, o'lchanayotgan kattalik bizga haqiqiy qiymatini emas balki taqribiy qiymatinigina beradi. O'lchash jarayonida o'lchov birligining eng kichik miqdorigacha bajarish imkoni mumkin bo'lsa, ana shu o'lchash natijasining aniqlik darajasi bo'ladi. O'lchovning aniqlik darajasi ushbu o'lchovda ishlatiladigan asboblarga, umumiy o'lchash usullariga bog'liq bo'ladi. Odatda o'lchangan qiymatning 0,1% gacha aniqlik etarli. Yakuniy natijaning aniqligini oshirish uchun har qanday jismoniy o'lchov tajriba o'tkaziladigan sharoitlarni o'zgartirmasdan bir marta emas, balki bir necha marta takrorlanishi kerak. Haqiqat shundaki, biz har doim o'lchovlar va hisob-kitoblarda ozmi-ko'pmi xato qilamiz. Ushbu xatolar ikki sababga ko'ra yuzaga kelishi mumkinligi sababli, ular ikki guruhga bo'linadi: har doim sodir bo'ladigan (tizimli) va tasodifiy xatolar.

Tizimli xatolar o'lchash asboblarining noto'g'ri ishlashi, o'lchash usulining noaniqligi yoki kuzatuvchining xatosi natijasida yuzaga keladi. Shubhasiz, o'lchovni bir necha marta takrorlash bu xatolarning ta'sirini kamaytirmaydi. Ushbu xatolarni bartaraf etish uchun siz o'lchash usulini tanqid qilishingiz, qurilmalarga aniq qarashingiz va amalda yaratilgan ish qoidalariga qat'iy rioya qilishingiz kerak bo'ladi.

Boshqa tomondan, tasodifiy xatolar eksperimentator bir necha daqiqada mutlaqo beixtiyor bajarishi mumkin bo'lgan xato natijasida yuzaga keladi. Ushbu xatolar bizning his-tuyg'ularimiz yaxshi rivojlanmaganligi va o'lchov paytida yuzaga keladigan boshqa ko'plab holatlar tufayli yuzaga keladi (ularni oldindan hisobga olish mumkin emas). Tasodifiy xatolar ehtimollik nazariyasi qonunlariga bo'ysunadi. Shuning uchun, agar qiymatni bir marta o'lchash natijasida olingan natija ushbu miqdorning haqiqiy qiymatidan katta bo'lsa, u holda ushbu miqdorning keyingi o'lchovlaridan birining natijasi haqiqiy qiymatdan kam bo'lishi

mumkin. Bunday holda, bir xil miqdordagi takroriy o'lchovlar natijasida tasodifiy xatolarning kamayishi juda aniq, chunki haqiqiy qiymatdan og'ish bir tomonlama og'ishdan katta bo'lishi ehtimoldan yiroq emas. Shuning uchun har qanday o'lchov natijalarining arifmetik o'rtacha qiymati kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinroq bo'ladi. Faraz qilaylik, ayrim kattaliklarni o'lchash talab etilsin:

Alohida o'lchovlarning natijalari $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ bo'lsin, n - alohida o'lchovlar soni. Keyin bu natijalarning arifmetik o'rtacha qiymati:

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n N_n \quad (1)$$

Ushbu qiymat o'lchangan qiymatning haqiqiy qiymatiga eng yaqin bo'ladi. Ushbu o'rtacha qiymatdan har bir alohida o'lchov o'rtasidagi farq, ya'ni:

$$\begin{aligned} |\bar{N} - N_1| &= \Delta N_1 \\ |\bar{N} - N_2| &= \Delta N_2 \\ |\bar{N} - N_3| &= \Delta N_3 \\ |\bar{N} - N_n| &= \Delta N_n \end{aligned} \quad (2)$$

Bular alohida o'lchovlarning mutlaq xatolari deb ataladi. Ushbu xatolarga ishora boshqacha ya'ni turli xil bo'ladi. Ular ijobiy yoki salbiy bo'lishi mumkin. Mutlaq xatoning o'rtacha qiymatini hisoblash uchun xatoning ba'zi raqamli qiymatlarining arifmetik o'rtacha qiymati olinadi.

$$\Delta \bar{N} = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3 + \dots + \Delta N_n}{n} \quad (3)$$

$\frac{\Delta N_1}{N_1}, \frac{\Delta N_2}{N_2} \dots$ nisbatlarga ayrim o'lchashlarning nisbiy xatoliklari deyiladi.

O'lchangan qiymatning o'rtacha mutlaq xatosining arifmetik o'rtacha qiymatiga nisbati o'rtacha nisbiy o'lchov xatosi (E) deb ataladi.

$$E = \frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}} \quad (4)$$

Nisbiy xatoliklar foizlarda ifodalanadi:

$$E = \frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}} \cdot 100\% \quad (5)$$

Laboratoriya ishi-1. Doimiy temperaturada gaz bosimining hajmga bog'liqligini o'rganish (Boyl-Mariott qonuni)

Ishni maqsadi:

- O'zgarmas haroratda havo ustunining hajmi V ning bosim P ga bog'liqligini o'rganish.
- Boyle-Mariott qonunini tekshirish.

Nazariy ma'lumotlar



Robert Boyle 1627-yilning 25-yanvar sanasida Irlandiyadagi Lismor Kasleda dunyoga kelgan. U 8 yoshida Robert Iton universitetiga o'qishga kirgan. Robert Boyle nafaqat tadqiqotchi olim sifatida, balki fanni tizimlashtirgan va tartibga solgan tashkilotchi olim sifatida ham fanda yorqin iz qoldirdi. Boyle o'z davrining olimlariga xos qomusiy olim edi. U nafaqat fan sohasi bilan shug'ullangan, balki boshqa fan sohalarini ham qamrab olgan edi. Xususan, u bir vaqtning o'zida biologiya, tibbiyot, fizika, kimyo, falsafa, tilshunoslik va hatto diniy ta'limot bilan shug'ullangan. 1670-1680 yillarda Robert Boyle o'zining ko'plab ilmiy ishlari va asarlari bilan butun Angliyada taniqli bo'ldi. Olim rasmiy hukmron doiralarda va ilm-fan odamlari orasida katta obro'ga ega bo'ldi. U Angliyadagi eng kuchli kimyoviy mutaxassis deb tan olingan. Ko'p yillar davomida ilm-fanning turli sohalarida samarali ishlagan olim Robert Boyle 1691 yil 30 dekabrda vafot etdi. U Angliyaning eng buyuk bolalari dafn etilgan Vestminster abbatligida dafn etilgan.

Boyle o'limidan oldin juda muhim vasiyat qoldirdi. U hayoti davomida toplagan barcha mol-mulk va boyliklarni Angliyada ilm-fanni yanada rivojlantirishga, shu jumladan Qirollik jamiyatini moddiy merosi orqali moliyalashtirishni davom ettirishga, yosh olimlarni moliyaviy qo'llab-quvvatlashga sarflanishini istashini vasiyat qilgan. Bundan tashqari, Boyle undan keyin qolgan meros tufayli har yili fizika va ilohiyot anjumanlarini o'tkazishni tanlagan. Butun

hayotini ilm-fanga bag'ishlagan buyuk olim Robert Boyl vafotidan keyin ham ilm-fanga shu tarzda xizmat qilishni davom ettirdi.

Boyl o'limi oldidan juda muhim vasiyat qoldirgan. U o'zi umri davomida ishlab topgan va yiqqan mol-mulki va boyliklarining barcha-barchasi Angliyada ilm-fanni yanada taraqqiy etishi uchun sarflanishini istashini va jumladan, uning moddiy merosi hisobidan Qirollik Jamiyatining moliyalashtirilishi davom etishini, yosh olimlarni moddiy qo'llab-quvvatlashga yo'naltirilishini vasiyat qilgan. Bundan tashqari, Boyl o'zidan keyin qoladigan meros hisobidan fizika va dinshunoslik bo'yicha yillik anjumanlar o'tkazilishini ham ixtiyor qilgan edi. Butun umrini ilmga bag'ishlagan buyuk olim Robert Boyl, o'limidan so'ng ham shu tarzda ilm-fanga xizmat qilishda davom etdi.



Fransuz fizigi Edma Mariott 1620 yilda Fransiyaning Dijon shahrida tug'ilgan. Mariott Parijda tashkil etilgan Fanlar akademiyasining asoschilaridan biri (1666) va birinchi a'zolari edi. Ilmiy ishlari mexanika, issiqlik, optikaga tegishli. Mariottning eng muhim asarlari uning "Essais de physique" (Fizika insholari, 1676-1681) to'rt jildda to'plangan. Ulardan eng mashhuri ikkinchi soni - "De la nature de l'air" (Havoning tabiati haqida nutq, Parij, 1679) - Unda abbat Mariott butunlay boshqa fan muammaslari qatorida, Robert Boylning tadqiqotlariga o'xshash tajribalar haqida mufassal bayonlar keltirib, havoning bosimi va egallaydigan hajmi orasidagi bog'liqliklarni tadqiq va tahlil qiladi. Edma Mariott 1684 yilda Parijda vafot etdi.



Ideal gazning massasi ($m = \text{const}$) va harorati ($T = \text{const}$) o'zgarmas bo'lgandagi gaz holining o't'zgarish jarayoniga izotermik jarayon deyiladi.

Izoterma soʻzi grekcha soʻzdan olingan boʻlib, «izos» - teng, «termos» - issiq degan maʼnoni anglatadi.

Izotermik jarayondagi qonuniyatni 1662-yilda ingliz fizigi **R.Boyl** 1676- yilda fransuz fizigi **E.Mariott** tajribalar asosida bir-biridan bexabar holda kashf qilgan. Shuning uchun bu qonuniyat **Boyl-Mariott qonuni** deyiladi.

Ideal gazning holati toʻliq uchta oʻlchanadigan miqdor bilan ifodalanadi: bosim, harorat, hajm. Ushbu uchta qiymat oʻrtasidagi nisbat asosiy gaz qonuni bilan belgilanadi:

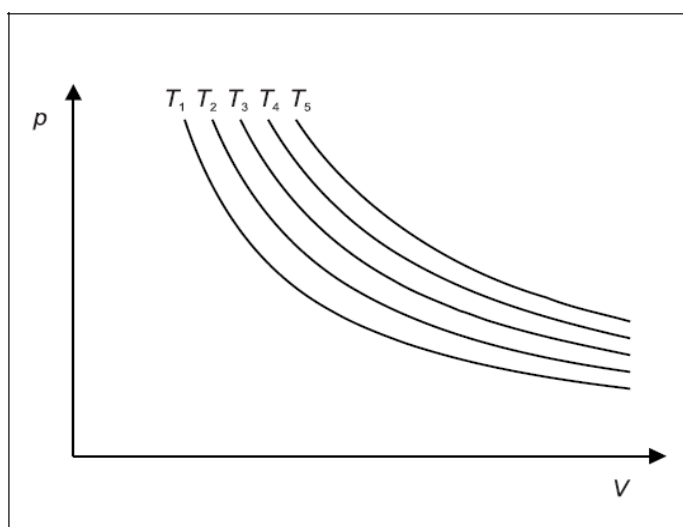
$$PV = \nu RT \quad (1)$$

bu yerda P – bosim; V - hajm; T – harorat; ν –ideal gazning moldagi miqdori; R - universal gaz doimiysi ($R = 8,31 \frac{J}{K \cdot mol}$)

Agar bosim, hajm yoki harorat miqdorlaridan oʻzgarmas qolsa, qolgan ikkita qiymatni bir-biridan alohida oʻzgartirish mumkin emas. Masalan, doimiy haroratda Boyle-Mariott qonuni quyidagicha bajariladi:

$$PV = const \quad (2)$$

Ushbu tajribada ushbu qonun gaz termometri yordamida tasdiqlanadi. Gaz termometri bir uchi ochiq boʻlgan shisha kapillyardan iborat. Bir oz havo kapillyar ichidagi simob tomchisi bilan mahkam yopiladi. P_0 tashqi bosimida kapillyar ichidagi havo V_0 hajmiga ega.



1-rasm. Doimiy haroratda ideal gazning PV diagrammalari.

Xona haroratida qoʻlnasosi (qoʻl bilan yurgiziladigan) yordamida havoni soʻrib olish, havo ustunida $P_0 + \Delta P$ bosim hosil boʻlishighacha davom ettiriladi, bu yerda P_0 – tashqi bosim. Simobning tomchisi ham havo ustuniga bosim beradi:

$$P_{Hg} = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_{Hg} \quad (3)$$

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

Gaz termometridagi havo ustunidagi umumiy bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$P = P_0 + \Delta P + P_{Hg} \quad (4)$$

Qamalgan havo hajmi V bosim P bilan aniqlanadi. Hajm V , kapillyarning kesma yuzasi a va havo ustunining balandligi h bilan quyidagi fiormula orqali ifodalanadi:

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

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

<i>Kerakli asbob va meteriallar.</i>	
1. Gazli termometr	382 00
2. Vakuumli qoʻl nasosi	375 58
3. V shaklsimon shtativ asosi, 20 sm	300 02
4. Ustunli shtativ, 47 sm	300 42
5. Qistirgich	301 11

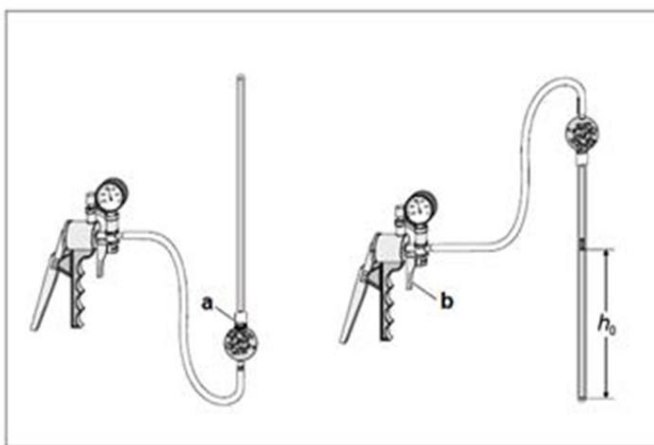
Tajriba qurilmasi

Simob tomchilarini yigʻish

- Vakuum qoʻlnasosini (qoʻl bilan yurgiziladigan) gazli termometrga ulang va termometrni shunday ushlangki, uning ochiq uchi pastga qarab yoʻnalgan boʻlsin. (2-rasmga qarang).
- Vakuum qoʻlnasosi yordamida maksimum ortiqcha bosimni ΔP yuzaga keltiring

va tomchi shaklidagi simobni qavariq joyga (a) to‘plang.

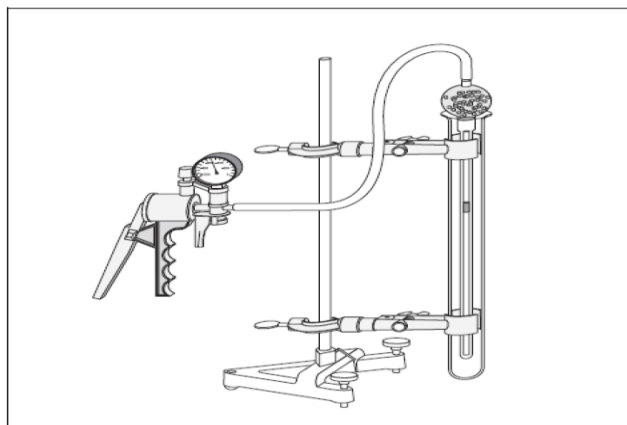
- Vakuum qo‘l nasosining ortiqcha bosim ΔP ni manometri manfiy qiymat tarzida ko‘rsatadi.
- Agarda hali ham simobning tomchilari kapillyarda qolsa, kapillyarni sekin turtkilab, ular qavariq joyga (a) siljiriladi.
- Simob bilan berkitilgan kapillyar uchida qolgan kichkina simob tomchisi tajribani bajarishga xalaqit bermaydi.



2- rasm. *Simob tomchilarini yig‘ish va dastlabki gaz hajmini V_0 o‘rnatish.*

Gaz hajmini V_0 o‘rnatish

- Gaz termometridan foydalanish uchun uni asta-sekin ish joyidan (ochiq uchi yuqoriga) aylantiring, shunda simob kapillyarning kirish qismiga kiradi.
- Vakuum qo‘l nasosining ventilyatsiya klapanini (b) sekinlik bilan oching va ΔP bosimni sekin 0 ga shunday kamaytiringki, simob yakka bog‘langan tomchi bo‘lib asta yumalasin.



3-rasm. Doimiy haroratda gaz hajmining bosimga bog‘liqligini o‘rganish uchun mo‘jallangan tajriba qurilmasi.

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

Agar katta simob tomchisi kuchli ventilyatsiya yoki vibratsiya natijasida bo‘linib ketsa, qaytadan simobni yig‘ing.

Tajribani o‘tkazish tartibi

1. Tashqi bosim P_0 ni aniqlang.
2. h_{Hg} simob ustunining balandligini gaz termometri shkalasi bo'yicha yozib oling.
3. Vakuumli qo‘lnasosidan foydalanib, ortiqcha bosimni ΔP yuzaga keltirilib, uni asta-sekin oshirib boring.
4. Har safar havo ustunining balandligini h , ΔP bilan birgalikda yozib boring.

Tajriba namunasi

Tashqi bosim: $P_0 = 102,6 \text{ kPa}$

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

1-jadval. Havo ustuni balandligining h bosimlar farqiga ΔP bog‘liqligi.

$\Delta P,$ kPa	0	-60	-100	-150	-200	-250	-300	-340	-410	-450	-500	-550	-600	-650	-690	-740	-780	-800
$h,$ sm	7.0	7.7	8.0	8.45	8.9	9.5	10.5	10.9	12.1	12.9	14.1	15.4	17.1	20.0	22.5	26.7	31.3	34.7

Natijalar va ularning tahlili.

(3) tenglamaga asosan, simob ustuni yuzaga keltirayotgan bosim P_{Hg} quyidagiga teng:

$$P_{Hg} = 13.6 \text{ g/sm}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 11 \text{ mm} = 1,5 \text{ kPa}$$

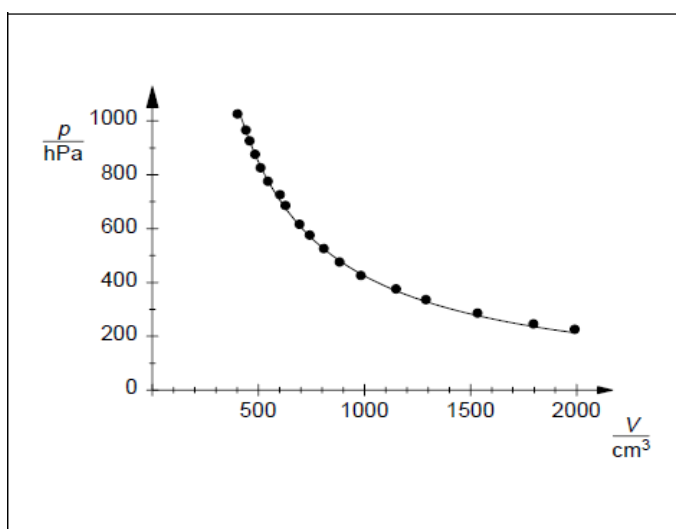
$V(\text{mm}^3)$	401.1	441.2	441.2	484.2	510	544.4	601.7	627.4	693.3	742	807.9	882.4	982.7	1148.9	1289.3	1532.8	1796.4	1991.2
$P(kPa)$	102,6	96,6	92,6	87,6	82,6	77,6	72,6	68,6	61,6	57,6	52,6	47,6	42,6	37,6	33,6	28,6	24,6	22,6

2-jadval: Havo bosimining (o‘lchangan ΔP qiymatlari bo‘yicha, 1-jadval.)

hajmga V (h qiymatlari bo‘yicha hisoblangan, 1-jadval) bog‘liqligi.

$$P = \frac{C}{V} \quad \text{bu yerda} \quad C = 42400 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}^3} \quad C = 42400 \text{ kPa/mm}^3.$$

O‘lchash aniqligi chegarasida, bu egrilik olingan tajriba natijalari bilan mos keladi. Shunday qilib, (2) tenglama qamalgan havo ustuni uchun bajariladi, ya’ni havo ustuni o‘zini ideal gaz kabi tutadi.



3-rasm. P va V ning o‘lchangan qiymatlari bo‘yicha tuzilgan grafik keltirilgan (2-jadval.) Bu yerda uzluksiz silliq egrilik giperbolaga mos keladi.

Xulosa:

Doimiy haroratda, ideal gazning bosimi va hajmi bir biriga nisbatan teskari proporsional. Doimiy haroratda ideal gaz bosimining hajmiga ko‘paytmasi doimiy bo‘ladi (Boyl – Mariott qonuni).

Nazorat savollari

1. Izojarayon deb qanday bog‘lanishga aytiladi?
2. Makroskopik parametrlarning o‘zaro bog‘lanishini izohlab bering?
3. Izojarayonlar grafiklarini tushuntiring?
4. Ishning maqsadi nima va ishning bajarish tartibini tushuntiring?

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. “Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika.” 1-qism. “Fan va texnologiya”-2005y.

2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O‘zbekiston, T.-2001 y.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. “O‘qituvchi”, Toshkent 1978y.

Laboratoriya ishi-2. Doimiy bosimda gaz hajmining temperaturaga bog‘liqligi (Gey - lyussak qonuni)



Ishni maqsadi:

- Doimiy bosimda P gaz hajmining V haroratga bog‘liqligini aniqlash

Nazariy ma’lumotlar

Jozef-Lui Gey-Lyussak Fransiyaning Sen-Leonard-de-Noblat shahrida 1778 yil 6-dekabrda tug‘ilgan. U Fransuz fizigi va kimyogari. Uning fanga qo‘shgan asosiy hissasi gazlarning hatti-harakatiga oid ikkita qonunidan iborat edi. Birinchisi, Sharl qonuni deb nomlanib, o‘zgarmas hajmdagi gaz bosimining uning haroratiga bog‘liq ekanligi aytiladi. Ikkinchisi esa, Gey-Lyussak qonuni deb nomlangan, gaz bosimi o‘zgarmas bo‘lganda hajmning haroratiga bog‘liq ekanligi aytiladi. Qonun 1802 yilda olim tomonidan tajribada aniqlangan. Olimga 1839 yilda qirol Lui Filipp I tomonidan "Par de France" deb nom berilgan.

Ushbu kimyogar Parijga juda yaqin bo‘lgan Arkuilidagi uyida o‘zining ilmiy laboratoriyasini ochgan edi. Vaqt o‘tishi bilan ushbu korxona mamlakatdagi eng yirik xususiy tadqiqot markazlaridan biriga aylanadi. 1850 yilning 9-may kuni Lui Jozef Gey-Lyussak Fransiya poytaxtida vafot etdi. Uning jasadi Pere-Laxiz qabristoniga dafn etilgan.



Ideal gazning massasi va bosimi o‘zgarmas bo‘lgandagi gaz holatining o‘zgarish jarayoniga izobarik jarayon deyiladi. ν mol miqdordagi ideal gazning

holati tajribada aniqlanishi mumkin bo'lgan qiymatlari bilan 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 – harorat; ν – ideal gazning moldagi miqdori; R - universal gaz doimiysi $\left(R = 8,31 \frac{J}{K \cdot mol}\right)$.

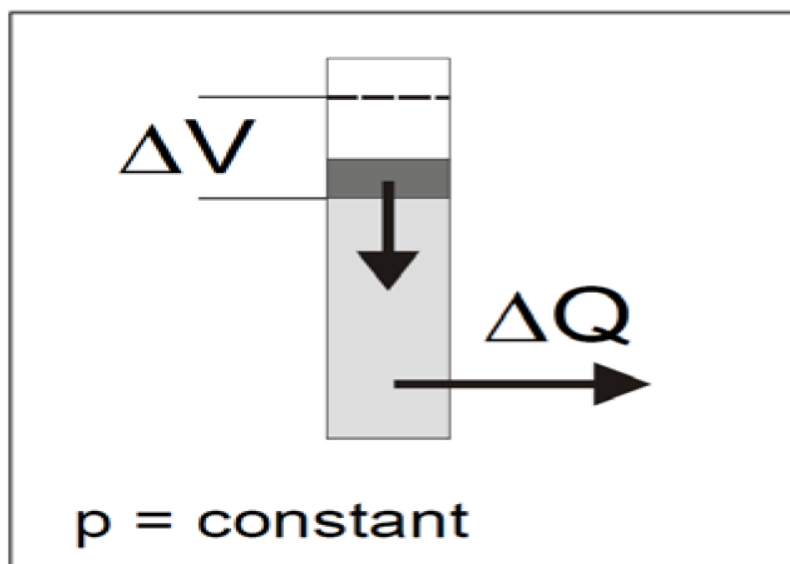
Agar miqdorlardan biri- bosim (P), hajm (V) yoki harorat (T) o'zgarmas bo'lib qolsa, qolgan ikki miqdorni bir-biridan mustaqil ravishda o'zgartirib bo'lmaydi. Masalan, doimiy bosimda holatlarning Gey-Lyussak munosabati o'rinli bo'ladi:

$$V \sim T \quad (2)$$

Mazkur tajribada bu qonun gazli termometr yordamida tasdiqlanadi. Gazli termometr shisha kapillyardan tashkil topgan bo'lib, uning bir uchi ochiq. Kapillyar nay ichida havoning ma'lum miqdori simobning tomchisi bilan zich mahkamlanadi. Tashqi P_0 bosimda, kapillyar ichidagi havo V_0 hajmga ega. Gazli termometr harorati taxminan $t \approx 90^\circ\text{C}$ 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.



1-rasm. Termodinamik jarayonning sxematik tasvirlanishi.

Kerakli asbob va materiallar.

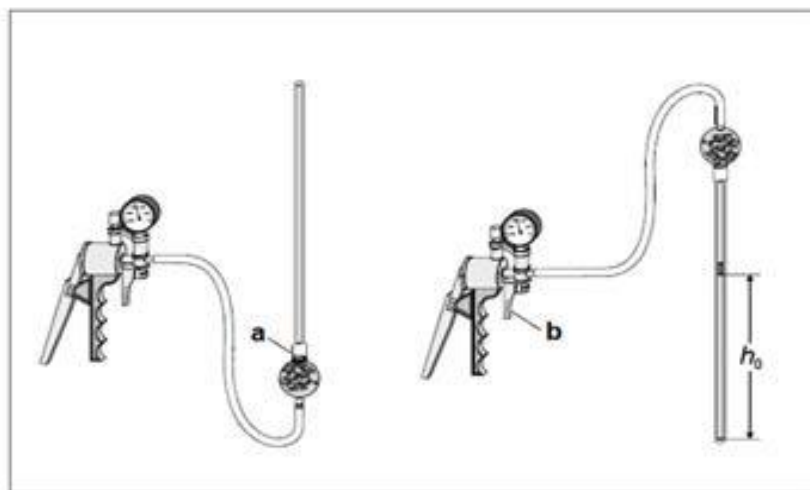
- | | |
|--|---------------------|
| 1. Gazli termometr | 382 |
| 2. Vakuumli qo'lnasosi..... | 375 |
| 3. Asosi 20 sm li V shaklsimon shtativ..... | 300 |
| 4. Ustuni 47 sm li shtativ | 300 42 |
| 5. "Timsoh" tipli qistirgich..... | 301 11 |
| 6. Qizdiruvchi elektr plitka | 666 767 |
| 7. Shisha o'lchov stakani, 400 ml | 664 103 P2.5.2.2(a) |
| 8. Raqamli termometr | 666 |
| 9. NiCr-Ni temperatura datchigi | 666 P2.5.2.2(b) |
| 10. Mobil CASSY Lab | 524 |
| 11. NiCr-Ni aylantirgich S..... | 524 |
| 12. NiCr-Ni temperatura datchigi 1.5 mm..... | 529 676 |

Tajriba qurilmasi

Simob tomchilarini yig'ish

Vakuumli qolnasosini gazli termometrga ulang va termometrni shunday ushlangki, uning ochiq uchi pastga qarab yo'nalgan bo'lsin. (2-rasmga qarang).

Vakuum qo'lnasosi yordamida maksimum ortiqcha bosim ΔP ni yuzaga keltiring va tomchi shaklidagi simobni qavariq joyda (a) to'plang.



2-rasm. Simob tomchilarini yig‘ish va dastlabki gaz hajmini V_0 o‘rnatish.

Vakuum qo‘lnasosining ortiqcha bosim ΔP ni manometer manfiy qiymatda ko‘rsatadi.

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

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

Gaz hajmini V_0 o‘rnatish

- Gaz termometridan foydalanish uchun uni asta-sekin ish joyidan (ochiq uchi yuqoriga) aylantiring, shunda simob kapillyarning kirish qismiga kiradi.
- Vakuum qo‘lnasosining ventilyatsiya klapanini (b) sekin oching va ΔP bosimni sekin 0 ga shunday kamaytiringki, simob yakka bog‘langan tomchi bo‘lib asta yumalasin.
- Gazli termometr bilan katta trubkani shtativ ustuniga o‘rnating.

Agar katta simob tomchisi kuchli ventilyatsiya yoki vibratsiya natijasida parchalansa, qaytadan simobni yig‘ing.

Haroratni raqamli termometr bilan o‘lchash (o‘lchash asbobini taqdimot qilish)

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

Haroratni Mobil CASSY yordamida o‘lchash (ko‘chma o‘lchash asbobi)

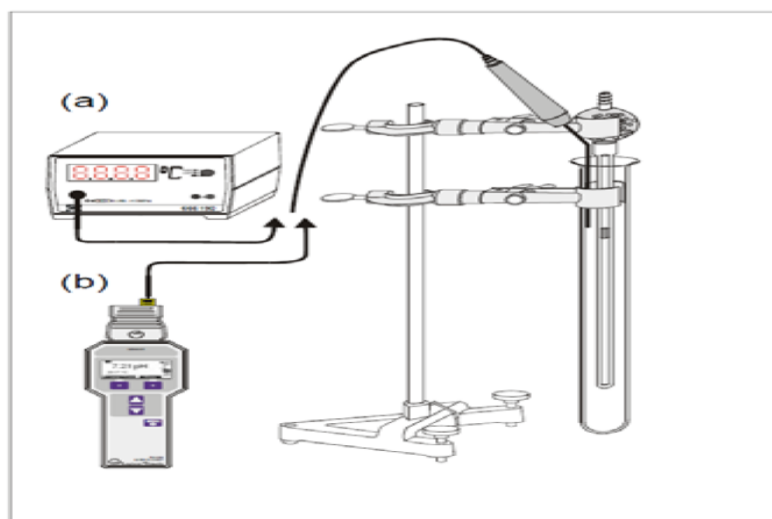
Gazli termometrga parallel qilib harorat datchigini NiCr-Ni katta probirkaga kiriting va uni MobilCASSY bilan ulang.

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.

Ishni bajarish tartibi:

- Shisha idishdagi 400 ml hajmli suvni 90 °C gacha elektroplitkada qizdiriladi.
- Issiq suvni ehtiyotlik bilan shisha idishga quyding. Gazning boshlang'ich bosimi harorat ko'tarilib borgan sari pasayadi.
- Harorat ortishini kuzating va harorat bilan havo ustunining balandligini aniqlash uchun, harorat pasaya boshlash momentini kuzatiladi.
- Suv vannasining (probirkadagi suv) sovushi jarayonida gazli termometrning haroratini t va berk havo ustunining balandligi asta-sekin o'lchanadi.



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

Tajriba namunasi

1-jadval . Berk havo ustuni balandligi h haroratning t funksiyasi sifatida.

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

Natijalar va ularning tahlili

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

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

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

Chiziqli regressiyani manfiy haroratlar tarafga ekstrapolyasiyalashdan absolyut nol haroratni ($T = 0 \text{ K}$) regressiya chizig'i harorat o'qi ($P = 0$) bilan kesishgan nuqta orqali aniqlash mumkin.

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

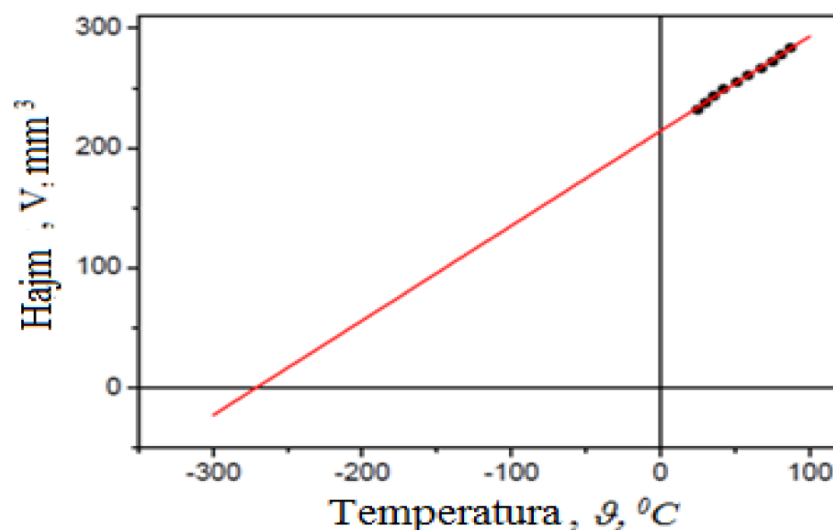
$$t = T + t_0$$

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

2-jadval. Gaz hajmi V (o'lchangan h qiymatlaridan (1-jadval) foydalanib, (3) formula bo'yicha hisoblangan) haroratning t funksiyasi sifatida

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

Doimiy haroratda ideal gazning hajmi haroratga to'g'ri proporsional (Gey-Lyussakqonuni).



4-rasm. Qamalgan havo hajmining V haroratga t bogʻliqligi
Qizil chiziqli chiziqli regressiya natijalariga mos keladi.

Nazorat savollar

1. Gey-lyussak qonunini izohlab bering?
2. Ishning maqsadini nima va ishni bajarish tartibini tushuntiring?
3. 4-rasmni izohlab bering?
4. Ishning maqsadi nima va ishning bajarish tartibini tushuntiring?

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. “Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika.” 1-qism. “Fan va texnologiya”-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O‘zbekiston, T.-2001 y.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. “O‘qituvchi”, Toshkent 1978y.
2. <https://yandex.ru/video/preview/6262004436149302789>

Laboratoriya ishi-3. Doimiy hajmda gaz bosimining temperaturaga bogʻliqligini oʻrganish (Sharl qonuni) (Amonton qonuni).

Ishni maqsadi:

- Doimiy hajmda gaz bosimining haroratga bogʻliqligini aniqlash.

Nazariy ma'lumotlar

Jak Aleksandr Sezar Sharl (1746-1823) frantsuz fizigi va ixtirochi. Yoshligida u Moliya vazirligida xizmatchi, keyinroq Parijdagi San'at va hunarmandchilik konservatoriyasida eksperimental fizika professori bo'lgan. 1816 yilda Sharl Parij Fanlar akademiyasining prezidenti etib saylandi. Aeronavtika kashshofi. Aka-uka Montgolfierlardan so'ng darhol kauchuk matodan shar yasadi va uni to'ldirish uchun birinchi bo'lib vodoroddan foydalangan. Balonni loyihalashda u bugungi kungacha qo'llanilayotgan ochiq gazli pechning dizaynini ishlab chiqdi. 1783 yilda u yangi dizayndagi havo sharida birinchi parvozini amalga oshirdi. Sharl 1823 yil 7 aprelda 76 yoshida Parijda vafot etdi.

Jak Aleksandr Sezar Sharl vodorod yoki havodan yengilroq boshqa gaz bilan to'ldirilgan sharning ixtirochisi sifatida tanilgan. U ixtirochi nomidan Charliyer nomini olgan (issiq havo shariga o'xshash). Uning vodorod bilan to'ldirilgan birinchi havo shari 1783 yil 27 avgustda Champ de Marsdan Parijda ko'tarildi. O'sha yili, 1 dekabrda u muhandis, shar ishlab chiqaruvchilardan biri Nikolas Lui Robert bilan birgalikda o'zining birinchi havo sayohatini amalga oshirdi. U o'zining nomi bilan atalgan qonunini kashf etdi: doimiy hajmda ideal gazning bosimi uning mutloq haroratiga to'g'ridan-to'g'ri proporsionaldir.



Ideal gazning massasi va hajmi o'zgarmas bo'lgandagi gaz holatining o'zgarish jarayoniga izoxorik jarayon deyiladi. Ideal gazning holati uchta o'lchanadigan miqdorlar bosim, harorat, hajm orqali ifodalanadi. Bu uch miqdor orasidagi munosabat asosiy gaz qonuni bilan aniqlanadi.

$$PV = \nu RT \quad (1)$$

Bu yerda P -bosim, V -hajm, T -harorat, ν -ideal gazning moldagi miqdori, R -universal gaz doimiysi (8,31 J/Kmol)

Agar miqdorlardan biri-bosim, hajm yoki harorat 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:

$$P \sim T \quad (2)$$

Ushbu tajribada (2) nisbat gaz termometri yordamida tasdiqlanadi. Gaz termometri bir uchi ochiq bo'lgan shisha kapillyardan iborat. Bir oz havo kapillyar ichidagi simob tomchisi bilan mahkam yopiladi. P_0 tashqi bosimida kapillyar ichidagi havo V_0 hajmiga ega.

Xona haroratida qo'lnasosi (qo'l bilan yurgiziladigan) 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:

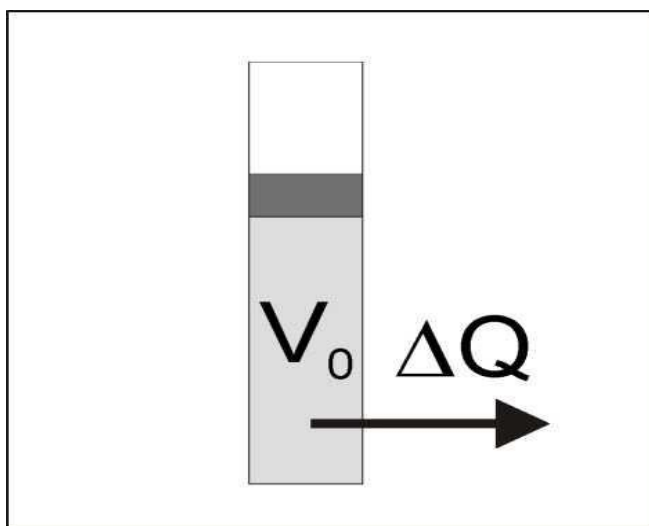
$$P_{Hg} = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_{Hg} \quad (3)$$

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

Gazli termometrda havo ustunidagi umumiy bosim quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P = P_0 + \Delta P + P_{Hg} \quad (4)$$

Termometr harorati $90^\circ C$ ga yaqin suvga joylashtiriladi va bu sistema asta-sekin sovutiladi. Gazli termometrdan Vakuum qo'lnasosi orqali havoni so'rib olish orqali, sovutish vaqtida havoning hajmi doimiy saqlanadi.



1-rasm. Termodinamik jarayonning sxematik tasavvur etilishi

Tajriba qurilmasi

Simob tomchilarini yig'ish

- Vakuum qo'lnasosini gazli termometrغا shunday ushlangki, uning ochiq uchi pastga qarab yo'nalgan bo'lsin. (2-rasmga qarang).
- Vakuum qo'lnasosi yordamida maksimum ortiqcha bosimni ΔP yuzaga keltiring va tomchi shaklidagi simobni qavariq joyga (a) to'plang.
- Vakuum qo'lnasosining ortiqcha bosimni ΔP manometer manfiy qiymatda 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.
 - Vakuum qo'lnasosining ventilyatsiya klapanini (b) sekin oching va ΔP 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 ventilyatsiya yoki vibratsiya natijasida parchalansa, qaytadan simobni yig'ing.

Kerakli asbob va materiallar.

1. Gazli termometr	382 00
2. Vakuumli qo'lnasos.....	375 58
3. Asosi 20 sm li V shaklsimon shtativ	300 02
4. Ustuni 47 sm li shtativ	300 42
5. "Timsah" tipli qistirgich	301 11
6. Qizdiruvchi elektr plitka	666 767
7. Shisha o'lchov stakani, 400 ml	664 1

P2.5.2.2(a)

8. Raqamli termometr.....	666 190
9. NiCr-Ni temperatura datchigi	666 193

P2.5.2.2(b)

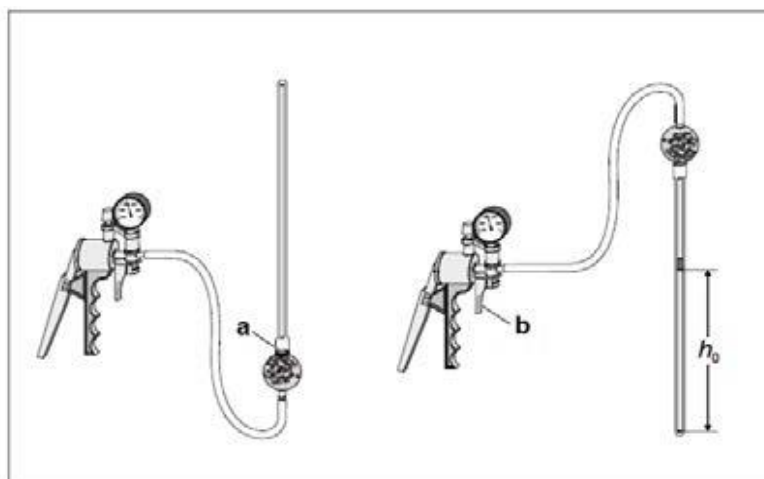
10. Mobil CASSY Lab.....	524 009
11. NiCr-Ni aylantirgich S	524 0673
12. NiCr-Ni temperatura datchigi 1.5 mm.....	529 676

Haroratni raqamli termometr bilan o'lchash (o'lchash asbobini taqdimot qilish).

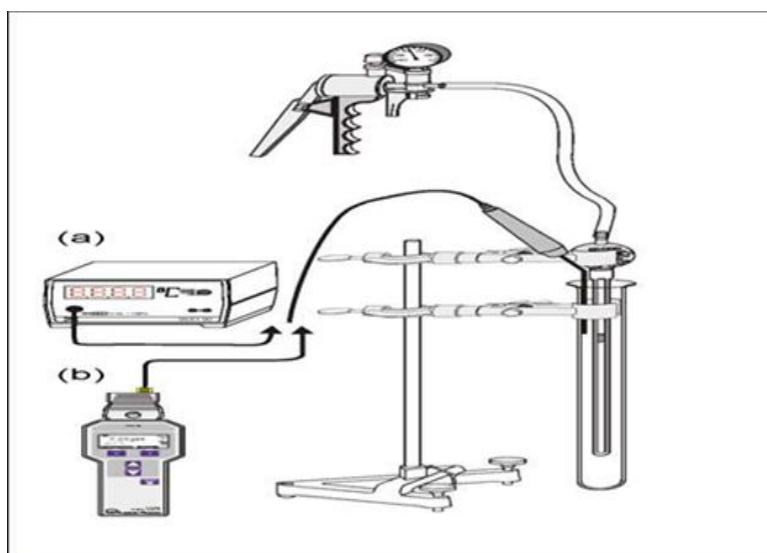
Gazli termometrga parallel qilib harorat datchigini NiCr-Ni katta probirkaga kiriting va uni raqamli termometr bilan ulang.

Haroratni Mobil CASSY yordamida o'lchash(ko'chma o'lchash asbobi)

Gazli termometrga parallel qilib harorat datchigini NiCr-Ni katta probirkaga kiriting va uni Mobil CASSY bilan ulang.



2-rasm. *Simob tomchilarini yig‘ish va dastlabki gaz hajmini V_0 o‘rnatish.*



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

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.

Ishni bajarish tartibi

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

- Issiq suvni ehtiyotlik bilan shisha idishga quying.
- Harorat ortishini kuzating va harorat pasayaboshlash 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:

- Vakuum qo'lnasosi bilan haydab ortiqcha bosimni to simob ustuni dastlabki balandligiga h_0 erishmaguncha oshiring (ya'ni, shunday qilib, doimiy hajmda V_0 o'lchash sharoitini ta'minlash uchun, sovish jarayoni vaqtida hajmning kamayishi kompensasiya qilinadi).

- Haroratni t va ortiqcha bosimni ΔP yozib oling.

Tajriba namunasi

1-jadval. Berk V_0 hajmga qamalgan havo bosimining ΔP haroratga t bog'liqligi.

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

$$P_0 = 101,1 \text{ kPa}, h_{Hg} = 11 \text{ mm}$$

Natijalar va ularning tahlili

(4) tenglamadan foydalanib, ortiqcha bosimning o'lchangan qiymatlari bo'yicha berk hajmdagi havoning bosimini hisoblab topish mumkin. (2-jadval).

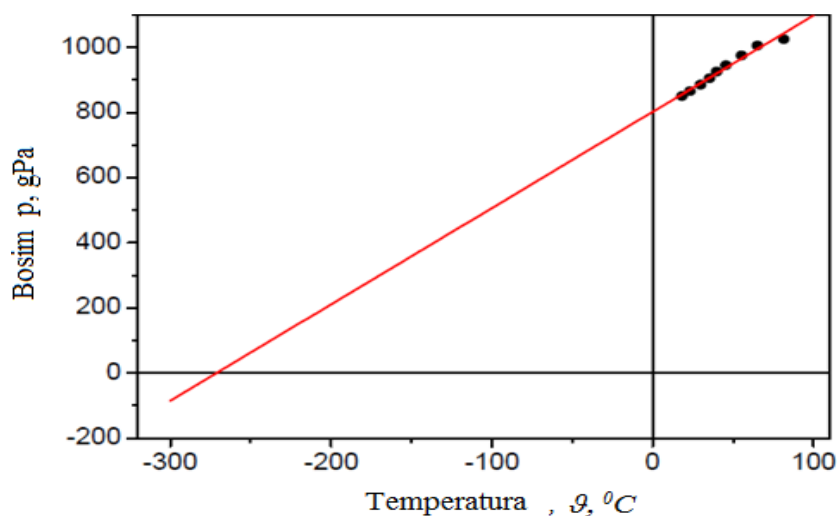
$$P_{Hg} = 13,6 \frac{\text{g}}{\text{sm}^2} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 11 \text{ mm} = 1,5 \text{ kPa}$$

4-rasm 2-jadvada keltirilgan qiymatlarning grafigi. To'g'ri chiziqli regressiya bo'yicha quyidagi formuladan hisoblandi:

$$P = 80,23 \text{ kPa} + \left(0,296 \frac{\text{kPa}}{^{\circ}\text{C}}\right) t$$

2-jadval. Hajmning V (3) formulaga asosan 1-jadvalda keltirilgan h ning o'lgan qiymatlaridan foydalanib) haroratga t bog'liqligi.

t ($^{\circ}\text{C}$)	81.5	65.2	55.2	45.5	39.9	35.3	29.7	23.3	18.3
P (kPa)	102,6	100,6	97,6	94,6	92,6	90,6	88,6	86,6	85,1



4-rasm. Berk hajmga V_0 qamalgan havo bosimining haroratga t bog'liqligi. Qizil chiziqli regressiya natijalariga mos keladi.

Chiziqli regressiyani manfiy haroratlar tarafga ekstrapolyatsiyalashdan absolyut nol haroratni ($T=0\text{K}$) regressiya chizig'i ($P=0$) harorat o'qi bilan kesishgan nuqta orqali aniqlash mumkin.

$$t = 271^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C} \quad t = T + t_0 \quad P = (0,296 \text{ kPa/K}) \cdot T$$

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

Nazorat savollari

1. Sistema kengayishida bajargan ish.
2. Molekulyar sathdagi ideal gaz qonuni. Avogadro soni.

3. Haroratning absolyut noli nima?
4. Ishning maqsadi nima va ishning bajarish tartibini tushuntiring?

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. "Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika." 1-qism. "Fan va texnologiya"-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston, T.-2001 y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. "O'qituvchi", Toshkent 1978y.

Labaratoriya ishi-4. Suyuqliklarning hajmiy kengayish koefitsiyentini aniqlash.

Ishni maqsadi:

- Dilatometrning hajmi V_0 ni aniqlash. Haroratning funksiyasi sifatida suv va etanolni hajmlarining kengayishini o'lchash va ularning hajmiy kengayish koefitsiyentlarini γ aniqlash.
- Suv bilan etanolning hajmiy kengayish koefitsiyentlarini taqqoslash.

Nazariy ma'lumotlar

Agar V_0 hajmga ega idish ichidagi suyuqlikning harorati t , Δt ga o'zgarsa, qattiq jismda kuzatiladigandek, uning hajmi ΔV_0 ga o'zgaradi.

$$\Delta V_0 = \gamma V_0 \Delta t \quad (1)$$

Suyuqliklarning hajmiy kengayish koefitsiyentini aniqlash

Amalda hajmiy kengayish koefitsiyenti γ suyuqlikning haroratiga t bog'liq emas, ammo suyuqlikning turiga bog'liq. Umuman olganda suyuqliklar odatda, qattiq jismlarga nisbatan ko'proq kengayadi. Hajmiy kengayish koefitsiyenti dilatometr yordamida aniqlanishi mumkin.

Dilatometr tor bo'g'izli shisha kolba bo'lib, uning ustki tomonidan, radiusi r

bo‘lgan ochiq kapillyar mahkamlab qoyiladi. Uning yon tomoniga chizib qo‘yilgan milimetrli shkala yordamida kapillyardagi suyuqlikning sathi h aniqlanadi. Suvli vannada shisha kolba bir tekisda qizdirilsa, suyuqlikning hajmi kengayishi hisobiga kapillyardagi suyuqlikning sathi ko‘tariladi. Suyuqlik sathining o‘zgarishi Δh hajmning o‘zgarishiga mos keladi, ya’ni

$$\Delta V = \pi r^2 \Delta h \quad (2)$$

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

Bundan tashqari dilatometrni qizishdagi o‘zining kengayishi ham hisobga olinadi. Ushbu kengayish suyuqlik sathining o‘zgarishiga to‘sqinlik qiladi.

Shunday qilib, suyuqlik hajmining o‘zgarishini quyidagidan aniqlash mumkin:

$$\Delta V_0 = \Delta V + \Delta V_D \quad (3)$$

bu yerda ΔV_D dilatometr hajmining o‘zgarishi bo‘lib, u quyidagidan aniqlanadi:

$$\Delta V_D = \gamma_D V_0 \Delta t \quad (4)$$

bu yerda $\gamma_D = 0,84 \cdot 10^{-1} K^{-1}$

Suyuqlikning hajmiy kengayish koefitsiyentini aniqlash formulasini (1), (3), va (4) formulalardan foydalanib keltirib chiqarish mumkin:

$$\gamma = \left(\frac{1}{V_0} \right) \left(\frac{\Delta V}{\Delta t} \right) + \gamma_D \quad (5)$$

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 haroratlar uchun suv zichliklari keltirilgan jadvaldan (1-jadvalga qarang) foydalangan holda, dilatometrning hajmi quyidagi formuladan topiladi:

$$V_0 = \frac{(m_2 - m_1)}{\rho} \quad (6)$$

Jadval 1. Toza suv zichligining ρ haroratga bog‘liq 9 funksiyasi sifatida adabiyotlarda keltirilgan natijalar

t	ρ (g/sm ³)	t	ρ (g/sm ³)
15 ⁰ C	0,999099	23 ⁰ C	0,997540
16 ⁰ C	0,998943	24 ⁰ C	0,997299
17 ⁰ C	0,998775	25 ⁰ C	0,997047
18 ⁰ C	0,998596	26 ⁰ C	0,996785
19 ⁰ C	0,998406	27 ⁰ C	0,996515
20 ⁰ C	0,998205	28 ⁰ C	0,996235
21 ⁰ C	0,997994	29 ⁰ C	0,995946
22 ⁰ C	0,997772	30 ⁰ C	0,995649

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

Kerakli asbob va materiallar.

1. Dilatometer (382 15) – 1ta
2. Termometr, 10 dan 110 0 C gacha (382 34) – 1ta yoki
3. NiCr-Ni temperatura datchigi (666 193) – 1ta
4. Yakka kirishli raqamli termometr (666 190) – 1ta
5. O‘quv laboratoriya tarozisi 311 (315 05) – 1ta
6. Diametri $d = 150$ mm va quvvati 1500 W bo‘lgan qizdirgich (666 767) – 1ta
7. Mustahkam shishadan tayyorlangan, hajmi 400 ml bo‘lgan menzurka (664 104) – 1ta
8. V shaklidagi shtativ asosi (300 02) – 1ta
9. Uzunligi 47 sm bo‘lgan shtativ ustuni (300 42) – 1ta
10. Multi qisgich Leybold (301 01) – 2ta
11. Diametri $0 \div 80$ mm bo‘lgan universal qisgichlar (666 555) – 2ta
12. Etanol, denaturat, 1 l (671 972) – 1ta

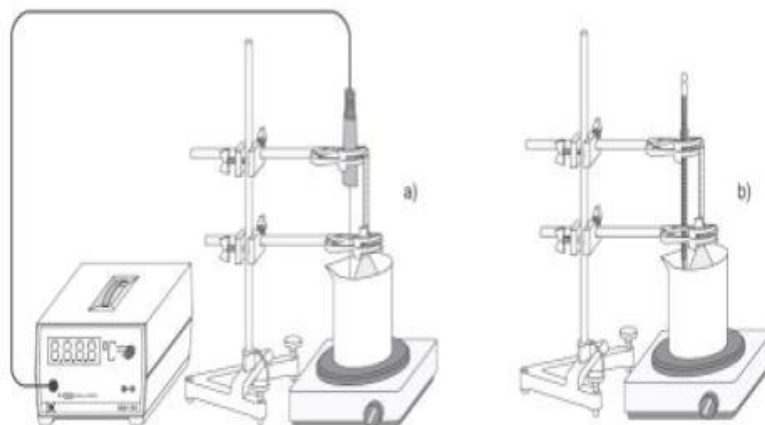
Bundan tashqari kerak: distillangan yoki tuzsizlantirilgan suv

Tajribaning o‘tkazish tartibi:

a) Dilatometrni kalibrlash:

- Bo‘sh dilatometrning massasi (m_1) ni aniqlang.
- Kolbani ochiq tomonidan uchdan bir qismigacha suv bilan to‘ldiring.
- Suv tarkibida pufakchalar bo‘lmasligi uchun, kapillyar trubkani mahkamlamasdan oldin, dilatometrni suv vannasida qaynash haroratigacha qizdirib oling.
- Suv vannasini xona haroratigacha sovushini kuting; shundan so‘ng zurur bo‘lgan sathgacha yana suyuqlik quyib to‘ldiring. Haroratni ϑ qayd qiling.
- Kapillyar trubkani o‘z joyiga o‘rnating. 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.



1-rasm. Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyentini aniqlash uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi. a) harorat datchigidan foydalanilganda; b) termometrdan foydalanilganda.

b) Suv va etanol hajmlarining kengayishini o'lchash.

Diqqat: Qizdirgich o'chirilganidan keyin ham suyuqlikning ma'lum bir vaqt davomida qizishi davom etadi va shu sababli suyuqlik dilatometrdan toshib ketishi mumkin.

Ayniqsa, kolba etanol bilan to'ldirilgan holatda ishlatilgan paytda, etanol toshib ketmasligi uchun, qizdirgichni ancha ilgari o'chirish lozim. Tajriba qurilmasini 1-rasmda ko'rish mumkin.

- Qiziyotgan suvli vannaga dilatometrni shunday joylashtish kerakki, kapillyar trubka vannadagi suv sathidan chiqib tursin.
- Isitgichni eng past pog'onali kalitga ulang va dilatometrdagi suyuqlik darajasi shkaladagi eng yuqori ko'rsatkichga yetganda uni o'chiring.
- Suyuqlikning sathi o'zining maksimumiga yetguncha kuting va shundan so'ng suvli vannani 1-2 K ga sovuting.
- Keyin suvli vannaning sovushini kutib, harorat funksiyasi sifatida kapillyar trubkadagi suv sathi balandligi h ni aniqlang (2-jadvalga qarang).

$t(^{\circ}\text{C})$	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47
$h\text{ (m)}$	9,5	9,3	8,9	8,6	8,2	7,85	7,5	7,1	6,75	6,4	6,0	5,7	5,3	4,9
$t(^{\circ}\text{C})$	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32
$h\text{ (m)}$	4,25	3,9	3,55	3,2	2,9	2,6	2,3	2,0	1,7	1,4	1,1	0,8	0,5	0,3

Jadval 2. Toza suv sathi h harorat t funksiyasi sifatida

$t(^{\circ}\text{C})$	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28
$h\text{ (m)}$	9,9	9,1	8,25	7,4	6,5	5,55	4,6	3,7	2,7	1,8	0,9

Jadval 3. Etanol sathi h harorat t funksiyasi sifatida

- To'liq quritilgan dilatometrni etanol bilan to'ldirib va uni suvli vannada qizdirib, suyuqlik sathini h harorat funksiyasi sifatida o'lchashni takrorlang (3-jadvalga qarang)

Nazorat savollari

1. Suyuqliklarni deb nimaga aytiladi?
2. Suvni hajmining kengayishini haroratga bog'liqligini tushuntiring.
3. Suv bilan etanolning hajmiy kengayish koeffitsiyentalari farqi yuzaga kelish sabablari.
4. Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyentini aniqlash uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasini ishlash prinsipi tushuntiring.

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. "Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika." 1-qism. "Fan va texnologiya"-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston, T.-2001 y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. "O'qituvchi", Toshkent 1978y.

Labaratoriya ishi-5. Kritik nuqtada suyuqlik-gaz fazaviy o'tishni kuzatish.

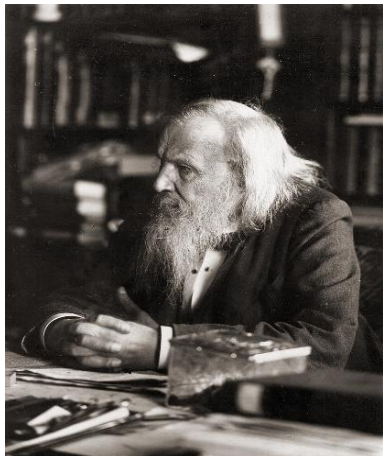
Ishni maqsadi:

- 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



Dmitriy Ivanovich Mendeleev (8-fevral 1834 yilda Tobolsk, Rossiya imperiyasida dunyoga kelgan. 1907 yil 2-fevral, Sankt -Peterburg) Mendeleev kimyo, kimyoviy texnologiya, fizika, iqtisod, texnologiya, geologiya, meteorologiya, havo kemasi, qishloq xo'jaligi, xalq ta'limi va ishlab chiqaruvchi kuchlarning rivojlanishi bo'yicha ko'plab qimmatli tadqiqotlarning muallifidir. U 1855 yilda Peterburgdagi Bosh pedagogika instituti fizika-matematika fakultetining tabiiy fanlar bo'limini tugatgan. 1856-yilda Peterburg universitetida magistrlik dissertatsiyasini yoqlaydi. 1859—1861 yillarda Gelderberg shahriga ilmiy xizmat safariga yuboriladi. 1861 yilda „Organik kimyo“ darsligi chop etiladi. 1865 yilda doktorlik dissertatsiyasini yoqlaydi. Mendeleev umrining oxirigacha shu ishda boshqaruvchi (direktor) bo'lib ishlaydi. Mendeleevning ilmiy faoliyati keng va ko'p qirrali bo'lib, asosiylari kimyo, kimyotexnologiya, fizika, metrologiya, meteorologiya, iqtisod va boshqalarga oid.



Benoît Paul Émile Clapeyron farang muhandisi va fizik olimi. U temiryoʻl tarmoqlari, koʻpriklar qurilishi va yoʻlsozlik masalalari boʻyicha koʻplab ilmiy-amaliy ishlar muallifi. Ideal gaz holati tenglamasini keltirib chiqargan olim. Pol Klapeyron 1799-yilning 26-fevral sanasida Parijda (Fransiya) tugʻilgan. Avvaliga u 1816–1818-yillar davomida Parij politexnika maktabida tahsil olgan. 1820-yilda olim Sankt-Peterburgdagi Aloqa yoʻllari muhandisligi institutida professor boʻlib ishlayotgan doʻsti Gabriel Lamening oldiga joʻnadi va u yerda 10 yil davomida ishlab, yoʻlsozlik hamda koʻpriklar qurilishi boʻyicha loyihalarda muhandis sifatida ishtirok etdi.

Benoît 1930-yilda Parijga qaytgach, Fransiya boʻylab qurilayotgan yangi temiryoʻl tarmoqlari, koʻpriklar va yoʻllar qurilishida muhandis, loyihachi, nazoratchi sifatida ishtirok etdi. Pol Klapeyronning fizik olim sifatidagi ishlari asosan issiqlik, plastiklik va qattiq jismlarning muvozanat holatlari masalalariga bagʻishlangan boʻlib, ayniqsa uning termodinamika borasidagi izlanishlari mashhur boʻlgan. Sadi Karnoning “Alanganing harakatlantiruvchi kuchi va bu kuchni rivojlantira oladigan mashinalar haqida mulohaza” siga birinchi boʻlib jiddiy ilmiy ahamiyat qaratgan va uning gʻoyalariga matematik asos bergan ilk olim aynan Pol Klapeyron boʻlgan. Ushbu gʻoyalardan kelib chiqib, u termodinamika uchun dastlabki grafik uslublarni indikator diagrammalarni, xususan, p - V koordinatalar sistemasini kiritgan edi.

1834-yilda Klapeyron Boyle-Mariott, Gey-Lyussak va Avogadro qonunlarining umumlashtirilishi natijasidan ideal gaz holati uchun tenglama keltirib chiqardi. (Ushbu tenglama D.I. Mendeleyev tomonidan 1874-yilda yanada umumlashtirilgan boʻlib, Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi deb yuritiladi.) Shuningdek, u jismning erish va qaynash harorati va bosimi orasidagi bogʻliqlikni

oʻrnatuvchi va 1851-yilda Klauzius tomonidan nazariy asoslab berilgan tenglamani (Klapeyron-Klauzius tenglamasi) keltirib chiqargan. Pol Klapeyron 1858-yilda Parij Fanlar akademiyasiga boshqa bir mashhur olim Koshining oʻrniga aʼzolikka saylandi.

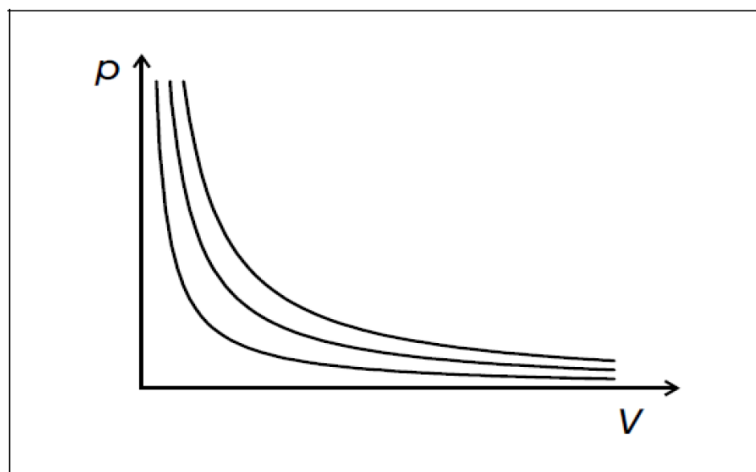
Hozirda uning nomi Eyfel minorasining birinchi qavatiga joylashtirilgan “Fransiyaning buyuk olimlari” roʻyxatiga kiritilgan boʻlib, shuningdek, olim Sankt-Peterburg fanlar akademiyasining ham aʼzoligiga ega boʻlgan. Klapeyronning termodinamikaga bagʻishlangan qator asarlari mavjud, xususan, “Qattiq zarrachalarning ichki muvozanati haqida” hamda “Issiqlikning mexanik nazariyasi haqida” asarlari shular jumlasidandir. Bundan tashqari, Klapeyronning yoʻlsozlik, qurilish va jamoatchilik ishlari masalalariga bagʻishlangan asarlari oʻz davrida katta mashhurlikka ega boʻlgan. Benua Pol Emil Klapeyron 1864-yil 28-fevralda Parijda vafot etgan.



Ideal gazning muhim xossalaridan biri, harorat absolyut nolga yaqinlashganda ham, kondensatsiyalanmaydi. Bunday gaz tabiatda mavjud emas, chunki past haroratlarda ham bunday gaz chiziqli oʻlchamlari orasidagi oʻrtacha masofaga nisbatan ancha kichik boʻlgan zarrachalardan tashkil topgan va ular faqat elastik toʻqnashishlardan tashqari bir-biri bilan taʼsirlashmaydi. Ideal gaz oʻzgarmas haroratda siqilsa, uning bosimi hajmga teskari proporsional tarzda oshadi (1-rasm). Ideal gazning bosimi P , harorati T va molyar hajmi V orasidagi munosabatlar ideal gazlar uchun asosiy tenglama:

$$PV = RT \quad (1)$$

bu yerda $R=8,314\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ - universal gaz doimiysi.



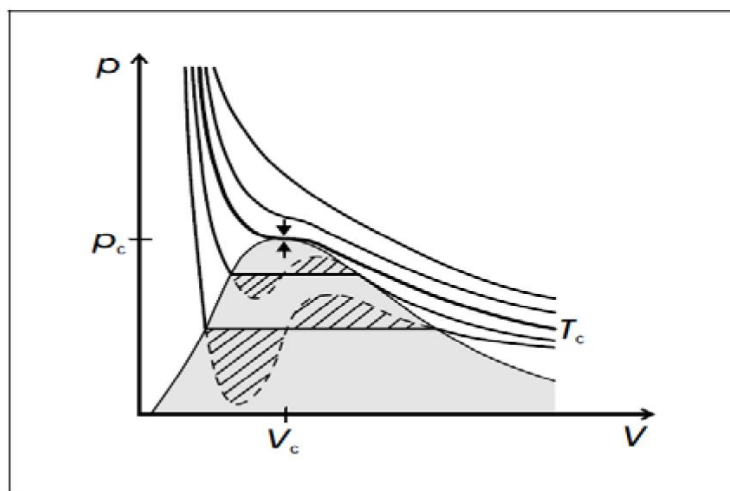
1-rasm. Ideal gaz uchun izotermalar bilan PV diagrammalar.

Gaz harorati kondensatsiya haroratiga yaqinlashganda, ya'ni yuqori P bosimda yoki past T haroratda, uning xossalari ideal gaz xossalaridan ancha chetlashadi. Gazning zichligi ortganda ularning molekulari orasidagi o'rtacha masofa haddan tashqari kichik bo'ladi. Real gazlarning o'zini tutishi taxminan Van-der-Vaals tenglamasi orqali ifodalanadi:

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT \quad (2)$$

Bu tenglamadagi Van-der-Vaals o'zgarmas miqdorlari 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. Gorizontall urinmasi burilish nuqtasi 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 kritik hajm V_c deb va harorat T kritik harorat T_c deb ataladi. Kritik haroratdan yuqorida barcha bosimlarda modda gazsimon holatda bo'ladi va izotermalar Van-der-Vaals tenglamasiga mos kelib, ideal gaz uchun asosiy tenglamaga yaqinlashadi.



2-rasm. Real gazning izotermalar bilan PV diagrammasi. Suyuqlik-bug‘ aralashmasi diagrammaning bo‘yalgan sohasida mavjud. Strelkalar bilan kritik nuqta ko‘rsatilgan

Kritik haroratdan pastda vaziyat ancha murakkab. Agar hajm yetarli darajada katta bo‘lsa (2-rasmdagi shtrixlangan sohadan o‘ngda), modda gazimon holatda bo‘ladi va bug‘ deb hisoblanadi. Juda kichik hajmlarda (shtrixlangan sohadan chapda) gaz suyuqlikga o‘tadi va amalda siqilmas bo‘ladi. Shtirixlangan soha suyuqlik-bug‘ aralashmasiga mos kelib, u yerda bug‘ proporsiyasi chapdan o‘ngga ortib boradi. Bu Van-der-Vaals tenglamasining voqelikdan chetlanishidir: doimiy haroratda 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 gorizontall 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.

Harorat ortishi bilan bug‘ning zichligi ortadi, shu vaqtda esa, suyuqlikning zichligi kamayadi. Kritik haroratda 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.

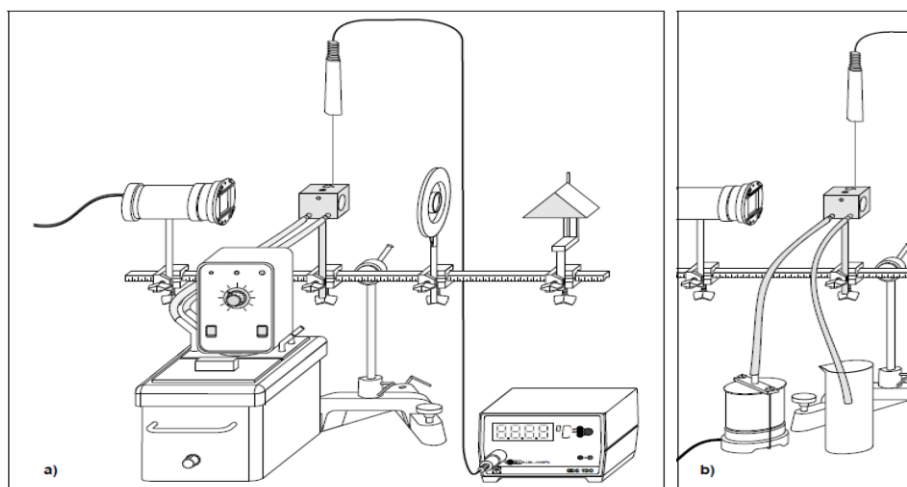
Aralashma kritik haroratga yaqinlashganligi sababli, barokamera chegarasida yorug‘likning sochilishi o‘ta yuqori darajaga erishadi. Bu hodisa kritik opalesensiya deb ataladi va u zichlikning o‘zgarishidan kelib chiqib, kritik harorat

yaqinida jiddiy ortadi, chunki siqiluvchanlik katta va zichlik o'zgarishining qarshiligi kichik bo'ladi. To'lqin uzunligi kichik bo'lgan yorug'lik sochiladi, bu vaqtda esa to'lqin uzunligi uzun yorug'likning tarqalishi davom etadi.

Kritik haroratni 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, sovishda harorat kritik haroratdan 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 haroratida 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 haroratida suyuq gaz bilan to'ldiriladi.

Tajriba qurilmasi.



3-rasm. Kritik nuqtani kuzatish uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi. Barokamerani sirkulyatsion termostat bilan qizdiriladigan to'liq yig'ilgan qurilma (a). Optik kursidagi alohida komponentlarning aniq o'rni 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).

Kerakli asbob va materiallar.

1. Kritik temperaturani namoyish qilish uchun barokamera..... 371401
2. Lampa, 6V/30Vt.....45051
3. Lampa korpusi.....45060
4. Asferik kondensor.....46020
5. Transformator, 6VAC, 12VAC, 30 VA.....56273
6. kichik optik kursi.....46043
7. Tutgichli linza , $f=100\text{mm}$46003
8. To'g'ri burchakli prizma.....46111
9. Leybold multi qisgichlar 4 ta.....30101
10. Katta V shaklsimon shtativ asosi.....30001

Qizdirish uchun:

1. Sirkulyatsion termostat 30...100°C.....666768
2. Silikon quvurlar, ichki.diam.7x1.5mm, 1m- 2 ta.....667194
3. Bug' generatori, 550Vt/230V.....30328
4. Silikon quvurlar, ichki. diam. 7x1.5mm, 1m667194
5. Menzurka, 400ml.....664104

Temperaturani o'lchash uchun:

1. Bir kirishli raqamli termometr.....666190
2. Temperatura datchigi, NiCr-Ni.....66619
3. Termometr, -10dan 150°C.....38233

SF_6 kritik haroratda quyidagi termodinamik o'zgaruvchilarga ega.

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

Kritik bosim : $P_c = 37.6\text{ bar}$.

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

Bug' generatoridan foydalanishda quyidagilarga e'tibor bering:

Quvurda kondensatsiyalanishning 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.

- Harorat datchigini o'z joyiga o'rnatishdan oldin, ozgina moylovchi modda suring, masalan issiqlik uzatilishini yaxshilash maqsadida mos teshiklarni suvlang.

- Asferik kondensorni lampa nasadkasiga o'rning.

- 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).

- Zaruriyat bo'lganda, qurilmani o'rnatish tartibini qayta o'qib chiqing. Kichik optik kursidagi linzani siljitish orqali suyuqlik meniskining tasvirini to'plang.

Tajribani o'tkazish tartibi

Bug' generatoridan foydalanganingizda quyidagi taraflarga diqqat qiling .

Qizdirish bug' bilan amalga oshirilganda, barokameradagi harorat juda tez ortadi. Shuning uchun kritik temperaturasini 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 soviyotganda, suv ortga so'rib olinmasligi uchun, menzurkadagi kondensatsiyalayotgan suvning sathi quvur sathiga yetmaganligiga amin bo'ling, aks holda issiqlik zarbi evaziga barokameraga ziyon yetishi mumkin.

Sirkulyatsion termostatdan foydalanish uchun ko'rsatmalar:

- Proyeksiyalangan tasvirni kuzatish uchun xonani qorong'ulashtiring.

- Sirkulyatsion termostatni ulang va boshlang'ich haroratni **40°C** o'rning.

- Taxminan **40°C** dan boshlab , sirkulyatsion termostatning tempraturasini sekin oshiring, bunda moddaning yetarli darajada qizishi hamda fazalar chegarasining yo‘qolishini yaqqol kuzatish kafolatlangan bo‘lishi kerak.

Sistemaning harorati kritik haroratdan ortgandan keyin, sirkulyatsion termostatning haroratini kritik haroratdan past holatga o‘rnating. Sistema kritik haroratdan past holatga o‘tganda, kamera hajmi bo‘yicha harorat gradiyentlari bilan bog‘liq bo‘lgan nomaqbul effektlarni kamaytirish uchun, haroratni yana sekin oshirish va tajribani takrorlash maqsadga muvofiq.

O‘lchash namunasi va tahlil

Quyidagi bayon qilinadigan hodisalarning yuzaga kelishi kritik haroratdan o‘tish tezligiga bog‘liq. “Qizish” bandidagi effektlar sirkulyatsion 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 kuzatiladi. Shundan so‘ng suyuqlik qaynay boshlaydi va kameraning yuqodarigi devorida kondensirlangan tomchilar hosil bo‘ladi. Provardida, gaz fazasida ham, ayniqsa chegarada, shtrixlarning yuzaga kelishini ko‘ramiz.

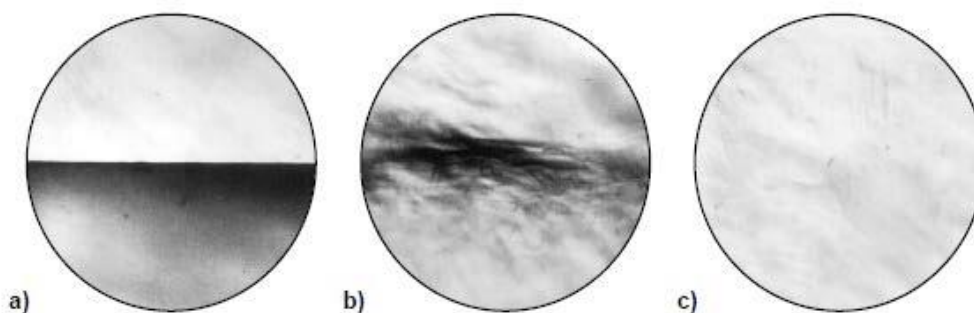
Kritik haroratga erishishdan biroz oldin, qaynash shunchalik tez kechadiki, gaz pufakchalari tufayli suyuqlik bir jinslimasga o‘tadi va unda yorug‘lik diffuz sochiladi. Bu esa suyuq fazaning proyeksiyalangan tasvirini qaramtirroq qiladi. Dastavval bevosita chegaradan yuqoridagi gaz fazasida, keyin butunlay gaz fazasida va provardida qolgan suyuq fazada ham shtrixlarning yuzga kelishi intensivroq bo‘ladi.

Sistema sekinlik bilan kritik haroratdan o‘tganda, suyuqlik bilan gaz orasidagi faza chegarasida o‘zgarishlar sodir bo‘lib, kengayadi va natijada 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, harorat ortishi bilan biroz sochadigan, intensiv turbulentlikni namoyish qiladi. Ular barokameradagi tempraturalar farqi evaziga amalga oshadi.

Sovish :

Qizish jarayoni to'xtaganda, dastavval hosil bo'lgan shtrixlar batamom yo'qoladi, keyinchalik esa kritik haroratga yaqinlashgan sari bu shtrixlar yana kuchliroq namoyon bo'la boshlaydi. Kameraning tubida tuman shakllanishi keltirib chiqargan uncha katta bo'lmagan xiralashishni kuzatish mumkin. Bunda barkameraning butunlay hajmi tobora ko'proq va ko'proq qizg'ish 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 quyuqlashadi. Provardida, gazli faza oydinroq bo'ladi, bu vaqtda esa suyuq faza qaynashda davom etadi.



4-rasm. Barokamera tarkibining ko'rinishi: kritik haroratdan pastga (a), kritik haroratda (b) (fazalar chegarasining yo'qolishi), kritik haroratdan yuqorida (c).

O'ta qizish :

Bunda suyuqlik yana kuchliroq qaynaydi, gazli faza sarg'ichroq tuyuladi, suyuq faza esa qizg'ich-jigarrang (kritik opalessensiya) tus oladi. Fazalar chegarasi kengayib boradi va keyin butunlay yo'qoladi. Kritik haroratdan biroz yuqorida barokameraning butunlay tarkibi bir jinsliga o'tadi va shtrixlarning intensiv hosil bo'lishi va turbulentlik bilan birga sarg'ich-jigarrang tusga kiradi. Provardida, kritik opalessensiya amalga oshadigan haroratlar oralig'i yuqori va biz

barokamerada faqat turbulentlik bilan bog'langan shtrixlar hosil bo'lishini kuzatishimiz mumkin.

Nazorat savollari

1. Molekulalar orasidagi bog'lanish kuchlari nima?
2. Kritik nuqta deganda nimani tushunasiz?
3. Suyuqlik-gaz fazoviy o'tishda kechadigan jarayon qanday?
4. Ishning maqsadi nima va ishning bajarish tartibini tushuntiring?

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. "Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika." 1-qism. "Fan va texnologiya"-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston, T.-2001 y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. "O'qituvchi", Toshkent.

Laboratoriya ishi-6. Suv aralashmasi temperaturasini aniqlash.

Ishni maqsadi:

• Harorati t_1 va t_2 bo'lgan, m_1 va m_2 massali suvlarni kalorimetrdagi aralashtirish va aralashmaning haroratini t_n aniqlash.

Nazariy ma'lumotlar

Harorat (lat. harorat - kerakli siljish, o'lchovlilik, normallik) - makroskopik tizimning termodinamik muvozanat holatini tavsiflovchi asosiy parametrlardan biri. Termodinamik muvozanat holatidagi tizimning barcha qismlarining harorati bir xil. Agar tizim muvozanat holatidan chiqarilsa, u holda uning issiq qismlaridan sovuq qismlariga issiqlik uzatish natijasida ma'lum vaqtdan keyin tizimning barcha qismlarida harorat tenglashadi va u termodinamik muvozanat holatiga qaytadi.

Tizim ichidagi jismlarni isitish yoki sovutish, ya'ni ularning haroratining o'zgarishi ularning deyarli barcha fizik xususiyatlariga ta'sir qiladi: jismlarning

chiziqli o'lchamlari, egiluvchanligi, elektr o'tkazuvchanligi va boshqa xususiyatlari o'zgaradi. Ushbu o'zgarishlarning har biri haroratni o'lchash uchun ishlatilishi mumkin. Harorat-bu to'g'ridan-to'g'ri o'lchab bo'lmaydigan miqdor. U boshqa miqdorlarni o'lchash orqali aniqlanadi. Masalan, tizim haroratini isitish yoki sovutish natijasida gaz hajmi yoki bosimining o'zgarishi (suyuqlik, shu jumladan simob termometrlari) o'tkazgichlarning elektr yurituvchi kuchi (E.Yu.K.) harorat o'zgarishi (termojuft) va boshqalar yordamida aniqlanishi mumkin.

Kerakli asbob va meteriallar.

1. Dyuar idishi g'ilofi.....	384 161
2. Kalorimetr Dyuar idishi.....	386 48
3. O'quv laboratoriya torozisi 610 posangi torozi toshlari bilan.....	3152
4. Menzurka DURAN (DURAN), 400 ml, keng, 2 ta.....	664 104
5. Taymer I.....	313
6. Elektroplitka.....	666 767
7. Termometr, -10 dan +110 °C/0.2 K gacha.....	382 34

Statistik fizikada harorat, termodinamik muvozanat holatdagi moddani tashkil etgan zarralarning o'rtacha kinetic energiyasini tavsiflovchi kattalikdir.

Agar har xil haroratga ega bo'lgan ikkita modda bir-biriga aralashtirilsa, u holda issiqlik almashinuvi jarayonidan so'ng bu moddalar orasidagi harorat farqi nolga teng bo'ladi.

Aralashmaning haroratini aniqlash uchun quyidagi ifoda ishlatiladi:

$$c_1 m_1 (t_n - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t_n), \quad (1)$$

Bu yerda c_1 va c_2 , birinchi va ikkinchi moddalarning solishtirma issiqlik sig'implari; t_1 va t_2 mos ravishda ularning haroratlari; t_n esa aralashmaning umumiy harorati; m_1 va m_2 ularning massalari.



1-rasm. Tajriba qurilmasi versiya (a).

Turli xil haroratdagi moddalarni aralashtirganda, issiq jismdan chiqadigan issiqlik miqdori sovuq jism oladigan issiqlik miqdoriga tengligi tajribalarda ma'lum. Tajribamizda, issiq suv bergan issiqlik miqdori Q_1 , sovuq suv olgan issiqlik miqdoriga Q_2 bir-biriga teng, ya'ni $Q_1 = Q_2$

Agar suvning solishtirma issiqlik sig'imi c_V ma'lum bo'lsa, turli massali suvlar aralashmasining harorati (2) formula yordamida quyidagicha hisoblab topiladi.

$$c_V = c_1 = c_2, \quad c_V = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$$

$$t_n = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} \quad (2)$$

Qurilmani ishga tayyorlash

1-rasmda ko'rsatilgandek tajriba qurilmasini tayyorlang.

Tajribani o'tkazish tartibi:

Dyuar idishini toroziga qo'yib uni bo'sh holatda o'lchab oling. Unda temperaturasi 60°C gacha qizdirilgan, $m_2 = 0.1 \text{ kg}$ massali suv quying. Oldin sovuq suvning haroratini t_1 aniqlang va keyin kalorimetr ichidagi suvning

haroratini t_2 aniqlang. Kalorimetrda $m_1 = 0.15 \text{ kg}$ massali sovuq suv qo'shing. Aralash tirish va aralashmaning haroratini t_n o'lchang.

Tajribani sovuq va issiq suvning boshqa massa nisbati uchun qaytaring.

Tajriba namunasi

Jadval -1.

Suv massasi m_1	kg	0,1	0,125	0,15
Suv massasi m_2	kg	0,15	0,125	0,1
m_1 massasi suvning harorati t_1	°C	22,6	22,8	23,0
m_2 massasi suvning harorati t_2	°C	67,0	69,2	64,0
Aralashmaning o'lchangan harorati t_n	°C	48,4	43,4	38,8
Aralashmaning hisoblangan harorati t_n	°C	49,2	46,0	39,4

Natijalar va ularning tahlili:

Aralashmaning hisoblangan va o'lchangan haroratlari 1- jadvalda keltirilgan.

Bundan ko'rinib turibdiki, harorat qiymatlari eksperiment xatosi doirasida mos keladi.

Nazorat savollari

1. Suyuqlikning fizikaviy va kimyoviy xossasi.
2. Aralashma haroratini aniqlash formulasini keltirib chiqaring.
3. Ishning maqsadi nima va ishning bajarish tartibini tushuntiring.

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. "Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika." 1-qism. "Fan va texnologiya"-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston, T.-2001 y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. "O'qituvchi", Toshkent.
2. <https://www.yandex.ru/video/preview/10364208629731457960>

Laboratoriya ishi-7. Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin issiqligini aniqlash.

Ishni maqsadi:

- Sovuq suv va suv bug' aralashmasining haroratini t_M aniqlash.
- Suv bug'ining yashirin issiqligini aniqlash.

Nazariy ma'lumotlar

O'zgarmas bosimda moddaga berilgan issiqlik miqdori, odatda moddaning haroratini oshiradi. Biroq, agar fazaviy o'tish mavjud bo'lsa, moddaning harorati ozgarmaydi, chunki uzatilayotgan issiqlik fazaviy o'tishga sarf bo'ladi. Agar fazaviy o'tishdan keyin ham issiqlik uzatish jarayoni davom etsa, moddaning harorati yana orta boshlaydi. Suvning bug'lanishi fazaviy o'tishning yaqqol misoli hisoblanadi. Moddaning birlik massasi iste'mol qiladigan issiqlik bug'lanishning yashirin issiqligi Q_v deyiladi.

Quvurdan kalorimetrga toza bug' uzatish orqali tajribada bug' hosil bo'lishining yashirin issiqligi Q_v aniqlanadi. Bug' sovuq suvni aralashma haroratigacha t_M qizdiradi va so'ngra suvga kondensatsiyalanadi. Bug' chiqaradigan issiqlik bug'ni suvga aylantiradi. Aralashmaning haroratiga qo'shimcha ravishda t_2 , sovuq suvning massasi m_2 va m_1 kondensatsiyalangan suv massasi o'lchanishi mumkin va bug' hosil bo'lish issiqligini quyidagi formula bo'yicha hisoblash mumkin:

$$\Delta Q_1 = cm_1(100^\circ\text{C} - t_M), \quad (1)$$

Bu yerda c - suvning solishtirma issiqlik sig'imi koeffitsiyenti.

Bug'dan ajralib chiqqan issiqlik suvning $t_1 = 100^\circ\text{C}$ dan aralashma haroratigacha ajralgan issiqlik bilan bug'ning kondensatsiyalanishida ajralgan issiqlik ΔQ_2 yig'indisiga teng. Oxirgi issiqlik $t_1 \approx 100^\circ\text{C}$ haroratdagi suvni bug'ga aylantirish uchun zarur bo'lgan issiqlikka ham teng. Shunday qilib, biz quyidagilarga egamiz:

$$\Delta Q_2 = m_1 \cdot Q_v \quad (2)$$

Sovuq suv bug‘ bilan aralashganda yutilgan issiqlik miqdori quyidagicha bo‘ladi:

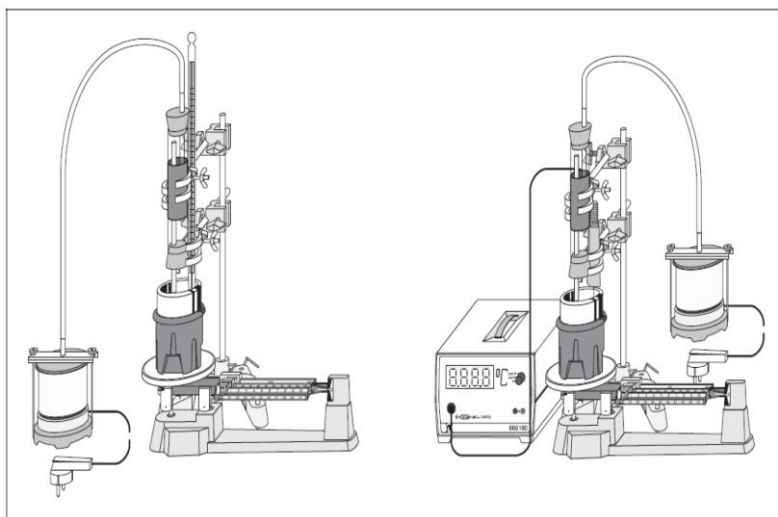
$$\Delta Q_3 = c \cdot m_2(t_M - t_2) \quad (3)$$

Shu bilan birga, kalorimetr issiqlikni yutadi, bu issiqlik miqdorini kalorimetrining ma'lum suv ekvivalenti m_k yordamida hisoblash mumkin:

$$\Delta Q_4 = c \cdot m_k(t_M - t_2); \text{ bu yerda } m_k = 20 \text{ g} \quad (4)$$

Bu yerda ajralgan issiqlik miqdori $\Delta Q_1 + \Delta Q_2$ va yutilgan issiqlik miqdori $\Delta Q_3 + \Delta Q_4$ o‘zaro teng, ya’ni:

$$\frac{Q_v}{c} = \frac{(m_2 + m_k)}{m_1} \cdot (t_M - t_2) - (100^\circ\text{C} - t_M) \quad (5)$$



1-rasm. Suv bug'ining yashirin issiqligini aniqlash uchun mo'ljallangan eksperimental qurilma: chap tomonda harorat termometr yordamida, o'ng tomonda esa harorat datchigi yordamida o'lchanadi.

Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasi 1-rasmda keltirilgan . Tajriba o‘tkazish jarayonida Dyuar idishi o‘quv laboratoriya tarozisining pallasida joylashtirilgan bo‘lishi kerak .

- NiCr-Ni tipli harorat datchigini yoki termometrni o‘rnatish;

- Distillangan suvni bug' generatoriga 2 sm balandlikda quyib va qopqog'ini yoping. Shundan so'ng, qistirish asbobini ehtiyotkorlik bilan torting.

- Bug' trubkasining kirish qismini suvli idishga shunday joylashtiringki, shunda pastki to'xtash joyi yuqori to'xtash joyidan uzoqroq bo'ladi. Bug' naychasining chiqishini yuqori to'xtash joyiga yetguncha siljiting.

- Bug' trubkasini chiqishi bilan bug' generatorini va bug' trubkasining kirishi bilan suv ajratuvchi separatorni biriktirish uchun silikon quvurlardan foydalaning.

Hozircha suv ajratgichni o'rnatmang.

Kerakli asbob va meteriallar.

1. G'ilofli Dyuar idishli kalorimetr.....	386 48
2. O'quv laboratoriya torozisi 610 posangi torozi toshlari bilan.....	31523
3. Termometr, -10 °C dan +100 °C gacha	32 24
4. NiCr-Ni tipli temperatura datchigi	666 193
5. Raqamli termometr.....	666 190
6. Bug' generatori, 550 W/20 V	303 28
7. Suvni ajratgich	384 17
8. Ichki diametri 7× 1.5 mm, 1 m bo'lgan silikon trubkalar.....	667 194
9. Mustahkam shishadan tayyorlangan , 400 ml hajmili menzurka	664 104
10. V shaklidagi shtativ asosi	300 02
11. Uzunligi 47 sm bo'lgan shtativ ustun.....	300 42
12. Multi qisgichlar Leybold 2 ta.....	301 01
13. Diametri 0 ÷ 80 mm bo'lgan universal qisgichlar.....	666 555

Qo'shimcha talab qilinadi: distillangan suv

Tajribalarni o'tkazish

Dyuar idishning sovuq suv bilan to'ldirish:

- Bo'sh Dyuar idishning massasini o'lchang.
- Dyuar idishiga 150 gramm distillangan suv solib va uning massasi m_2 va harorati t_2 ni o'lchang.
- Suv ajratgichni shunday joylashtiringki, Dyur idishi tubining o'rtasidan 1 sm yuqorida bug' trubkasining chiqishi joylashsin. Zaruriyat tug'ilganga uni silikon

quvur qisqa bo‘lagi bilan tortish mumkin.

- Qurilmaning umumiy massasini aniqlang.

Bug‘ni quvur orqali idishga uzatish:

- Suv ajratgichni menzurkaga joylashtiring va silikon quvurlar yaxshi qotirilganini tekshiring.
- Bug‘ generatorini elektr tarmoqqa ulab, bug‘ chiqishini kuting.
- Suv ajratgichni Dyuar idishining tepasiga o‘rnating va yana takror to‘liq massaning ortishini va haroratning ko‘tarilishini kuzating.

To‘liq massa taxminan 20 grammdan ortgandan keyin, bug‘ generatori o‘chiriladi va zudlik bilan aralashmaning harorati t_M aniqlanadi.

O‘lchash namunasi

Sovuq suv massasi m_2 :	153.8 g
Sovuq suv harorati	28.1 °C
Suv ajratgichni tushurgandan keying	154.3 g
Bug‘ chiqishini to‘xtatishdan keying	174.0 g
Issiq suv aralashmaning harorati t_M	88.3 °C

Natijalar va ularning tahlili :

$$m_1 = 174.0g - 154.3g = 19.7g$$

$$m_2 = 153.8g$$

$$t_M = 88.3^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 28.1^\circ\text{C}$$

Dyuar idishining suv ekvivalenti : $m_k = 20 g$

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

Bu qiymatlarni (5) formulaga qo‘yib quyidagilarga erishamiz:

$$\frac{Q_v}{c} = 520 K \text{ va } Q_v = 2.18 \cdot 10^3 \text{kJ/kg}$$

Adabiyotlarda keltirilgan qiymat:

$$Q_v = 2.257 \cdot 10^3 \text{kJ/kg}$$

Nazorat savollari

1. Suyuqliklarda bug‘ hosil bo‘lish jarayonini tushuntiring?
2. Issiqlik miqdori va issiqlik balansi tenglamalarini izohlab bering?

3. Suv bug‘lari hosil bo‘lishining yashirin issiqligi nima?
4. Ishning maqsadi nima va ishning bajarish tartibini tushuntiring?

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. “Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika.” 1-qism. “Fan va texnologiya”-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O‘zbekiston, T.-2001 y.

Laboratoriya ishi-8. Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyentini tomchini tortish usuli bilan aniqlash.

Ishni maqsadi:

- Tajribada turli suyuqliklarning sirt taranglik koeffitsiyentini, tomchining uzilish vaqtida uni uzilishga majbur etuvchi kuch (tomchining og‘irlik kuchi) ning tomchini tutib turuvchi kuchga (sirt taranglik kuchiga) son jihatdan tengligidan foydalanib aniqlash.

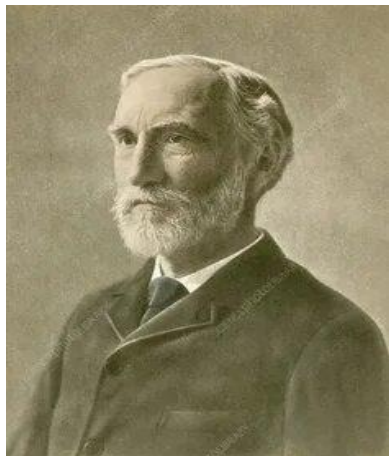
Nazariy ma’lumotlar.



Segner Yanosh Androsch (9.10.1704 5.10.1777) vengriyalik matematik va fizik Presburgda tug‘ilgan. 1714 yildan gimnaziyada o‘qigan, u yerda aniq fanlarga bo‘lgan iste’dodini ko‘rsatgan. 1725 yilda Yena universitetida tibbiyotni o‘rganishni boshladi, uni 1729 yilda tugatdi. Pressburg va Debretsenda shifokor bo‘lib ishladi. 1732 yilda Yenaga qaytib, universitetda o‘z ishini boshladi (1733 yildan professor). 1735 yildan Go‘ttingen universitetida professor bo‘lib ishlagan, 1755 yildan Galle universitetida astronomik observatoriya qurgan.

Yanos Andras Segnerning asarlari matematika, fizika va texnikaning turli sohalariga tegishli. 1755 yilda (ibtidoiy girogorizont dizayniga bag‘ishlangan tadqiqotda) mutlaqo qattiq jismning asosiy inertiya o‘qlari tushunchasini kiritdi.

Sirt tarangligi tushunchasi ham birinchi marta 1752 yilda Yanos Andras Segner tomonidan kiritilgan.



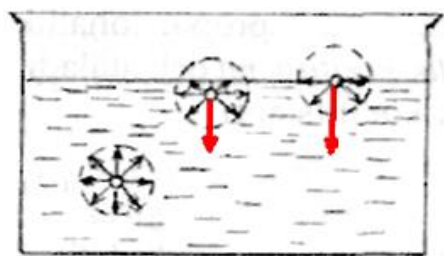
Gibbs 1839 yil 11 fevralda (Nyu-Xeyven, Konnektikut, AQSh)da professori oilasiga tug'ilgan. Xopkins maktabini tugatgandan so'ng Gibbs kollejiga o'qishga kiradi va uni a'lo baholar bilan tugatadi.

Gibbs termodinamikaga oid ko'plab maqolalarni, ya'ni termodinamik miqdorlarning geometrik tushunchasini nashr etishga muvaffaq bo'ldi. Maksvell Gibbsning ishini o'rganib, Maksvellning termodinamik yuzasi deb nomlangan plastik modelni yaratdi. XIX-asrning ikkinchi yarmida Josiya Uillard Gibbs sirt hodisalarining termodinamik nazariyasini ishlab chiqdi, unda sirt tarangligi hal qiluvchi rol o'ynaydi. XX-asrda sirt faol moddalar va elektrokapillyar effektlar yordamida sirt tarangligini tartibga solish usullari ishlab chiqilmoqda. 1983 yilda suyuqlikning sirt tarangligi tushunchasi ichki energiya tushunchasining bir qismi ekanligi nazariy jihatdan isbotlangan va ma'lumotnomalardan olingan ma'lumotlar bilan tasdiqlangan. Zamonaviy dolzarb muammolar orasida turli suyuqliklarning, shu jumladan eritilgan metallarning sirt tarangligi molekulyar nazariyasining rivojlanishi mavjud.

Suyuqlik o'zining ba'zi xossalari bilan (bosim (P) va harorat (T)_ga bog'liqligi jihatidan) gazlarga va qattiq jismlarga o'xshab ketadi. Lekin suyuqlikning o'ziga xos xususiyatlari ham borki ulardan biri, suyuqlik **erkin sirtining** mavjudligidir. Ushbu sirdagi molekulalar boshqa (hajmli) molekulalarga qaraganda butunlay boshqacha sharoitlarda. Sirt qatlamining qalinligi juda kichik (taxminan 10^{-7} sm) va molekulalarning ta'sir doirasi radiusiga teng. Sirt qatlamidagi molekulalarga nafaqat suyuqlikning ichki qatlamidagi (hajmidagi)molekulalar, balki bu sirtni o'rab turgan boshqa muhit molekulalari (gaz, qattiq yoki suyuqlik molekulalari) ham ta'sir qiladi. Bu muhit suyuqlikdan ham

tabiati jihatidan, ham zarralarning zichligi jihatidan farq qiladi. Shuning uchun sirt qatlami molekulalari ular bilan turli yo'llar bilan o'zaro ta'sir qiladi. O'zaro ta'sir kuchlari van der Vaals kuchlarining tabiat kuchlaridan, shuningdek elektr tabiatining kuchlaridan iborat bo'lib, ularning natijasi noldan farq qiladi. Suyuqlik ichida molekulyar o'zaro ta'sir doirasida har bir molekulaga ta'sir qiluvchi kuchlar teng taqsimlanadi (chunki u bir hil moddaning molekulalari bilan o'ralgan), shuning uchun umumiy ta'sir kuchi nolga teng. Biroq, sirt qatlamidagi molekulalar uchun hosil bo'lgan kuch suyuqlik hajmiga yoki suyuqlik cheklangan muhit hajmiga yo'naltiriladi. Agar suyuqlik o'z bug'lari (to'yingan bug') bilan cheklangan bo'lsa, ya'ni ish faqat bitta modda bilan amalga oshirilsa, u holda suyuqlik ichiga yo'naltirilgan kuch sirt qatlamidagi molekulalarga ta'sir qiladi. (1-rasm).

Agar biz molekulalarni suyuqlikning sirt qatlamida ichkariga tortadigan kuchlarni 2-rasmda ko'rsatilgandek kvadratlarga guruhlasak va kuchlarni kuchning vertikal va gorizontal tarkibiy qismlariga ajratsak, u holda vertikal tekislikda ular molekulalarni ichkariga tortadigan va suyuqlik ichiga yo'naltirilgan kuchlardan iborat bo'ladi. Sirt qatlamining bir kvadrat metriga to'g'ri keladigan bu kuchlarning kattaligi ichki yoki molekulyar bosim deb ataladi.



1-rasm



2-rasm.

Uning qiymati juda katta. Masalan, suv uchun ichki bosim taxminan $11 \cdot 10^8$ Pa ni tashkil qiladi. Boshqa tomondan, gorizontal tekislikdagi kuchlar suyuqlik yuzasiga kuch sarflamasdan yo'naltirilgan kuchlardan iborat bo'lib, natijada suyuqlik yuzasi maydoni kamayadi. Suyuqlik yuzasiga kuch sarflamasdan yo'naltirilgan bu kuch sirt tarangligining kuchidir. Sirt tarangligi kuchi bilan suyuqlik yuzasi mumkin bo'lgan minimal o'lchamlarga siqilganligi sababli, bu suyuqlikning sirt qatlami xuddi elastik tarang parda kabi tarang holatda ekanligini anglatadi. Suyuqlikning sirt qatlamining kuchlanishi sirt tarangligi deb ataladi. Suyuqlikning sirt tarangligi shuni ko'rsatadiki, sirt

tarangligi kuchi konturga (chegara chizig'iga) perpendikulyar ravishda yo'naltirilgan bo'lib, suyuqlik yuzasida suyuqlik sinash va sirtini cheklaydi. Shuning uchun sirt tarangligining kuchi konturga biriktirilgan molekulalar soniga mutanosibdir.

Binobarin,

$$F = \sigma \cdot \ell \quad (1)$$

Bunda F - suyuqlik sirtini chegaralovchi ℓ uzunlikdagi konturga ta'sir etuvchi sirt taranglik kuchi, α -proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, uni **sirt taranglik koeffitsiyenti** deb ataladi. (1) formuladan sirt taranglik koeffitsiyenti:

$$\sigma = \frac{F}{\ell} \quad (2)$$

ya'ni, suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyenti son jihatidan suyuqlik sirtini chegaralovchi konturning uzunlik biriigiga ta'sir etuvchi sirt taranglik kuchiga teng.

Sirt tarangligi koeffitsienti haroratga, suyuqlik turiga va uning tozaligiga bog'liq bo'ladi. Harorat ko'tarilganda, sirt tarangligi koeffitsienti pasayadi va kritik haroratda nolga teng bo'ladi. Etvesh birinchi marta ko'rsatganidek, harorat ko'tarilganda turli suyuqliklarning sirt taranglik koeffitsienti quyidagi qonunga muvofiq kamayadi:

$$\alpha = \frac{R}{V^{\frac{2}{3}}} (T_{k\gamma} - T) \quad (3)$$

Bunda V — suyuqlikning molekulyar hajmi, T_k -kritik harorat, R - o'zgarmas kattalik bo'lib, ayrim assotsialanmaydigan suyuqliklar (o'zaro ta'sir vaqtida molekulalari birikmaydigan) uchun 2,1 ga yaqin. Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyenti o'zgaruvchan bo'lib, u suyuqlik ustida o'zining to'yingan bug'i yoki biror gaz yoki bo'sh fazo bo'lishiga qarab o'zgaradi.

Suyuqlik yuzasi kattalashishi uchun ma'lum miqdordagi molekulalar suyuqlik hajmidan sirt qatlamiga o'tishi kerak. Bu suyuqlikka yo'naltirilgan molekulyar kuchlarni engib, ishni bajarishni talab qiladi. Bunday holda, tashqi (manfiy) ish

bajariladi. Aksincha, sirt qisqarganda, molekulyar kuchlar o'z ishlarini sirtan ortiqcha molekulalarni suyuqlikka tortish orqali bajaradilar. Bu manfiy ish bo'ladi. Sirt yuzasining kattalashishi natijasida yuzaga chiqadigan molekulalarning potentsial energiyasi ortadi va issiqlik harakatining kinetik energiyasi mos ravishda kamayadi. Shuning uchun, sirt maydoni oshganda, suyuqlik biroz soviydi. Sirt qatlami haroratining o'zgarishi sirt tarangligi koeffitsientining o'zgarishiga olib keladi. σ doimiy bo'lib qolishi uchun suyuqlik yuzasida izotermik o'zgarish zarur.

Demak, suyuqlikning sirt qatlami qolgan massasiga nisbatan ortiqcha potentsial energiyaga ega bo'ladi. Uni suyuqlik sirtining **erkin energiyasi** deb ataladi. Suyuqlik yuzasi izotermik siqilganda molekulyar kuchlar shu erkin energiya hisobiga ijobiy ish bajaradi. Shuning uchun suyuqlik sirtining potentsial energiyasining suyuqlik yuzasini izotermik siqilish ishiga aylantirilishi mumkin bo'lgan qismini suyuqlik yuzasining **erkin energiyasi** deb atash mumkin.

Erkin energiya suyuqlik yuzasiga mutanosibdir:

$$W = \sigma \cdot S \quad (4)$$

ya'ni, suyuqlik sirtining erkin energiyasi sirt taranglik koeffitsiyentining shu sirt yuziga ko'paytmasiga teng.

(4) formuladan sirt taranglik koeffitsiyentining boshqa ta'rifi kelib chiqadi:

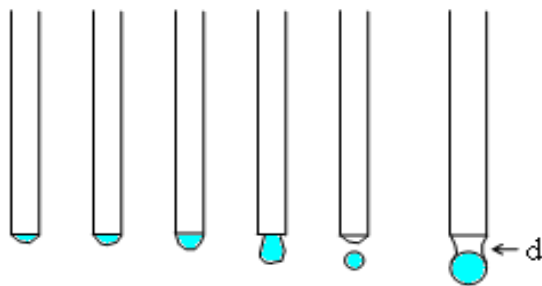
$$\sigma = \frac{W}{S}$$

ya'ni, sirt taranglik koeffitsiyenti suyuqlik sirti birlik yuzasining erkin energiyasiga teng.

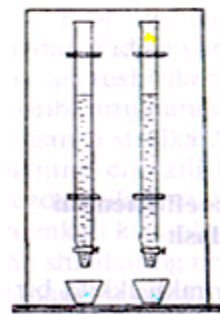
Laboratoriya sharoitida suyuqlikning sirt tarangligi koeffitsientini aniqlashning bir necha usullari mavjud: a) halqani suyuqlik yuzasidan uzish usuli; b) tomchini ajratish usuli; D) kapillyar naychalarda suyuqlikni ko'tarilish balandligida topish usuli; e) Kantor-Rebinder usuli.

Ushbu usul naychaga quyilgan suyuqlikning kapillar naychaning tor uchidan tomchi shaklida tomizilishiga asoslanadi (1-rasm). Tomchining sinishiga olib keladigan kuch (tomchining tortishish kuchi) uni ushlab turgan kuchga (aniqrog'i, biroz kattaroq) teng bo'lganda (suyuqlikning sirt tarangligi kuchi) tomchi

to'xtatiladi. Tomchining uzilish momentidagi P og'irligi uning «bo'yni» aylanasi bo'ylab ta'sir etuvchi F sirt taranglik kuchiga teng bo'lib qoladi.



3-rasm



4-rasm

Agar tomchining uzilish joyidagi tomchi «bo'yni»ning radiusini nayning r radiusiga teng deb olinsa, tomchining og'irligi quyidagiga teng bo'ladi.

$$P = \sigma \cdot 2\pi r \quad \text{yoki} \quad P = \sigma \cdot \pi d \quad (5)$$

Bu yerda d - tomchi «bo'yni»ning diametri (3- rasmga qarang), $\sigma \sim$ suyuqlikning sirt taranglik ko'effitsiyenti.

Tajribada nafaqat bitta tomchini, balki n ta (masalan, 50 - 100 ta) tomchining P_1 og'irligini tarozida o'lchab olib, so'ng bir dona tomchi uchun og'irlik P ning qiymatini aniqlash mumkin. Bu holda

$$\sigma \cdot 2\pi r = \frac{P_1}{n}$$

bo'ladi. $P_1 = mg$ ekanligini inobatga olsak quyidagiga erisgamiz.

$$\sigma \cdot 2\pi r = \frac{mg}{n} \quad (6)$$

bunda n ta tomchining massasi m ga teng. Tomchi «bo'yni»ning radiusini aniqlash biroz murakkab. Shuning uchun, uni o'lchamasdan, taqqoslash usulidan foydalangan holda sirt taranglik ko'effitsiyentini hisoblab topish mumkin. Buning uchun ikki xil suyuqlik olinadi va ular tor uchlarining ichki radiuslari bir xil bo'lgan naychalarga solinadi (4-rasm). Birinchi suyuqlikning zichligi ρ_1 , sirt taranglik ko'effitsiyenti σ_1 , ikkinchi suyuqlikning zichligi ρ_2 , sirt taranglik ko'effitsiyenti σ_2 bo'lsin. Ikkala suyuqlikdan oqib o'tishidagi hosil bo'ladigan

tomchilar soni n_1 va n_2 bo'lsin. Har ikki suyuqlik uchun (6) tenglamani yozib, $m = \rho V$ ekanini e'tiborga olib, quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$\sigma_1 \cdot 2\pi r = \frac{V\rho_1 g}{n_1} ; \sigma_2 \cdot 2\pi r = \frac{V\rho_2 g}{n_2} \quad (7)$$

Ular birining ikkinchisiga nisbatini olsak,

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{n_2\rho_1}{n_1\rho_2} \quad \text{bundan} \quad \sigma_1 = \sigma_2 \frac{n_2\rho_1}{n_1\rho_2} \quad (8)$$

ekanligi kelib chiqadi. Bu formula yordamida tekshirilayotgan suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyenti σ_1 ni aniqlash mumkin. Etalon suyuqlik sifatida suv olinadi. Suvning σ_2 sirt taranglik koeffitsiyenti, ρ_2 zichligi va tekshirilayotgan suyuqlikning ρ_1 zichligi son qiymati tegishli jadvallardan olinadi.

Kerakli asbob va materiallar.

1. Jo'mrakli ikkita bir xil belgisi bo'lgan ingichka naycha
2. Ikkita stakan
3. Voronka
4. Tekshiriladigan suyuqliklar
5. Etalon suyuqlik (distillangan suv).

Ishni bajarish tartibi

1. Naychalarning tozaligiga ishonch hosil qilganingizdan so'ng, ulardan biriga sinov suyuqligi, ikkinchisiga esa toza suv quyiladi. (Suyuqlik darajasining balandligi taxminan bir xil bo'lishi maqsadga muvofiqdir.)

2. Naycha jo'mraklari suyuqliklar asta-sekin tomchilab turadigan tarzda ochiladi. Bu vaqtda har bir suyuqlikdan hajmga ega bo'lgan qismini stakanolga asta tomchilatib, tomchilar soni n_1 va n_2 sanaladi.

3. ρ_1 , ρ_2 va σ_2 larning qiymatlari jadvaldan topib yozib olinadi va (8) formuladan σ_1 ning qiymati hisoblab topiladi.

4. Tajribani har qaysi suyuqlik uchun bir necha (8-10) marta takrorlab, σ_1 ning o'rtacha qiymati topiladi.

5. Absolyut va nisbiy xatoliklar aniqlanadi.

6. σ uchun topilgan natijani suyuqliklarning sirt taranglik koefitsiyenti jadvalidagi natijalar bilan taqqoslagan holda qanday suyuqlik tekshirilayotganligi aniqlanadi.

Nazorat savollari

1. Hollash va ho'llamaslik hodisasini tushuntiring?
2. Sirt taranglik koefitsiyentini o'zgarish mohiyatini tushuntiring?
3. Ishning maqsadi nima va ishning bajarish tartibini tushuntiring?

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. "Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika." 1-qism. "Fan va texnologiya"-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston, T.-2001 y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. "O'qituvchi", Toshkent.
2. <https://www.yandex.ru/video/preview/13834206057104203058>

Laboratoriya ishi-9. Qattiq jismlarning chiziqli kengayish koefitsientining haroratga bog'liqligini o'lchash.

Ishni maqsadi:

- Latun, po'lat va shishaning chiziqli kengayish koefitsientlarining haroratga bog'liqligini o'lchash.
- Latun, po'lat va shishani chiziqli kengayish koefitsiyentlarini aniqlash.

Nazariy ma'lumotlar

Qattiq jismning uzunligi l temperaturaga t chiziqli bog'liq:

$$\ell = \ell_0(1 + \alpha t) \quad (1)$$

Bu yerda ℓ_0 - xona haroratidagi uzunlik koeffitsiyenti α , ularning materiali bilan aniqlanadi.

Ushbu ishda sirkulyatsion termostat suvni isitish uchun ishlatiladi va isitilgan suv turli xil materiallardan tayyorlangan quvurlar orqali oqadi. Aylanma shkalasi 0.01 mm shkalalar bo‘linmalaridan iborat asbobdan uzunlikning o‘zgarishini $\Delta\ell = \ell - \ell_0$ haroratning funksiyasi sifatida o‘lchashda foydalaniladi.

Tajriba qurilmasi

1-rasmda tajriba qurilmasi sxematik tarzda tasvirlangan.

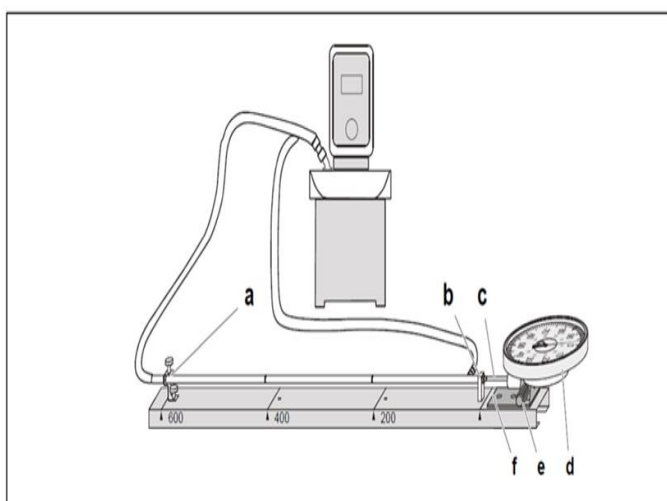
- Siferblatli indifikatorni 381 36 (e) tutgichdagi vintni burab oling (tafsilotlar uchun kengaytiruvchi apparat instruksiyasidan 381 341 foydalaning) va siferblatli indikatori 361 15 (d) o‘z o‘rniga o‘rnating.
 - Kengaytirish moslamasining qo‘zg‘almas tayanchini (a) 600 ga qo‘ying va latun quvurning ochiq uchini qo‘zgalmas tayanchga kiritib, bir tekis siljitingki qisqa quvur (f) pastga qarasin.
 - Latun qavurni qo‘zg‘almas tayanchga mustahkamlash uchun vintni burub qotiring (vint trubadagi halqali truba ichiga kirishi kerak).
 - Kengayuvchi qismni o‘rnating (c) (siferblatli indikator 361 instruksiyasining mos varag‘iga qarang)
 - Sirkulyatsion termostatni ishga tayyorlang va uni ulang. To‘liqroq bayonnoma tafsilotlari uchun, 666 768 instruksiyasining mos varag‘iga murojat qiling.
- Diqqat: sirkulyatsion termostatdan 666 768 foydalanishdan oldin uning instruksiyasini diqqat bilan o‘qib chiqing.
- Sirkulyatsion termostat vannasini distillangan suv bilan to‘ldiring.
 - Asbobni silikonli quvurlar yordamida sirkulyatsion termostatga ulang, ya’ni latun quvurning ochiq uchini va qisqa quvuriga biriktiring.
 - Suv vannasining haroratini t o‘lchash uchun termometrdan foydalaning.

Kerakli asbob va materiallar.

1. Bo'ylama kengayishni o'rganish uchun qurilma D.....381 341
2. Siferblatli indikator, 10 mm.....3611
3. Siferblatli indikatorni tutgich381 36
4. Termometr -10 dan +110 °C gacha.....382 34
5. Sirkulyatsion termostat +25 dan +100 °C gacha.....666 768
6. Nasos666 703
7. Silikonli quvurlar, 7 mm, 2 ta.....667 194
8. Toza suv, 5l, 2 ta675 3410

Tajribani o'tkazish tartibi

- Nolni o'rnatish uchun siferblatli indikatorning korpusini buring.
- Boshlang'ich harorat ya'ni xona haroratini t_0 o'lchang.
- Sirkulyatsion termostatni ulab, temperaturasi t_0 ni 5 °C dan kattaroq qilib o'rning.
- Termodinamik muvozanat qaror topguncha kuting.
- Haroratni t o'lchang.
- Siferblatli indikatorning ko'rsatishini yozib oling.



1-rasm. Quvurlarning chiziqli kengayishini harorat funksiyasi sifatida o'lchash bo'yicha tajriba qurilmasini kengaytiruvchi apparat bilan birgalikdagi sxematik ko'rinishi

Texnika xavfsizligi

- * Issiq suvning nazoratsiz oqishini oldini olish va shu bilan atrofdagilarga shikast etkazish va qurbonlikni oldini olish uchun har bir uskunani ishga tushirishdan oldin silikon ulanishlarni tekshiring.
- * Aylanma termostatni ishlatish bo'yicha maslahatlarga amal qiling.
- * Shisha naycha bilan ishlaganda, qurilma tavsifida ko'rsatilgan ko'rsatmalarga amal qiling.

- t haroratni 5°C da qadamba-qadam 100°C gacha ko'taring.
- Latun quvur xona haroratigacha sovushiga imkon bering.
- Latun quvurni po'lat quvur bilan almashtiring va kengaytiruvchi (a) qurilmaning qo'zg'almas tayanchni 600 ga moslab qotiring va po'lat trubaning ochiq uchini bir tekis harakatlanishi uchun qo'zg'almas tayanchga joylashtiring
- Shisha turubka bilan ham shunday tajribalarni bajaring. Bu holda temperatura t ni taxminan 10°C qadam bilan ko'taring.

Tajriba namunasi

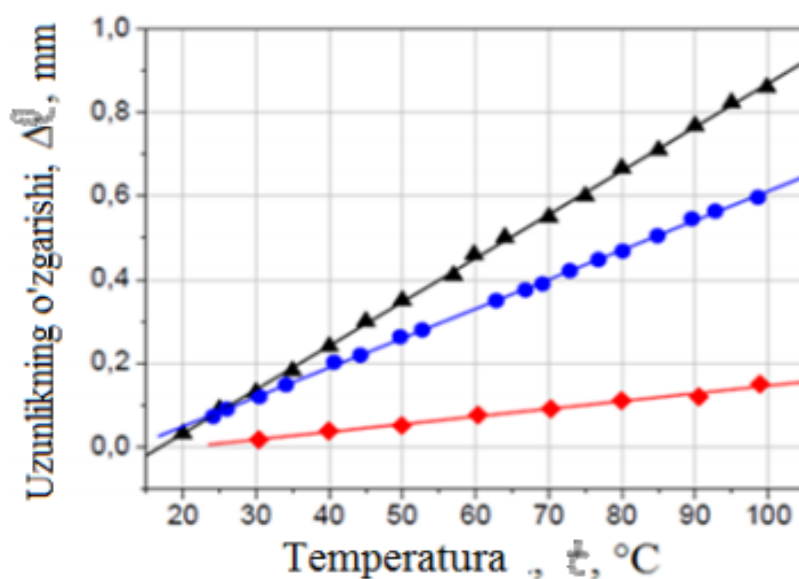
1-jadval. Haroratning t funksiyasi sifatida uzunlikni o'lchangan o'lchangan o'zgarish qiymatlari Δl .

Latun		Po'lat		Shisha	
$t, ^{\circ}\text{C}$	$\Delta l, \text{mm}$	$t, ^{\circ}\text{C}$	$\Delta l, \text{mm}$	$t, ^{\circ}\text{C}$	$\Delta l, \text{mm}$
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		

Natijalar va ularning tahlili

Turli o'lchashlar 1-jadvalda keltirilgan. Chiziqli kengayish ko'effitsiyentini α harorat t funksiyasi sifatida aniqlash uchun uzunlikning o'zgarishini $\Delta\ell$ o'lchash asosida grafik tuzilgan (2-rasmga qarang)



2-rasm . Harorat t funksiyasi sifatida uzunlikning o'zgarishi $\Delta\ell$: latun (▲), po'lat (•), shisha (◆). Uzluksiz chiziqlar (2) tenglama bo'yicha approksimasiyaga mos keladi.

Xona haroratida aniqlangan boshlang'ich uzunlikni ℓ_0 tenglamaning (1) ikki tamonidan ham ayirib, uzunlikning o'zgarishi $\Delta\ell$ uchun quyidagilarni olish mumkin:

$$\ell - \ell_0 = \ell_0 \alpha t \quad (1)$$

$$\Delta \ell = kt \quad (2)$$

(2) tenglamani o'lchangan natijalar bo'yicha chiziqli approksimasiyasi beradi α (2-rasm).

Natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

Material	$\Delta \ell$, mm	Tajriba, α , K^{-1}	Adabiyotdagi natijalar, α , 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	$3.1 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$

2-jadvalda 2-rasm bo'yicha aniqlangan, (2) tenglama bo'yicha tuzilgan chiziqli kengayish koeffitsiyentlari α keltirilgan.

Qo'shimcha ma'lumotlar

Bundan tashqari, issiqlikdan chiziqli kengayish quvurning to'liq uzunligi ℓ_0 funksiyasi sifatida o'lchanishi mumkin. Issiqlikdan chiziqli kengayishni harorat farqiga $\Delta t = t_1 - t_0$ bog'liqligini aniqlashning tajriba tartibi yo'riqnomaga kiritilgan.

Sirkulyatsion termostat o'rniga bug' generatoridan foydalanish uzunlikning o'zgarishini $\Delta \ell$ aniqlashga imkon beradi.

Shunday qilib, chiziqli kengayish koeffitsiyenti, masalan turli uzunlikdagi (200 mm, 400 mm, 600 mm) latun quvurlarniki, sirkulyatsion termostatda o'rnatiladigan boshlang'ich t_0 va yakuniy t_1 haroratlarni o'lchab, yo'riqnomadagi 2-rasmda ko'rsatilgandek aniqlanishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Qattiq jismlarni chiziqli kengayish koeffitsiyentining haroratga bog'liqligini tushuntiring?
2. Qattiq jismning uzunligi ℓ temperaturaga bog'liqmi?
3. Ishning maqsadi nima va ishning bajarish tartibini tushuntiring?

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. "Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika." 1-qism.

2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O‘zbekiston.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. “O‘qituvchi”, Toshkent.
2. <https://www.youtube.com/watch?v=KG6KNqiDrXA&list=PLWWReMXRMsYA1WIH6XkUsaReW1KMlb0eH&index=13>

Laboratoriya ishi-10: Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig‘imini aniqlash.

Ishni maqsadi:

- Qizdirilgan mis, qo‘rg‘oshin, shisha hamda sovuq suv aralashmalarining haroratini o‘lchash.
- Mis, qo‘rg‘oshin va shishaning issiqlik sig‘imlarini aniqlash.

Nazariy ma’lumotlar

Jism qiziganda yutilgan yoki sovishida ajralgan issiqlik miqdori ΔQ va haroratning o‘zgarishi ΔT va massa m ning bog‘liqligi:

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta t \quad (1)$$

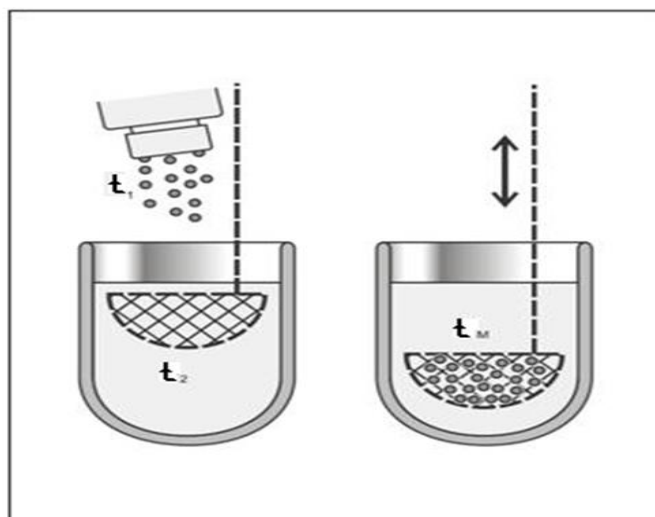
Bu yerda c - jismning solishtirma issiqlik sig‘imi deyiladi va uning qiymati materialning turiga bog‘liq.

Ushbu tajribada pitra shaklidagi turli xil materiallarning o'ziga xos issiqlik sig'imi koeffitsienti aniqlanadi.

Har bir holat uchun pitralar tortiladi va T_1 haroratiga qadar isitiladi, so'ngra tarozida massani tortish bilan belgilanadigan T_2 haroratli suv qo'yiladi.

Yaxshi aralashgandan keyin issiqlik almashinuvi natijasida pitra bilan suv umumiy haroratga erishadi t_m . Bunda pitradan ajralgan issiqlik miqdori ΔQ_1

$$\Delta Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot (t_1 - t_m) \quad (2)$$



(bu yerda m_1 pitra massasi, c_1 -pitraning solishtirma issiqlik sig'imi) suv yutgan issiqlik miqdoriga ΔQ_2 teng

$$\Delta Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot (t_m - t_2) \quad (3)$$

bu yerda m_2 -suv massasi.

Bu yerda suvning solishtirma issiqlik sig'imi koeffitsiyenti c_2 aniq, harorati esa bug' haroratiga teng deb faraz qilinadi. No'malum c_1 ning qiymati o'lchangan t_m , t_2 , m_1 va m_2 ning qiymatlari bo'yicha quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$c_1 = c_2 \frac{m_2(t_m - t_2)}{m_1(t_1 - t_m)} \quad (4)$$

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

$$C_k = c_2 \cdot m_k \quad (5)$$

Shunday qilib, hisob-kitoblarda m_k kalorimetr sig'imining suv ekvivalenti hisobga olinadi. (3) formula bilan hisoblangan yutilgan issiqlikning miqdori ancha aniqroq hisoblanadi

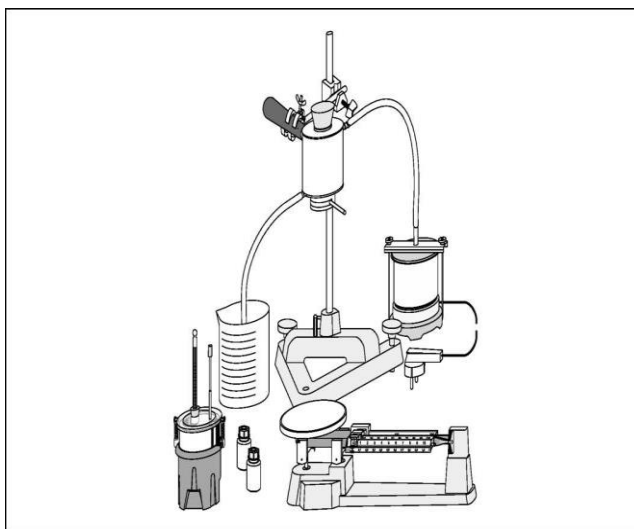
$$\Delta Q_2 = c_2 \cdot (m_2 + m_k) \cdot (t_m - t_2) \quad (6)$$

va uni hisobga olgan holdagi (4) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$c_1 = c_2 \frac{(m_2 + m_k) (t_m - t_2)}{m_1(t_1 - t_m)} \quad (7)$$

Tajribani o'tkazish tartibi

- Shtativga qizdirgichni o'rnatish.
- Bug' generatorini suv bilan to'ldiring va ehtiyotkorlik bilan qurilmani berkiting va uni silikon quvur yordamida qizdirgichning yuqorisidagi (bug' kirishi) shlangli birikmaga ulang.



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

- Silikon quvurni qizdirgichning pastidagi bug'ning chiqish yo'li shlangiga ulang va quvurning ikkinchi uchini menzurkaga soling. Barcha birikmalarga silikon quvurlar ishonchli mahkamlanganini ko'zdan kechiring.
- Qizdirgichning namunalar kamerasini qo'rg'oshin pitrasi bilan to'ldiring va uni iloji boricha stopor bilan mahkam berkiting.
- Bug' generatorini elektr tarmog'iga ulang, so'ngra 20-25 daqiqa davomida ular orqali bug' o'tkazib, pitralarni isitgichda qizdiring.
- Bo'sh Dyuar kolbasining massasini aniqlang, so'ngra uni taxminan 180 g suv bilan to'ldiring.
- Dyuar idishini g'ilofga soling va mos ravishda termometr yoki harorat o'lchagichni joylashtiring.
- Suv haroratini t_2 o'lchang.

Dyuar idishning qopqog'ini oching va uni bir chetga qo'ying namunalar uchun mo'ljallangan panjarani (setkani) Dyuar idishiga joylashtiring. Harorati

100°C gacha ko'tarib, pitralarni to'rga tashlang, qopqoqni yoping va pitralarni suv bilan yaxshilab aralashtiring. Suv harorati ko'tarilishi to'xtaganda, aralashmaning haroratini aniqlang. Bundan tashqari pitralarning massasi ***m*** ni aniqlang.

Mis va shisha pitralar bilan tajribani takrorlang.

Kerakli asbob va meteriallar.

1. Dyuar idishi.....	38648
2. Dyuar idishi g'ilofi.....	38416
3. Mis pitra,200 g	38435
4. Shisha pitra,100g.....	38436
5. Qo'rg'oshin pitra, 200 g.....	31576
6. O'quv laboratoriya torozisi 610 posangi torozi toshlari bilan.....	31523
7. Termometr -10 ⁰ C dan +110 ⁰ C gacha.....	38234
8. NiCr-Ni temperatura datchigi.....	666193
9. Raqamli termometr.....	666190
10. Bug'generatori,550 Vt/220V.....	303281
11. Qizdirish apparati	38434
12. Menzurka,400 ml	664 104
13. V shaklsimon shtativ asosi,20 sm	300 42
14. Shtativ ustuni 47 sm	300 4
15. Multi tutgichlar Leybold	301 01
16. Universal tutgich, diametri 0...80 mm	666 555
17. Silikon quvurlar,ichki diam.7x1.5 mm,1 m.....	667 194
18. Bir juft issiqlikka chidamli qo'lqop.....	667 614

Tajriba namunasi

Suv massasi: ***m*₁ = 180 g**

Pitra harorati: ***t*₂ = 100 °C**

1-jadval. Moddalar solishtirma issiqlik sig'imining o'lchangan qiymatlari

Modda	<i>m</i> ₂ (kg)	<i>t</i> ₁ (°C)	<i>t</i> _m (°C)
Qo'rg'oshin	77	24.5	25.4
Mis	69	24.0	26.2
Shisha	19	23.8	24.9

Hisoblar:

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

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

2-jadvalda (7) formuladan foydalanib hisoblangan moddalarning solishtirma issiqlik sig'imi ko'rsatilgan. Ularning adabiyotlardan olingan natijalar bilan muvofiqligi qoniqarli.

Modda	c, kJ/(K·kg)	c, kJ/(K·kg)
	Tajriba	Adabiyotdagi natija
Qo'rg'oshin	0.133	0.1295
Mis	0.367	0.385
Shisha	0.656	0.746

2-jadval. Tajribada aniqlangan solishtirma issiqlik sig'imining qiymatlari va adabiyotlardan olingan ularga mos natijalar.

Xulosalar

Materiallarning turiga qarab, qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imi o'rganildi va uning qiymati suvning solishtirma issiqlik sig'imidan sezilarli darajada kam ekanligi aniqlandi.

Nazorat savollari

1. Issiqlik sig'imi va solishtirma issiqlik sig'imi nima?
2. Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash.
3. Ishning maqsadi nima va ishning bajarish tartibini tushuntiring?

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. "Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika." 1-qism. "Fan va texnologiya"-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston.
3. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston, T.-2001 y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. "O'qituvchi", Toshkent.

2. <https://www.youtube.com/watch?v=SFokMV8n2s8&list=PLWWReMXRMsYA1WIH6XkUsaReW1KMlb0eH&index=12>

Laboratoriya ishi-11. Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsiyentini Stoks usulida aniqlash.

Ishni maqsadi:

- Suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsiyentini tajriba yo‘li bilan aniqlash.

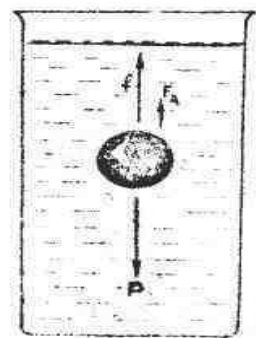
Nazariy ma’lumotlar

Keling, tinch holatda suyuqlikka tashlangan jismning erkin tushishini ko'rib chiqaylik. Qattiq jism suyuqlikka tegishi bilan oq, suyuqlik molekulalarini jism sirtiga yopishgan monomolekulyar qatlam hosil bo‘lib, jism bilan bir xil tezlikda harakatlanadi. Tananing yuzasiga biriktirilgan bu qatlam tana bilan bir xil tezlikda harakat qiladi. Ushbu monomolekulyar qatlam qo'shni suyuqlik molekulalarini o'ziga tortadi.

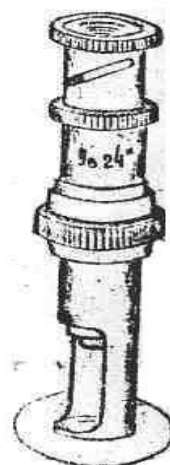
Suyuqlik qatlamlari o'rtasida ichki ishqalanish mavjud bo'lganligi sababli, jismga yaqinroq qatlamga nisbatan past tezlikda harakatlanadigan molekulalar o'rtasida ichki ishqalanish kuchi hosil bo'ladi. Bu ichki ishqalanish kuchi tananing harakatlanishiga to'sqinlik qiladi. Bu kuch jismning yo'nalishiga qarama-qarshidir.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, qarshilik kuchi jismning harakat tezligiga, uning chiziqli o'lchamlari va geometrik shakliga, shuningdek, muhitning ichki ishqalanish koeffitsientiga bog'liq.

Muhitning qarshilik kuchi sferik shakldagi jism (sharcha) uchun ancha sodda usulda aniqlanadi.



a)



b)

1-rasm. Suyuqlikda jismning erkin harakati.

Agar sharcha tinch holatdagi suyuqlikda, og'irlik kuchi ta'siri ostida harakatlanayotgan bo'lsa, STOKS tomonidan bajarilgan nazariy hisoblashlar ishqalanish kuchi uchun asosiy ifodasini beradi.

$$f = 3 \pi \eta d v \quad (1)$$

Bu yerda η - suyuqlikning ishqalanish ko'effitsiyenti

d - sharcha diametri

v - sharchaning harakat tezligi.

Suyuqlikdagi sharchaga og'irlik kuchi va Arximed qonuniga asosan ko'tarish kuchi ta'sir etadi (1-rasm. a). Bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi:

$$F = g V (\rho - \rho') \quad (2)$$

Bu yerda $g=9,8 \text{ m/s}^2$ og'irlik kuchi tezlanishi

ρ - sharcha zichligi

ρ' - suyuqlik zichligi

V - sharcha hajmi

“ f ” va “ F ” kuchlar ta'siri ostida shar tezlanuvchan harakat etadi. Nyutonning ikkinchi qonuni bu hol uchun

$$F - f = m a \quad (3)$$

ko'rinishda ifodalanadi. Bu yerda

m - shar massasi, F - kuch sharcha tezligini oshira boradi.

Sharni harakat tezligi oshishi bilan muhitning qarshilik kuchi (f) ham oshib boradi. Shar harakati davomida shunday holat bo'ladiki Arximed va STOKS kuchlarining absolyut qiymatlari teng bo'ladi. Bu holatdan keyin shar o'zgarmas "g" tezlik bilan harakatlanadi, natijada:

$$F = g V (\rho - \rho') = 3 \pi \eta d v \quad (4)$$

Bu formulaga sharcha hajmi $V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{1}{6} \pi d^3$ ni qo'yib " η " ni topamiz

$$\eta = \frac{g(\rho - \rho') \cdot d^2}{18v} \quad (5)$$

Tekis harakat tezligi "g" ni sharcha o'tgan ma'lum masofa "l" va bu yo'lni o'tish uchun ketgan vaqt "t" orqali ifoda etish mumkin:

$$\eta = \frac{g(\rho - \rho') \cdot d^2}{18 \cdot l} t \quad (6)$$

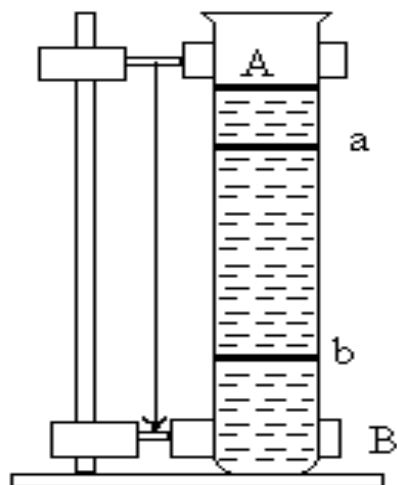
Shunday qilib, ishqalanish koeffitsientini (η) sharning tekis harakatini kuzatish orqali aniqlash mumkin. Shuni ham unutmaslik kerakki, ishqalanish koeffitsienti haroratga bog'liq va " η " qiymati harorat oshishi bilan kamayadi.

Kerakli asbob va materiallar.

1. Suyuqlik solinadigan silindrik idish
2. Sekundomer
3. Masshtabli chizg'ich
4. Okulyar mikrometrli mikroskop
5. Sharchalar

Asbobning tuzilishi

Suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsiyentini (η) ni o'lchash asbobi 2-rasmda ko'rsatilgan. U silindrik "A" shisha idishdan iborat bo'lib, u "B" taxtadan yasalgan taglikka o'rnatilgan. Silindr tekshiriladigan suyuqlik (masalan: glitserin) bilan to'ldirilgan.



2-rasm. Suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsiyentini (η) ni o'lchash asbobning tuzilishi.

Silindrning tashqi tomonida "a" va "b" belgilari halqa shaklida joylashgan va ular orasidagi masofa "1"dir. "a" halqa belgisi suyuqlik yuzasidan pastda joylashgan "1" masofani bosib o'tish uchun zarur bo'lgan vaqt sekundomer bilan o'lchanadi. Boshqa tomondan, sharning diametri okulyar mikrometrik mikroskop yordamida aniqlanadi.

Okulyar mikrometr shkalalariga bo'lingan ingichka shisha plastinka mikroskopi okulyarning fokus tekisligiga o'rnatilgan. Mikroskopda ko'rilganda shkala va sharlarning tasviri bir-biriga o'xshaydi. Okulyar mikrometrning har bir qismining raqamli qiymati mikroskopda ko'rsatiladi.

Tajribani o'tkazish tartibi

1. Uchta sharcha diametri mikroskop yordamida o'lchanadi va jadvalga yoziladi.
2. Har bir sharcha silindrining markaziga yaqin qilib tashlanadi hamda yuqoriga belgi ("a") dan o'tayotgan vaqtida sekundomer yurgaziladi: "B" belgidan o'tayotganida esa sekundomer to'xtatiladi. Sekundomerda o'lchanadigan vaqt jadvalga yoziladi.
3. "a" va "b" belgilar orasidagi masofani 1 mm aniqlikda o'lchanadi va jadvalga yoziladi.

4. Fizikaviy kattaliklarning son qiymatlarini (6) formulaga qo'yib ichki ishqalanish koeffitsiyenti va o'lchash xatoliklari hisoblanadi.
5. O'lchash natijalari jadvalga kiritiladi.

Kuzatish jadvali

№	d	L	T	ρ	ρ'	η	$\Delta\eta$	E_η
1								
2								

Nazorat savollari

1. Ichki ishqalanish kuchlarining hosil bo'lish sabablari nimadan iborat va qaysi kattaliklarga bog'liq?
2. Yopishqoq suyuqlikda harakatlanayotgan sharchaga qanday kuchlar ta'sir etadi?
3. Suyuqlikda sharchani tekis tushish sharti nimalardan iborat?
4. Ichki ishqalanish koeffitsiyentining fizik ma'nosiva uni o'lchov birligi nima?

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. "Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika." 1-qism. "Fan va texnologiya"-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston, T.-2001 y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. "O'qituvchi", Toshkent.
2. <https://www.youtube.com/watch?v=KG6KNqiDrXA&list=PLWWReMXRMsYA1WIH6XkUsaReW1KMlb0eH&index=13>

Laboratoriya ishi 12: Sirt taranglik koeffitsiyentini suyuqlikning kapillyar naylarda ko'tarilish balandligiga qarab aniqlash.

Ishni maqsadi:

- Kapillyar naychalarda ko'tarilish balandligidan o'rganilayotgan suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini eksperimental ravishda aniqlang.

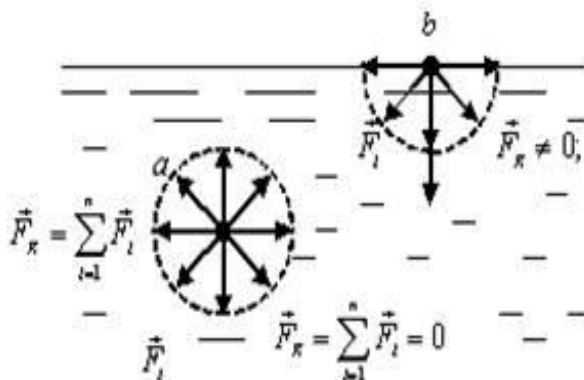
Nazariy ma'lumotlar

1. Sirt qatlamining energiyasi va suyuqliklarning sirt tarangligi.

Suyuqlik yuzasida, suyuqlik va uning bug'ini ajratuvchi chegara yaqinida, molekulalar suyuqlik hajmi ichida bo'lgan molekulalarning molekulalararo o'zaro ta'siridan farq qiluvchi molekulalararo o'zaro ta'sirni boshdan kechiradi.

1(a)-rasmda suyuqlik hajmining ichida joylashgan bitta suyuqlik molekulasi har tomondan suyuqlikning boshqa molekulalari tomonidan teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'lgan kuch bilan o'zaro ta'siri qilishi ko'rsatilgan.

1(b)-rasmda suyuqlikning sirt qatlamida joylashgan molekulasi xuddi shunday suyuqlik molekulalari bilan faqat pastki yarim shar tomonidan o'ralgan. Natijada, sirt qatlamida joylashgan molekulalarga suyuqlik tomon yo'naltirilgan natijaviy kuch ta'sir qiladi. $\vec{F}_R \neq 0$



1-rasm. Suyuqlikning sirt taranglik kuchi.

Molekulalarni suyuqlik hajmining chuqurligidan suyuqlik sirt qatlamiga o'tkazish uchun $\vec{F}_R$ kuchni yengish uchun ishlarni bajarish kerak. Bu ish sirt energiyasini oshirishga sarflanadi.

Sirt taranglik koeffitsiyenti deb, suyuqlik sirtini bir birlikka izotermik ravishda orttirish uchun sarflash ishga aytiladi.

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

bu yerda ΔA -suyuqlik sirtini ΔS qadar kattalashtirish uchun sarflangan ish.

Suyuqlikning erkin yuzasining sirt maydoni kamayganda molekulyar kuchlarning ishi suyuqlik yuzasi maydonining pasayishiga to'g'ridan-to'g'ri proportsionaldir. Bu ish yana suyuqlik turiga va σ koeffitsienti bilan ifodalangan tashqi sharoitlarga bog'liq.

Shunday qilib, molekulyar kuchlar tomonidan bajariladigan ishning suyuqlik turiga va suyuqlikning egrilik yuzasi o'zgarganda tashqi sharoitlarga bog'liqligini tavsiflovchi miqdor suyuqlikning sirt tarangligi koeffitsienti deb ataladi. Sirt taranglik koeffitsiyenti suyuqlik erkin sirti yuzini bir birlikka o'zgaitirishda molekulyar kuchlarning bajargan ishi bilan o'lchanadi. σ ning XBS dagi birligi:

$$\sigma = \frac{J}{m^2}$$

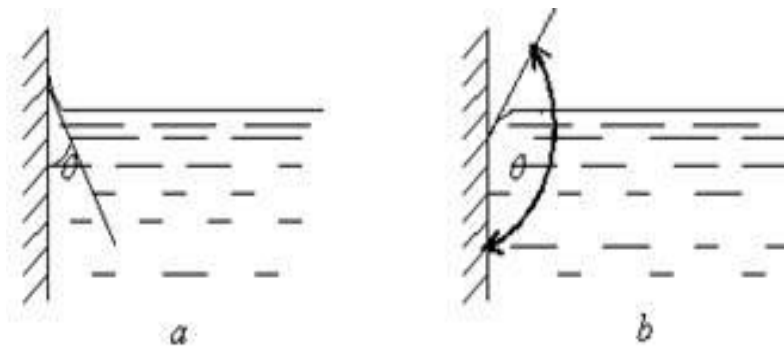
Xona haroratida ba'zi suyuqliklarning sirt taranglik koeffitsiyentlari (1-jadval)

Modda	N/m	Modda	N/m
Suv- benzol	33.6	Simob-spirt	399
Suv-efir	12.2	Suv	73
Simob- suv	427	Simob	490

2. Namlik.

Suyuqlik va qattiq molekulalar orasidagi tortishish kuchlari suyuqlik molekulalarining o'zaro tortishish kuchlaridan kattaroq bo'lsa, suyuqlik qattiq jismning sirtini namlaydi. (rasm. 2 a)

Ho'llash hodisasida suyuqlik va idish devori orasidagi burchagi o'tkir ($\pi/2$ dan kichik) bo'ladi. Burchak kosinusi musbat ($\cos\alpha > 0$) bo'lib, suyuqlik sirtini namlamaydi. Masalan, suv shishani, simob ruxni namlaydi.



2-rasm. Ho‘llash va ho‘llamaslik.

Qattiq jismni ho‘llamaydigan suyuqliklar uchun kontakt burchagi o‘tmas ($\pi/2$ dan katta) bo‘ladi. Burchak kosinusi manfiy ($\cos\alpha < 0$) bo‘lib, suyuqlik sirtini ho‘llamaydi. Masalan, suv kerosinni, simob cho‘yanni ho‘llamaydi. Ho‘llash va ho‘llamaslik hodisalari paytidagi aloqa burchaklarining farqi, birinchidan, qattiq jism va suyuqliklar molekulalari orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlari, ikkinchi tomondan, suyuqliklardagi molekulalararo ta’sir kuchlarining nisbati bilan izohlanadi.

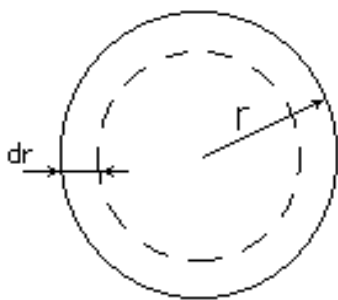
Agar suyuqlik yuzasi biron bir kontur bilan cheklangan bo‘lsa, u holda sirt taranglik koeffitsienti son jihatdan sirtini cheklovchi kontur uzunligi birligiga ta’sir qiluvchi kuchga teng bo‘ladi.

$$\sigma = \frac{F}{l} \quad (2)$$

3. Kapillar hodisalar.

Suyuqlik yuzasining egriligi bu sirt ostidagi suyuqlikka ta’sir qiluvchi kuchlarning paydo bo‘lishiga olib keladi. Buning ta’siri ostida sirt ostidagi suyuqlik biroz siqiladi, ya’ni sirtga perpendikulyar va sirt egriligi radiusi bo‘ylab yo’naltirilgan qo’shimcha bosim ta’siri ostida bo‘ladi.

Aytaylik, bu bosim ostida sferik suyuqlik 3-rasmda ko‘rsatilgandek hajmini dV ga kamaytirdi. Bunday holda, bajarilgan ish suyuqlikning sirt energiyasini kamaytirish orqali amalga oshiriladi.



3-rasm.

Siqish ishi

$$dA = PdV \quad (3)$$

bo‘ladi. Sirt energiyasining kamayishi esa

$$dF = \sigma \cdot dS \quad (4)$$

ga teng. Shar hajmining va sirtining uning radiusini dr ga kamayishiga mos keluvchi o‘zgarishlari quyidagilarga teng bo‘ladi:

$$dS = 8 \pi r dr, \quad dV = 4 \pi r^2 dr \quad (5)$$

Bu qiymatlarni (3) va (4) tenglamalarga qo‘yib, hamda $dA = |dF|$ ekanini inobatga olib quyidagini olamiz:

$$P 4 \pi r^2 dr = \sigma 8 \pi r dr \quad (6)$$

Bundan, suyuqlikning egri sirti tomonidan suyuqlikka ko‘rsatayotgan bosim uchun quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$P = \frac{2\sigma}{r} \quad (7)$$

Agar suyuqlik yuzasi silindrsimon bo‘lsa, unda qo‘shimcha bosim formula bilan aniqlanadi:

$$P = \frac{\sigma}{r} \quad (8)$$

Umumiy holda har qanday shakldagi sirt uchun, sirtning egriligi bilan bog‘liq bo‘lgan qo‘shimcha bosim Laplas tenglamasi deb ataladigan tenglama bilan aniqlanadi:

$$P = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (9)$$

Bu yerdagi r_1 va r_2 - sirtning berilgan nuqtasidagi yoki aniqrog‘i sirtning shu berilgan elementi uchun asosiy egrilik radiuslari.

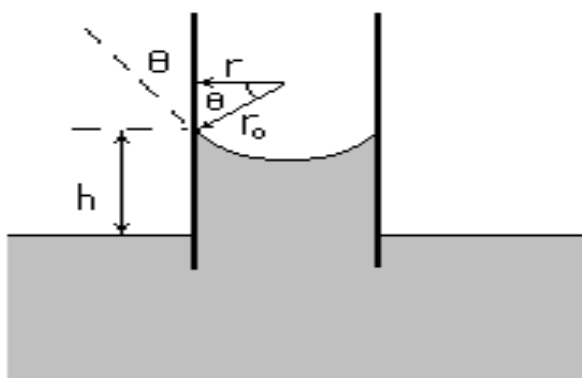
Laplas bosimining ta'siri kapillyar naylarda seziladi. Bunday idishlarda suyuqlik yuzasining egrilik radiusi suyuqlik idishining kattaligi tartibida bo'ladi. Kapillyar naylarda sodir bo'ladigan hodisalar kapillyar hodisalar deb ataladi.

Bu rasmda suyuqlikli keng idishga tushirilgan ingichka naycha tasvirlangan. Bundagi r -naychaning radiusi, r_0 -suyuqlik sirtining egrilik radiusi.

Sirtning egriligidan hosil bo'lgan bosim tufayli naychadagi suyuqlik yuqoriga qarab yo'nalgan bosim ta'siriga duch keladi.

$$P = \frac{2\sigma}{r_0} \quad (10)$$

Kapillyarlik bilan bog'liq bo'lgan eng tavsifli hodisalardan biri suyuqlikning kapillyar nayda ko'tarilishidir (4-rasm).



4-rasm. *Suyuqlikning kapillar nayda ko'tarilishi.*

Natijada, naycha orqali suyuqlik oqimi bu bosim suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi bilan muvozanatga yetguncha ko'tariladi. muvozanat sharti uchun quyidagi tenglik o'rinli bo'ladi, bu yerdagi ρ -suyuqlik zichligi, g - og'irlik kuchining tezlanishi.

$$\rho g h = \frac{2 \sigma \cos \theta}{r} \quad (11)$$

Bu formuladan suyuqlikning kapullar nayda ko'tarilish balandligi hisoblab topish formulasini olamiz:

$$h = \frac{2 \sigma \cos \theta}{\rho g r} \quad (12)$$

Kerakli asbob va materiallar.

1. Suyuqlik solinadian silindrik idish
2. kapillay naycha-3 dona
3. KM-8 katetometri
4. Okulyar mikrometrli mikroskop

Asbobning tuzilishi

Bu ishda uchta, radiusi r_1 , r_2 , r_3 bo'lgan kapillyar qo'llaniladi. Kapillyarlarni suv bilan idishga vertikal ravishda tushirganda, kapillyarlarda suyuqlik ko'tarilish balandliklari mos ravishda h_1 , h_2 , h_3 bo'ladi. Bu holda (12) formuladan olingan sirt taranglik koeffitsienti teng bo'ladi.

$$\sigma = \frac{r_1 h_1}{2} \rho g = \frac{r_2 h_2}{2} \rho g = \frac{r_3 h_3}{2} \rho g,$$

Bu yerda

$$h_1 - h_2 = \frac{2\sigma}{\rho g r_1} - \frac{2\sigma}{\rho g r_2};$$

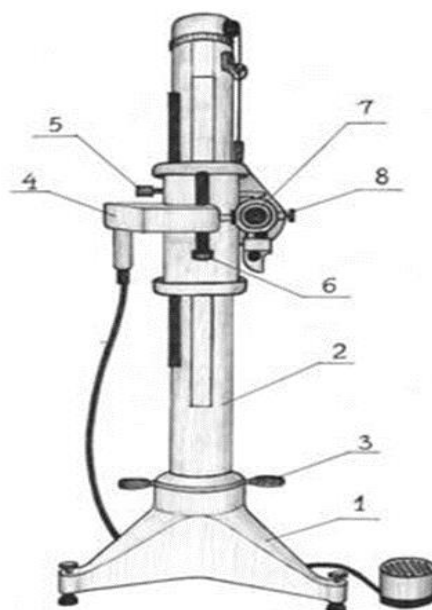
$$h_1 - h_3 = \frac{2\sigma}{\rho g r_1} - \frac{2\sigma}{\rho g r_3};$$

$$h_2 - h_3 = \frac{2\sigma}{\rho g r_2} - \frac{2\sigma}{\rho g r_3};$$

Demak,

$$\sigma = \frac{r_1 r_2 (h_1 - h_2)}{2(r_2 - r_1)} \rho g = \frac{r_1 r_3 (h_1 - h_3)}{2(r_3 - r_1)} \rho g = \frac{r_2 r_3 (h_2 - h_3)}{2(r_3 - r_2)} \rho g \quad (13)$$

h_1 , h_2 va h_3 qiymatlari KM-8 katetometri yordamida topiladi, u uchburchakdagi ustun, teleskopli o'lchash aravachasi va o'qish mikroskopidan iborat (5-rasm).



5 -rasm. KM-8 katetometri

1-taglikga ustun-2 oʻrnatiladi. 3-tutqichlar yordamida ustunni vertikal oʻq atrofida aylantirish mumkin. Mikrometrli vint-6 ga mahkamlangan vint-5 orqali oʻlchov aravachasini vertikal harakatini amalga oshiruvchi koretk-4 boshqariladi. Masshtab panjarasi va masshtab chiziqlari tasvirlari okulyar-7, oʻlchanayotgan ob'ekt esa vint-8 orqali aniqlashtiriladi.

Tajribani oʻtkazish tartibi

1. Katetometrning oʻqish mikroskopining yorugʻlik qismi transformator orqali tarmoqqa ulanadi.

2. Distillangan suvda yuvilgan, umumiy ushlagichga mahkamlangan toza kapillyar naychalar gorizonttal ravishda oʻrnatiladi va ularning ichki diametri katetometr bilan oʻlchash tartibiga muvofiq (har bir kapillyar uchun 3 marta) oʻlchanadi. Olingan qiymatlardan oʻrtacha arifmetik qiymat olinadi va oʻlchov natijalari jadvalga kiritiladi.

3. Kapillyar naychalar vertikal ravishda oʻrnatiladi va kapillyarlarning pastki uchlari suyuqlik sathidan 5-6 sm pastda boʻlishi uchun suv solingan idishga tushiriladi. 1-2 daqiqadan soʻng ularni suvdan chiqarmasdan koʻtariladi va shtativ qisqichlari bilan mahkamlanadi.

4. Vint 5 ni boʻshatib, kareta 4 ni vertikal ravishda harakatlantiring va tutqichlar 3 yordamida teleskopni kapillyarlardan biriga yoʻnaltiring (ob'ektning

ko‘rish maydonidagi tasviri teskari). Vint 8 yordamida o‘rganilayotgan ob'ektning aniq tasviriga erishiladi (bizning holimizda meniskning aniq tasviri).

5. Sirt taranglik koeffitsientini aniqlash uchun σ (formula 13) ga qarang), kapillyarlardagi suv ustunlarining balandliklaridagi farqlarni aniqlash kifoya: h_1-h_2 , h_1-h_3 va h_2-h_3 . Shuning uchun katetometr yordamida faqat menisklarning uchlari pozitsiyalari o‘lchanadi. O‘lchov natijalarini jadvalga kiritiladi.

Natijalar jadvali

№	d_1	d_2	d_3	h_1	h_2	h_3	σ	$\langle \sigma \rangle$	$\Delta \sigma$	$\langle \Delta \sigma \rangle$	ε
	m	m	m	m	m	m	N/m	N/m	N/m	N/m	%

6. (13) formuladan foydalanib, suvning sirt taranglik koeffitsientlarini hisoblab, ularni σ_1 , σ_2 , σ_3 deb belgilang. Keyin o‘rtacha arifmetikni aniqlang.

7. Absolyut va nisbiy xatolar topilib natijalar jadvalga tushiriladi.

$$\Delta \sigma = |\langle \sigma \rangle - \sigma|$$

$$\varepsilon = \frac{\langle \Delta \sigma \rangle}{\langle \sigma \rangle} 100\%$$

20 °C da suvning sirt taranglik koeffitsientining jadvalli qiymati barqaror $\sigma = 72,5 \times 10^{-3} \text{ N / m}$.

Nazorat savollari

1. Ishning maqsadi nima?
2. Sirt taranglik koeffitsienti nima? U qanday birliklarda o‘lchanadi?
3. KM-8 katetometrining konstruksiyasi va uning bu ishdagi ahamiyati. Katetometr yordamida qanchalik aniq o‘lchovlarni amalga oshirish mumkin?
4. Ishchi formulani yozing va unga kiritilgan miqdorlarni tushuntiring.

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. “Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika.” 1-qism. “Fan va texnologiya”-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O‘zbekiston, T.-2001 y.

Qo‘shimcha adabiyotlar

3. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. “O‘qituvchi”, Toshkent.

Labaratoriya ishi-13. Havoning issiqlik sig‘imlari nisbati

C_p / C_v ni topish.

Ishni maqsadi:

- Gaz solishtirma issiqlik sig‘imlarining nisbatini aniqlash.

Nazariy ma’lumotlar



Puasson Simeon Deni (1781.21.6, Pitivye — 1842.25.4, Parij) — fransuz matematigi, fizigi. Parij Fanlar akademiyasi a‘zosi (1812), Peterburg Fanlar akademiyasi faxriy a‘zosi (1826). U birinchi marta analitik mexanika tenglamalarini impulsning tashkil etuvchilari tar-zida yozgan. Puasson matematik fizikaning ko‘plab masalalarini yechgan, ehtimollar nazariyasida Bernulli sxemasini umumlashtirib, katta sonlar qonunini isbotlagan, kam ro‘y beradigan hodisalar taqsimot qonuni (Puasson taqsimoti) ni topgan. Sferoid va bir jinsli ellipsoidlar tortishishini o‘rganib, o‘z nomi bilan ataluvchi tenglamani chikargan. **Puasson tenglamasi** — ikkinchi tartibli, xususiy hosilali differensial tenglama. Tenglamani 1812-yilda S.D.Puasson o‘rgangan. Puasson tenglamasi potentsiallar nazariyasida gravitatsiya va elektrostatika masalalarini yechishda qo‘llaniladi. Puassonning ballistika, elastiklik nazariyasi, gidromexanika va boshqa sohalardagi ishlari ham katta amaliy ahamiyatga ega.



Eksperimental qurilma A shisha ballon, nasos va B monometrdan iborat bo‘lib, ballon va monometr rezina nay orqali nasosga ulangan (1-rasm). Shuningdek K_1 kran orqali ballonni tashqi atmosfera bilan ulash mumkin. Agar K_1

kranni ochib (berk bo'ladi) ballonga havo haydalsa, idish ichidagi havo bosimi va harorati ortadi. Havoning atrof muhit bilan issiqlik almashinishi tufayli ma'lum vaqtdan keyin ballondagi havo harorati tashqi muhit harorati t_1 bilan tenglashadi. Bu vaqtda ballondagi bosim:

$$P = H + h_1 \quad (1)$$

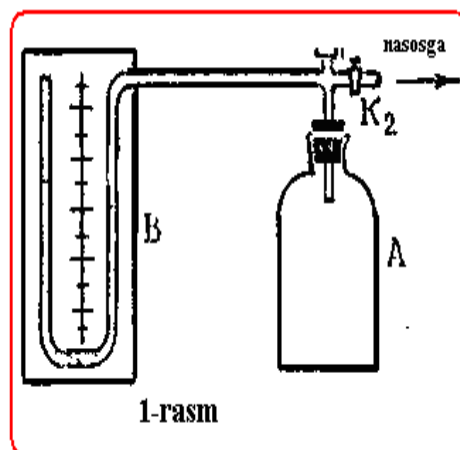
bu yerda H -atmosfera bosimi, h_1 -monometrdagi suyuqlik sathlaring farqi.

Shunday qilib, silindr ichidagi havo holati, ya'ni i gaz holati quyidagi parametrlar bilan ifodalanadi:

$$P_1 = H + h_1$$

$$V_1 \text{ va } t_1$$

Agar K_1 kranni qisqa vaqtda ochib yopsak, unda ballondagi havo kengayadi. Bu kengayish jarayonini adiabatik kengayish deb hisoblash mumkin.



Bunday holda, idish ichidagi bosim tashqi atmosfera bosimiga teng bo'ladi va havo harorati t_2 ga tushadi va hajmi V_2 bo'ladi. Bu gaz II holati, uning parametrlari quyidagicha bo'ladi,

$$P_2 = H; \quad V_2 \text{ va } t_2 < t_1$$

I va II holatlar uchun Puasson tenglamasini

$$PV^\gamma = \text{const} \quad (2)$$

qo'llab quyidagini hosil qilamiz.

$$(H + h_1) V_1^\gamma = H V_2^\gamma \quad (3)$$

Ballondagi havo kengayishi tufayli soviydi, ma'lum vaqtdan so'ng issiqlik almashinuvi tufayli tashqi muhit harorati t_1 ga qadar qiziydi va bosim biroz oshadi:

$$P_2 = H + h_2$$

Bu yerda h_2 -monometrdagi suyuqliklarning yangi farqi.

Havo hajmi V_2 ra teng bo'lib o'zgarmaydi. Shunday qilib, biz ushbu havo holatini III holat deb ataymiz va uni quyidagi parametrlar bilan ifodalaymiz:

$$P_2 = H + h_2$$

$$V_2 \text{ va } t_1$$

I va III holatlardagi havo harorati (izotermik jarayon) ekanligi ma'lum, shuning uchun Boyle-Mariotte qonunini ($PV=\text{const}$) ni qo'llab, ushbuni:

$$(H + h_1) V_1 = (H + h_2) V_2$$

yoki

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{H + h_2}{H + h_1} \quad (4)$$

ni hosil qilamiz.

(4) tenglamaning ikkala tomonini darajaga ko'tarib

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = \left(\frac{H + h_2}{H + h_1}\right)^\gamma \quad (5)$$

(3) va (5) ifodalardan foydalanib,

$$\frac{H}{H + h_1} = \left(\frac{H + h_2}{H + h_1}\right)^\gamma \quad (6)$$

ni hosil qilamiz.

Yuqoridagi ifodani logarifmlab, tajribada h_1 ni topishga imkon beruvchi oxirgi ifodani hosil qilamiz:

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (7)$$

Kerakli asbob va materiallar.

1. Shisha ballon
2. Nasos
3. Manometr.

O'lchash va natijalarni hisoblash.

1. K_1 va k_2 kranlarini ochib, o'lchagichdagi suv ustunlari darajasini bir xil holatga keltiring.
2. Jo'mrak K_2 ni berkitib nasos bilan havo haydaladi (bunda suv sathlarining farqi 60-100 mm dan oshmasliga kerak).
3. K_1 jo'mrakni berkitib havo haydash to'xtatiladi va suv ustunining pastga tushishi to'xtaguncha (taxminan 5 daqiqa) kutiladi. So'ngra, manometrdagi suv sathlarining farqi o'lchanib jadvalga yozilng.
4. K_2 jo'mrakni juda tez ochib yopiladi (bunda suv sathlari tenglashishi kerak) va suv ustuni ko'tarila borib to'xtaguncha (taxminan 5 daqiqa) kutiladi. So'ngra manometrdagi suv sathlarining farqi jadvalga yozing.
5. Tajriba 5-10 marta takrorlanadi. Har bir olingan natija asosida (7) foydalanib γ -hisoblang.
6. O'lchashdagi nisbiy va absolyut xatoliklarni toping.

Nazariy savollar

1. Maxsus issiqlik sig'imiga nima ta'sir qiladi?
2. Parametrni qanday hisoblash mumkin?
3. Issiqlik sig'imini hisoblash haqida nima deyish mumkin?
4. Ishning maqsadi nima va ishning bajarish tartibini tushuntiring?

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. "Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika." 1-qism. "Fan va texnologiya"-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston, T.-2001 y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. "O'qituvchi", Toshkent 1978y.
2. <https://www.youtube.com/watch?v=QCaP-8YiI-o>

Laboratoriya ishi-14. Havoning nisbiy namligini Assman psixrometri yordamida aniqlash.

Ishni maqsadi:

- Gigrometr va psixrometrlarning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish va ular vositasida havo namligini aniqlash.

Nazariy ma'lumotlar



Richard Assman 1845 yil 13 aprelda Magdeburg shahrida tug'ilgan. 1868 yilda u Berlinda tibbiyot bo'yicha falsafa doktori darajasini oldi, 1871 yilgacha esa Bad-Frayenvald shahrida umumiy amaliyot shifokori bo'ldi. 1879 yilda u Magdeburgga qaytib keldi va u erda tibbiy amaliyotni davom ettirdi. 1880 yilda "Magdeburg gazetasi" ni tashkil etdi, unda 1880 yil 12 dekabrda Germaniyada birinchi ob-havo xaritasini nashr etdi. 1885 yilda u Halle universitetining falsafa fakultetida ikkinchi doktorlik darajasini oldi va keyinchalik Qirollik meteorologiya institutida ilmiy xodim bo'ldi. 1905 yildan 1914 yilgacha u Lindenbergdagi Prussiya Qirollik observatoriyasining direktori bo'lib, keyinchalik Gissen universitetining faxriy professori etib saylandi.

1887 yildan 1892 yilgacha u havo namligi va haroratini aniq o'lchash uchun psixrometrni ishlab chiqdi. Bu yuqori balandlikdagi balondan haroratni ishonchli o'lchashga qodir bo'lgan birinchi qurilma edi. Ushbu qurilmani texnik sotish va ishlab chiqarish Rudolf Fuss zavodida (1838-1917) tashkil etilgan.

Richard Assman 1918 yil 28 mayda Gissenda vafot etdi.



Suv havzalarida va yer yuzasida sodir bo'ladigan bug'lanish tufayli atmosferada har doim ma'lum miqdordagi suv bug'lari bo'ladi. Shuning uchun havo doimo nam bo'lib qoladi.

Namlik mutlaq (absolyut) qiymatda ham, to'yinganlik darajasida ham farq qilishi mumkin. Havoning namligi mutlaq namlik, maksimal namlik, nisbiy namlik va shudring nuqtasi deb ataladigan miqdorlar bilan tavsiflanadi.

Havoning absalyut namligi deb, berilgan haroratda havoning birlik hajmida mavjud bo'lgan suv bug'ning massasiga son jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikga aytiladi. Odatda uni kg/m^3 , g/sm^3 , g/m^3 da o'lchanadi. Bug'ning zichligi va bosimi o'zaro proporsional kattaliklar bo'lgani uchun ($p = \frac{\rho}{\mu}RT$, bunda p -bug' bosimi, ρ -uning zichligi, μ - molyar massasi, T -absalyut harorati, R -universal gaz doimiysi) absalyut namlik ko'pincha bug'ning mm.sim.ust.da ifodalangan elastikligi-parsial bosimi bilan o'lchanadi. Har bir harorat uchun absalyut namlikning biror p_m maksimal qiymati mavjudki, u berilgan haroratda havoni to'yintiruvchi suv bug'ining elastikligiga teng bo'ladi.

Havoning quruq yoki nam ekanligini sezish absalyut namlikga emas, balki nisbiy namlikga ega.

Nisbiy namlik deb, ma'lum bir haroratdagi p_a absalyut namlikning shu haroratdagi uning p_m maksimal qiymatiga bo'lgan nisbatiga aytiladi. Nisbiy namlik foizlarda ifodalanadi. Ta'rifga ko'ra, nisbiy namlik f quyidagicha ifodalanadi:

$$f = \frac{p_a}{p_m} 100\% \quad (1)$$

Agar biz to'yinmagan bug'ni doimiy bosim ostida asta-sekin sovutsak, u ma'lum bir haroratga yetganda to'yingan bug'ga aylanadi. Havoda mavjud bo'lgan suv bug'ining to'yinganlik harorati *shudring nuqtasi* deb ataladi.

Havoning namligi shudring nuqtasini topish usuli yoki psixrometrik usul bilan belgilanadi. Ikkala usul ham jadval ma'lumotlaridan foydalanadi.

Havoning namligini aniqlash uchun maxsus asboblari –psixrometr va gigrometr ishlatilgan. Namlikni o'lchash uchun ishlatiladigan psixrometrlarning bir nechta turlari mavjud, ulardan avgi psixrometri bilan Assman psixrometri eng ko'p qo'llaniladi.

Kerakli asbob va meteriallar.

1. Assman psixrometri
2. Distillangan suvi bo'lgan stkan
3. Barometr
4. To'yingan suv bug'i elastikligining haroratga bog'liqlik jadvali
5. Psixrometrik jadval

Havoning nisbiy namligini Assman psixrometri yordamida aniqlash.

Havoning namligini o'lchashda eng keng tarqalgan usul psixrometr usuli hisoblanadi. Uning mohiyati quyidagicha: ikkita bir xil termometr bir xil havo oqimida turganda, ularning ko'rsatkichlari bir xil bo'lishi tabiiydir. Agar termometrlardan birining suyuqligi (simob) bo'lgan idish doimo nam bo'lsa, masalan, nam doka bilan o'ralgan bo'lsa, termometr ko'rsatkichlari bir xil bo'lib qoladi. Havo namligini o'lchashning eng keng tarqalgan usuli bu psixrometr usuli. Uning mohiyati quyidagicha: ikkita bir xil termometr bir xil havo oqimida turganda, ularning ko'rsatkichlari bir xil bo'lishi tabiiydir. Agar termometrlardan birining suyuqligi (simob) bo'lgan idish doimo nam bo'lsa, masalan, nam doka bilan o'ralgan bo'lsa, termometr ko'rsatkichlari bir xil bo'lib qoladi. Termodinamik muvozanat ro'y bergandagi rezervuarga kelib tushayotgan issiqlik miqdori Q_1 ho'l termometr rezervuari sirtining S yuziga, quruq va ho'l termometrlar ko'rsatishining $(t_2 - t_1)$ farqiga hamda rezervuarlarga qaytayotgan suv molekulalarining issiqlik berish vaqti τ ga to'g'ri proporsional, yani

$$Q_1 = c S (t_2 - t_1) \tau \quad (2)$$

Bunda c -proporsionallik koeffitsiyenti. Muvozanat holatda issiqlik miqdori Q_1 ho'l termometr rezervuari sirtidan suvning bug'lanishida sarflanadigan issiqlik miqdori Q_2 ga teng bo'ladi.

τ vaqt oralig'ida termometr rezervuari sirtidan bug'lanayotgan suvning massasi, Dalton qonuniga ko'ra,

$$m = \frac{c_1 S (p_m - p_a)}{H} \tau \quad (3)$$

ifodadan aniqlanadi, bunda p_m to'yintiruvchi suv bug'ining bug'lanuvchi suyuqlik haroratidagi, yani t_1 haroratdagi elastikligi, p_a havodagi suv bug'ining elastikligi, H havoatmosferasining bosimi, c_1 havo oqimining tezligiga bog'liq bo'lgan proporsionallik koeffitsiyenti.

Agar suvning solishtirma bug'lanish issiqligini λ bilan belgilasak, u holda Q_2 issiqlik miqdori uchun quyidagi ifodani yozish mumkin.

$$Q_2 = \lambda m = \frac{c_1 S \lambda (p_m - p_a)}{H} \tau \quad (4)$$

$Q_1 = Q_2$ bo'lganda

$$c S (t_2 - t_1) \tau = \frac{c_1 S \lambda (p_m - p_a)}{H} \tau$$

bo'ladi. Bundan

$$p_a = p_m - \frac{c}{c_1 \lambda} H (t_2 - t_1) \quad (5)$$

Ekanligi kelib chiqadi. $\frac{c}{c_1 \lambda} = A$ deb olamiz. A ishlatiladigan asbobning kattaligi doimiy bo'lib, uning qiymati asosan havo oqimi tezligiga bog'liq bo'ladi va tajribada topiladi. Shunday qilib, havoning absolyut namligi quyidagiga teng:

$$p_a = p_m - A H (t_2 - t_1) \quad (6)$$

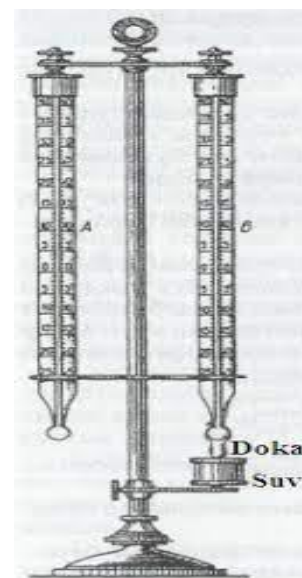
p_a absolyut namlikni aniqlash uchun berilgan haroratdagi absolyut namlikning maksimal qiymati p_m ni bilish kerak. p_m ning qiymati ho'l termometr ko'rsatayotgan haroratdagi to'yingan suv bug'ining elastikligi bo'lib, uni jadvaldan olamiz.

Bu vazifada ishlatiladigan Assman psixrometrining (ventilyatorli yoki aspiratorli psixrometrning) tuzilishi 1- rasmda berilgan.

Assman psixrometri ikkita bir xil termometrdan iborat bo'lib, ularning sharchalari atrofidagi jismlarning nurlanishidan saqlash maqsadida ikki asosi ochiq ikki qatlam devorli metall naylarning ichiga joylashtirilgan.



1-rasm. Assman psixrometri.



2-rasm. Avgust psixrometri.

Termometrlardan birining sharchasiga yupqa doka mato o'ralgab bo'lib, bu doka matoning uchi stakandagi distillangan suvga botirilib ho'llab olinadi. Termometr sharchalari atrofidan havoning oqib o'tish tezligining birday bo'lishi asbobning yuqori qismida joylashtirilgan vintelyator yordamida amalga oshiriladi. Quruq termometr xona haroratini ko'rsatib turadi. Ho'l termometrning sharchasiga o'rab qo'yilgan doka matodan suv bug'lanib turishi tufayli bu termometr ko'rsatadigan harorat quruq termometr ko'rsatadigan haroratdan past bo'ladi. Atrofdagi havoning namligi qancha kam bo'lsa, bug'lanish shuncha tezroq bo'ladi va ho'l termometr shuncha past haroratni ko'rsatadi. Ikkala termometr ko'rsatgan haroratlarning ayirmasi havoning namligini tavsiflaydi. 2-rasmda Avgust stasionar psixrometrning ko'rinishi tasvirlangan. Uning ishlash prinsipi ham Avgust psixrometriniki kabi bo'ladi.

Ishni bajarish tartibi

1. Ho'l termometrning sharchasi o'ralgan doka matoning uchini stakandagi distillangan suvga tushirib ho'llab olinadi so'ng stakanni pastyroqqa tushirib qo'yiladi.
2. Vintelyatorni tok manbaiga ulab ishga tushiriladi.
3. Ho'l termometrning ko'rsatishi biror haroratga kelib to'xtagach (4-5 daqiqa vaqt mobaynida), quruq va ho'l termometrlarning ko'rsatishlari yozib olinadi.
4. Barometrdan foydalanib H atmosfera bosimini aniqlab yozib olinadi.
5. Ho'l termometr harorati t_1 ga mos kelgan p_m to'yingan bug' elastikligini to'yingan suv bug'i elastikligining haroratga bog'liqligini ifodalovchi jadvaldan topib yozib olinadi.
6. (6) faormulaga asosan p_a absalyut namlik hisoblanadi.
7. (1) formulaga asosan nisbiy namlik hisoblanadi.
8. Tajriba kamida 5-6 marta takrorlanadi.
9. Psixrometrik jadvaldan foydalanib quruq va nam termometrlarning ko'rsatishiga mos keladigan f_j nisbiy namlik topiladi va uni tajriba natijasi bilan taqqoslanadi.
10. O'lchab va hisoblab topilgan natijalarni quyidagi jadval ko'rinishida ifodalanadi.

№	$t_1, (^{\circ}\text{C})$	$t_2, (^{\circ}\text{C})$	$P_m, \text{mm.sim.ust}$	H,	$P_a,$	f, %	$f_j, \%$
1							
2							

Nazorat savollari

1. Namlik qanday kattaliklar bilan xarakterlanadi?
2. To'yingan va to'yinmagan bug' deganda nimani tushunasiz?
3. Shudring nuqtasidan yuqori haroratdagi bug' qanday bug' hisoblanadi?
4. Avgust psixrometri bilan Assman psixrometri orasida qanday farq bor?

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. "Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika." 1-qism. "Fan va texnologiya"-2005y.

2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O‘zbekiston, T.- 2001 y.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. 1978y.

Laboratoriya ishi-15. Quyosh kollektorining effektivligini issiqlik izolyasiyasining funksiyasi sifatida aniqlash.

Ishni maqsadi:

- Quyosh kollektorining temperatura koeffitsiyentini issiqlik izolyasiyasi bilan va usiz o‘lchash.
- Quyosh kollektorining samaradorligini baholash.

Nazariy ma’lumotlar

Quyosh kollektori quyosh nurlanishini o'zlashtiradi hamda o'zi va to'ldirilgan suvni qizdiradi. Quyosh kollektorining effektivligi η suv yutgan issiqlik energiyasining ΔQ kollektorga tushayotgan radiasion energiyaga ΔE nisbati bilan o'lchanadi:

$$\eta = \frac{\Delta Q}{\Delta E}$$

Bu yerda radiasion energiya quyidagidan aniqlanadi:

$$\Delta E = \Delta t$$

bunda E radiasiya quvvati.

Kollektor atrof-muhitdan issiqroq bo'lsa, u radiatsiya, konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanligi orqali atrof-muhitga issiqlik chiqaradi. Ushbu yo'qotishlar tufayli kollektorning samaradorligi pasayadi. Tajribada suyuqlikning majburiy aylanishi nasos yordamida amalga oshiriladi. Tizim (kollektor, quvurlar va bak) tomonidan so'rilgan issiqlik energiyasi asosan suvda mujassamlanganligi sababli, quyosh kollektorining harorati juda yuqori bo'lishi mumkin emas. Tajribalarda quyosh kollektori issiqlik izolatsiyasi bilan ham, izolyatsiyasiz ham qo'llaniladi. Bunday holda, tankdagi suvning harorat xususiyatlari o'lchanadi.

Tajriba qurilmasi

1-rasmda tajriba qurilmasi keltirilgan.

Quvurlarni uchlariga ulash uchun mos silikon quvurlar va ulagichlardan foydalaning.



1-rasm. Tajriba qurilmasi

- * Suv nasosini ulang, shunda u quyosh kollektorining pastki qismidan suvni quyosh kollektori orqali haydasin, ya'ni nasos uchi kirish kamerasining uchiga ulanishi kerak.

Harorat datchigini to'g'ridan-to'g'ri quyosh kollektorining chiqish kamerasidagi teshikka 1,5 mm bo'shliq bilan rezina jipslagich bilan o'rnatib. Ushbu haroratni o'lchash punkti quyosh kollektorining haddan tashqari qizib ketishining oldini olish uchun ham qo'llaniladi. Kollektordagi suv harorati 60 °C dan oshmasligi kerak

- Chiqish kamerasining nakonechnigini bak nakonechnigi bilan ulang.
- Bak chiqish nakonechnigini suv nasosining kirishi bilan ulang.
- Bakga 1000 ml suv soling.
- Bakni shunday ko'taringki, suv nasosi orqali suvning oqib tushishi quyosh kollektoridan o'tib, ortga bakning kirishiga qaytsin. Suv qarshiliksiz oqishi uchun, barcha quvurlar doimo to'g'ri (burishgan va egilgan joy siz) bo'lishi kerak
- Bakni shtativ ustunidagi oldindan belgilangan joyga o'rnatib.

- Suv nasosining elektr ta'minotini ulang va qutbga rioya qilib, taxminan 6 V kuchlanish o'rnatish.
- Quvur shlanglar sistemasida pufaklar yo'qligiga amin bo'ling.

Kerakli asbob va materiallar.

1 Quyosh kollektori.....	389
1 Quvvati 1000 W, och tusli cho'g'lanma lampa....	450 72
1 Suv nasosi STE2/50	579220
1 Suv nasosi STE2/50	579220
1 Boshqariladigan past kuchlanishli kuchlanish transformatori S.....	521 35
1 Uzunligi 100 sm bir juft kabel (qizil/sariq).....	50146
1 Mobil CASSY524	009
1 K tipli NiCr-Ni- Adapter S.....	524 067
1 NiCr-Ni-temperatura datchigi, 1,5 mm, K tipli.....	529 676
1 Po'latli o'lchash poloskasi, 2 m	31177
1 Taymer.....	31317
1 V shaklsimon shtativ asosi, 20 sm.....	30002
1 Shtativ ustunchasi 25 sm, 12 mm	300 41
1 Shtativ ustunchasi 47 sm, 12 mm.....	300 42
1 Shtativ ustunchasi 75 sm, 12 mm.....	300 43
1 multi qisqichlar Leybold	30101
1 Universal tutgich 0...80 mm.....	666 555
1 Plastik stakan	59006
1 Silikon quvurlar 5 mm ,1m.....	604431
1 Silikon quvurlar 6 mm ,1m.....	604 432
1 Silikon quvurlar 8 mm ,1m.....	604434
1 Bevosita ulagich, 6/8 mm	665 226

Haroratni o'lchash

- Universal tutgich yordamida ikkinchi harorat datchigini bakdagi suvga o'rnatish. Harorat datchiklarini NiCr-Ni- adapteri bilan CASSY ko'chma qurilmasiga ulang.

Yoritish vositasi

- Cho'g'lanma lampani shtativga o'rnatish va uni quyosh kollektorining old qismidan taxminan 50 sm masofaga o'rnatish.
- Cho'g'lanma lampani ulang va uni kollektorning faol qismi to'liq yoritilishi uchun joylashtiring. Agar kerak bo'lsa, korpusning plastik qismi yoritilmasligiga ishonch hosil qiling.
- Cho'g'lanma lampani o'chirish va quyosh kollektorining sovushiga yo'l qo'yish.

Tajribalarni o'tkazish tartibi

Tajribaga tayyorgarlik

- Haroratni suv sikli ulangan holda o'lchang va harorat o'zgarmay qolguncha kuting.
- Tajribani takrorlang.

O'lchash

- Suv nasosining kuchlanishini shu tarzda kamaytirish (taxminan 2,5 V), shunda kam oqim sodir bo'ladi, ya'ni idishda faqat kichik suv oqimi kuzatilishi mumkin.
- Bakdagi haroratni yozib oling va chiqish kamerasidagi haroratning o'zgarishini kuzatib boring.
- Bir vaqtda cho'g'lanma lampani va taymerni ulang. O'lchashni har minutdan keyin davom ettiring.
- Boshlaganigizdan keyin 30 minut o'tganda o'lchashni to'xtatish.

Diqqat: Uzoq vaqt davomida o'lchovlarni amalga oshirayotganda, ruxsat etilgan maksimal harorat qiymatini hisobga oling.

- Issiq suvni juda ko'p sovuq suv bilan almashtirish. Tajribalarni iloji boricha tezroq asl harorat bilan bir xil haroratda boshlash kerak.
- Quyosh kollektorining old qismiga issiqlik izolyasiyasini o'rnatish.

Xavfsizlik bo'yicha eslatma!

Suvning temperaturasi 60 °C dan oshib ketmasligi kerak!

Izolyasiya		
	Issiqlik izolyasiya-siz	Issiqlik izolyasiyasi bilan
Vaqt	Bakdagi temperatura	
t, min	T ₁ °C	T ₂ °C
0	21,4	21,3
1	22,9	22,9
2	24,4	23,8
3	26,1	25,1
4	27,7	26,2
5	29,2	27,5
6	30,8	28,8
7	32,4	30,1
8	33,9	31,3
9	35,1	32,4
10	36,4	33,6
11	37,6	34,7
12	38,8	35,7
13	39,9	36,8
14	41,0	37,9

Izolyasiya		
	Issiqlik izolyasiya-siz	Issiqlik izolyasiyasi bilan
Vaqt	Bakdagi temperatura	
t, min	T ₁ °C	T ₂ °C
16	42,9	39,7
17	43,8	40,6
18	44,7	41,5
19	45,5	42,3
20	46,3	43,1
21	47,1	43,9
22	47,9	44,5
23	48,4	45,2
24	49,3	45,9
25	49,7	46,5
26	50,3	47,2
27	50,8	47,7
28	51,4	48,4
29	51,8	48,9
30	52,2	48,3

Tajriba namunasi

Jadval 1: Bakdagi suvning haroratviy xarakteristikalarini.

Quyosh kollektori chiqishi bilan bak orasidagi harorat farqi taxminan 2 K. Diagramma 1 dan yaqqolki, issiqlik izolyasiyasiz holda bakdagi harorat tezroq ortadi. Issiqlik izolyasiyasi bilan holda radiasion energiyaning bir qismi akslanadi, ya'ni quyosh kollektoriga tushayotgan radiasion energiya amalda kam bo'ladi.

Tajribada olingan egriliklar to'g'ri chiziqli emas, biroq quyidagi eksponensial funksiya bilan ifodalanishi mumkin.

$$T(x) = T_{End} + a \cdot e^{-\frac{t}{b}}$$

Ya'ni suv harorati ortishi bilan issiqlik energiyasining yo'qotilishi ortishi boshlanganidan haroratni ortishining tezligi kamayishi kuzatiladi.

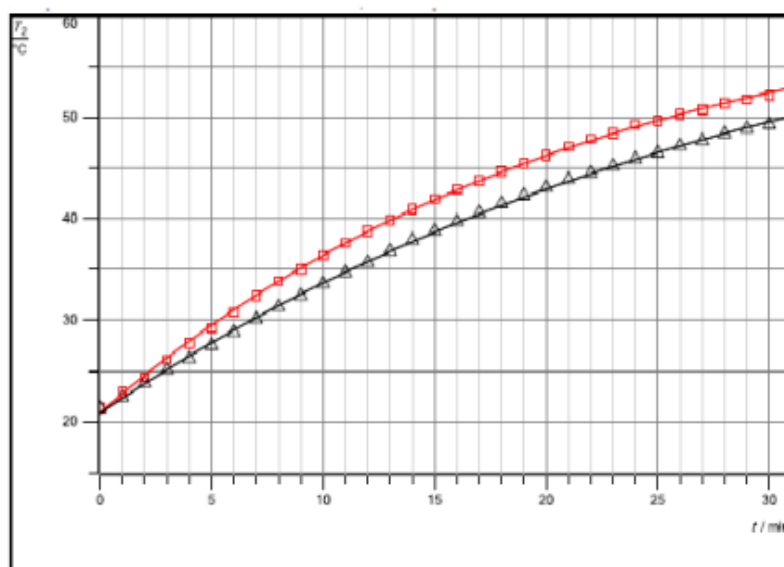


Diagramma 1: *Bak harorati vaqt funksiyasi sifatida (kvadratchalar – issiqlik izolyasiyasiz, uchburchaklar issiqlik izolyasiyasi bilan)*

O'lchangan miqdorlarni hisoblash va ularni ekstrapolyasiyalash, radiation energiyani yutish issiqlik izolyasiyasiz holda kam bo'lishiga qaramasdan, issiqlik izolyasiyasi bilan bo'lgan holda nazariy mumkin bo'lgan harorat T_{End} yuqoriroq bo'lishini yaqqol ko'rsatadi.

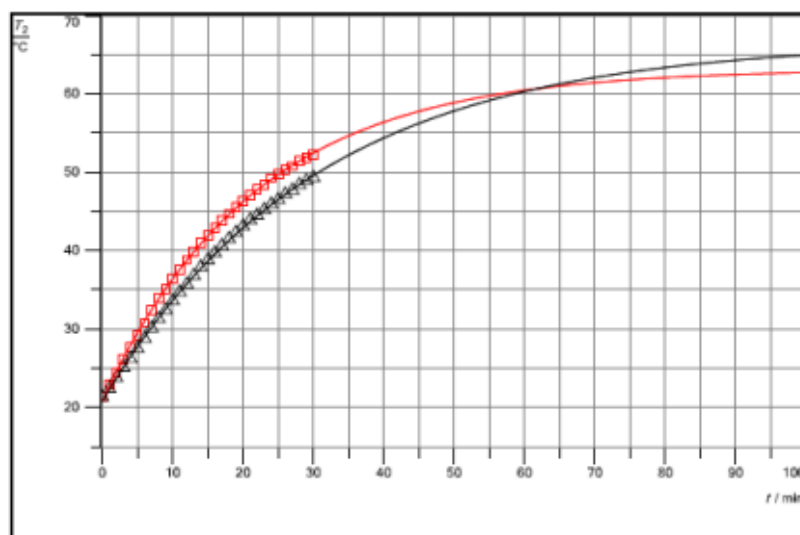


Diagramma 2: *Tajriba natijalari yordamida olingan hisoblash egriliklari*

Diqqat: mazkur effekt yanada kuchaytirilishi mumkin, agar chiqishdagi haroratlar farqi sovutish orqali ortirilsa, masalan ventilyator yordamida.

Bu ikki egriliklar kesishishidan yuqorida, issiqlik izolyasiyasi bilan holda issiqlik yo'qotishlar kamroq va bunda u issiqlik qoplamasi sifatida ta'sir etib, quyosh kollektorlarining effektivligi ortadi. Quyosh kollektorlarining real sistemalarida maxsus akslantirmaydigan shishalar qo'llaniladi.

Nazorat savollari

1. Quyosh kollektorining harorat koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
2. Quyosh kollektorining effektivligini qanday baholadingiz?
3. Ishning maqsadi va bajarish tartibini aytib bering

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. "Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika." 1-qism. "Fan va texnologiya"-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston, T.-2001 y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. "O'qituvchi", Toshkent 1978y.

Laboratoriya ishi-16. Richard metodi orqali C_p/C_v adiabat ko'rsatgichini havo uchun aniqlash.

Ishni maqsadi:

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

Nazariy ma'lumotlar

Gazlarning kinetik nazariyasi ideal gazlarning adiabat koeffitsiyentini ko'rsatishi mumkin. Gazning ichki energiyasini tashqi tomondan unga uzatiladigan issiqlik miqdorini ΔQ ga oshirish yoki unda ΔW mexanik ishini bajarish orqali o'zgartirish mumkin:

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W \quad (1)$$

Adiabatik holat o'zgarishi bilan tashqi muhit bilan issiqlik almashinuvi bo'lmaydi. Shuning uchun issiqlik miqdori o'zgarmaydi: $\Delta Q = 0$ (ya'ni entropiya doimiy bo'lib qoladi).

Ideal gaz qonunidan $P V = m R T$, $\Delta U = C_V m \Delta T$, hamda (I) tenglamadan Bundan Puasson tenglamasi kelib chiqadi, u harorat o'zgarganda holatning adiabatik o'zgarishini ifodalaydi:

$$P V^k = \text{const} \quad (2)$$

bu yerda k adiabata ko'rsatgichi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$k = \frac{C_p}{C_v} \quad \text{va} \quad C_p = C_v + R \quad (3)$$

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 ma'lumot

Bir mol ideal gazni doimiy hajmda (izoxorik jarayon) ΔT gacha qizdirish uchun quyidagi energiya kerak bo'ladi:

$$\Delta Q = C_v \Delta T \quad (4)$$

bu yerda C_v molyar issiqlik sig'imi.

Doimiy hajmdagi holat o'zgarganda, mexanik ish bajarilmaydi, ya'ni (I) tenglamada $\Delta W = 0$. Shunday qilib, ΔQ tizimiga uzatiladigan issiqlik faqat zarrachalarning kinetik energiyasini oshiradi. Gazlarning kinetik nazariyasida zarrachalarning erkinlik darajasi bo'yicha energiyaning bir tekis taqsimlanishi qonunidan kelib chiqib, zarrachalarning o'rtacha kinetik energiyasining oshishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\overline{\Delta E_{kin}} = \frac{1}{2} \cdot f \cdot R \cdot \Delta T \quad (5)$$

bu yerda f – bir zarrachaga to'g'ri keladigan erkinlik darajasining soni, R – universal gaz doimiysi, ΔT – haroratning o'zgarishi.

(4) va (5) formulalarni taqqoslashdan ideal gazning molyar issiqlik sig'imi faqat gaz molekulasi erkinlik darajasi bilan aniqlanishi kelib chiqadi:

$$C_v = \frac{1}{2} \cdot f \cdot R \quad (6)$$

Bir atomli gaz zarralari faqat uch daraja erkinlikka ega bo'ladi. Bir atomli gazlarda o'rtacha issiqlik energiyasida ($\sim 25 \text{ MeV}$) burchak momentlarini kvantlash natijasida aylanish erkinligi darajasi paydo bo'lmaydi. Ikki atomli va chiziqli ko'p atomli molekulalar aylanma erkinlik darajalariga ega. Biroq, o'qdagi inersiya momenti kichik bo'lganligi sababli, diatomik va chiziqli ko'p atomli molekulalar molekulyar o'qqa nisbatan faqat perpendikulyar ravishda 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 adiabat ko'rsatgichi orasidagi quyidagi munosabatni olishga imkon beradi (jadval 1 ga qarang):

$$k = \frac{C_p}{C_v} = \frac{f+2}{f} \quad (7)$$

Ideal gazlar uchun (7) formula bilan hisoblangan adiabat ko'rsatgichlari:

1-jadval

Gaz turi	f	k
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

Ushbu tajribada gaz naychasiga kiritilgan va gaz hajmini mahkam ushlab zoldirning tebranish davri orqali havoning adiabat ko'rsatgichi 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:

$$P = P_0 + \frac{mg}{A} \quad (8)$$

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:

$$A \cdot dP = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} \quad (9)$$

Bu jarayon juda tez amalga oshgani uchun, uni amalda adiabatik deb hisoblash mumkin va bu (I2) tenglamani differensiyalash orqali kelib chiqadi:

$$V^k dp + p k V^{k-1} dV = 0 \quad (10)$$

$$dP = -\frac{kP}{V} dV \quad (11)$$

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

$$dV = Ax \quad (12)$$

dV ni (11) tenglamaga va dP ni (9) tenglamaga qo'yib, zoldir harakat tenglamasini quyidagi ko'rinishda olamiz:

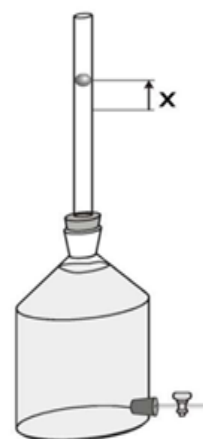
$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{kPA^2}{mV} x = 0 \quad (13)$$

(13) formula garmonik ossillyator tenglamasi hisoblanadi va undan siklik chastotani ω aniqlash

$$\omega = \sqrt{\frac{kPA^2}{mV}} \quad (14)$$

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

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{kPA^2}{mV}} \quad (15)$$



*1-rasm. Richard metodi bilan
Adiabata ko'rsatgichini k
aniqlash uchun tajriba qurilmasi*

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

$$k = \frac{4\pi^2 mV}{A^2 PT^2} \quad (16)$$

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

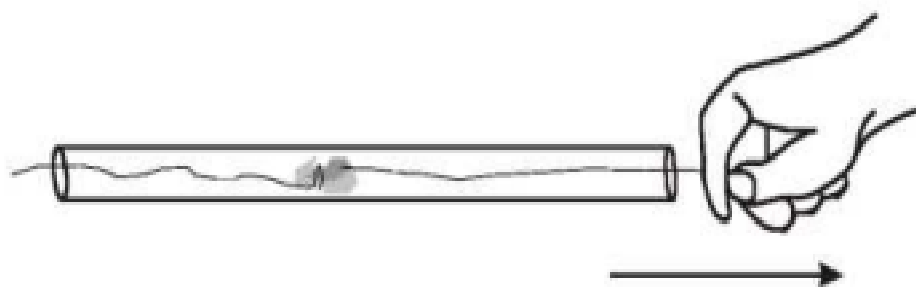
Kerakli asbob va materiallar.

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

(15) tenglamaga ko'ra, idish hajmi qanchalik katta bo'lsa, po'lat zoldirning tebranish davri shunchalik katta bo'ladi. Boshqa tomondan, tajribaning aniqligi T tebranish davrini aniqlashning aniqligi bilan belgilanadi, bu davr (16) tenglamadagi kvadrat ildizdan topiladi. Shuning uchun ushbu tajribada aspirator (so'rib oluvchi qurilma) qo'llaniladi.

Po'lat zoldirning tebranish miqdori shisha quvur va po'lat zoldirning tozaligiga juda bog'liq. Har bir tajribadan oldin, shisha naychani 2-rasmda ko'rsatilgandek, ipga biriktirilgan yumshoq mato yoki teri bo'lagi bilan yaxshilab tozalash kerak. Shisha naychani yumshoq mato bilan tozalashda tozalash vositalaridan foydalaning.



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

Tajriba qurilmasi

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

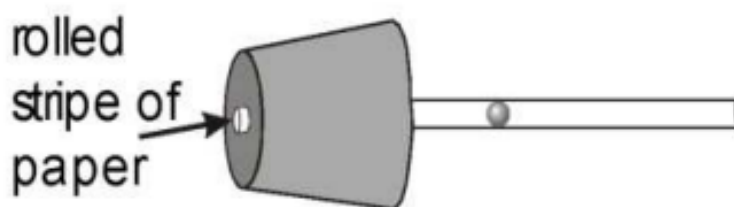
Eslatma

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

Eslatma

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

Shisha trubkani rezina tiqinga o'rnatish. 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.

- Presizision shisha trubkali rezina tiqinni aspiratorning yuqorigi teshigiga perpendikulyar qilib joylashtiring.
- Endi, agar zoldir shisha naychaga kiritilsa, u idishdagi havo hajmidan hosil bo'lgan havo yostig'ida garmonik tebranishlarni amalga oshiradi. Ishqalanish energiyasini yo'qotish muqarrar bo'lganligi sababli, tebranishlar yo'qoladi.
- Bir necha marta (masalan 20) tebranishlar davrini T 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.

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:

$T = 1.15$ s

Po'lat zoldirning massasi: $m = 16.5$ g

Presizision shisha trubkaning diametri: $d = 16$ mm

Trubka ko'ndalang kesimining yuzasi:

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

bosim: $p = 1020$ gPa

kolba hajmi: $V = 11.5$ l

(16) formulaga asosan adiabata ko'rsatgichi: $k = 1.37$

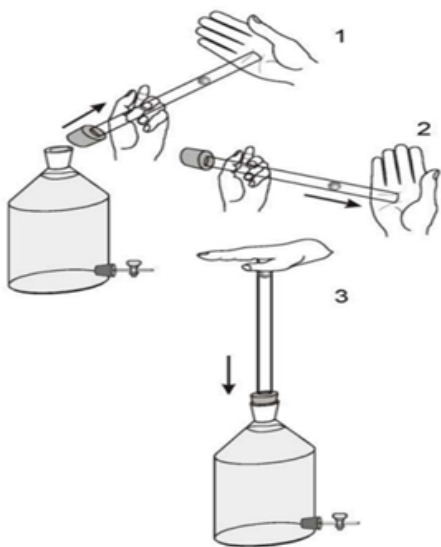
Qo'shimcha ma'lumot

O'ziga xos issiqlik sig'imi va shunga mos ravishda adiabata ko'rsatkichi haroratga bog'liq. Past haroratlarda faqat ilgarilanma erkinlik darajalari qo'zg'aladi. Harorat ko'tarilganda, aylanish erkinligining ikki darajasi hayajonlanadi. Va nihoyat, haroratning keyingi ko'tarilishi bilan molekulalarning tebranish erkinlik darajasi qo'zg'aladi. Tebranishlarda potensial va kinetik energiya mavjudligi sababli, (6) 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.

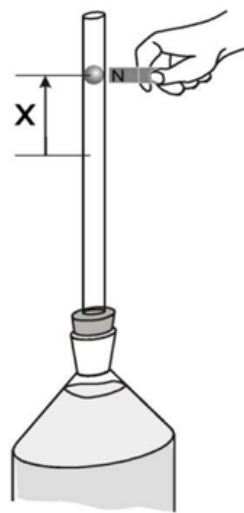
Chiziqli molekula CO_2 to'rtta tebranma erkinlik darajasiga ega. (5-rasm). Tebranishlarning ikkita normal modasi molekulyar o'q bo'ylab va ikkita boshqasi molekulyar o'qqa perpendikulyar amalga oshadi. CO_2 molekulaning qayishayotgan tebranishlari xona haroratida qo'zg'aladi va shuning uchun xona haroratida hisobga olinishi kerak.

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

U holda $k = 1.26$ adiabata ko'rsatkichiga ega bo'lamiz.



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)

Tovush to'lqinlarining tarqalishi holatlarning adiabatik almashuvidir. Bosimning mahalliy o'zgarishi shunchalik tez amalga oshadiki, bunda hech qanday issiqlik almashuvi bo'lmaydi, ya'ni: $\Delta Q = 0$.

Nazorat savollari

1. Solishtirma issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi?
2. Molyar issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi?
3. Ishning maqsadi nima?

Foydalanilgan adabiyot

1. O.Qodirov. "Fizika kursi. Mexanika, molekulyar fizika." 1-qism. "Fan va texnologiya"-2005y.
2. E.H.Nazirov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston, T.-2001 y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. A.K.Kikoin. I.K.Kikoin. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika kursi. "O'qituvchi", Toshkent 1978y.

FIZIK KATTALIKLAR JADVALI

1-jadval

ASOSIY FIZIK KATTALIKLAR

<i>Kattalikning nomi</i>	<i>Belgisi</i>	<i>Son qiymati</i>
Erkin tushish tezlanishi	g	$9,81 \text{ m/s}^2$
Tortishish doimiysi	γ	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$
Avogadro soni	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Universal gaz doimiysi	R	$8,31 \text{ J/mol}^{-1}$
Bolsman doimiysi	K	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
Elektronning zaryadi	E	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$
Elektronning massasi	m_e	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Protonning massasi	m_p	$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Faradey soni	F	$9,65 \cdot 10^7 \text{ Kl/kg} \cdot \text{ekv}$
Elektr doimiysi	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
Magnit doimiysi	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Gn/m}$
Yorug'likning vakumdagi tarqalish tezligi	c	$3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Stefan- Bolsman doimiysi	σ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}^4$
Plank doimiysi	H	$6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Vodorod atomi uchun Ridberg doimiysi	R	$1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
Birinchi Bor orbititasining doimiysi	r_1	$0,529 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
Bor magenitoni	μ_B	$0,927 \cdot 10^{-24} \text{ J/Tn}$
Vodorod atomining ionizasiya energiyasi	E_i	$13,6 \text{ eV}$
Massaning atom birligi	$M.a.b.$	$1,666 \cdot 10^{-23} \text{ kg}$
Neytronning massasi	m_n	$1,675 \cdot 10^{-23} \text{ kg}$
α - zaraning massasi	m_α	$6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Massa va energiya orasidagi bog'lanishning proporsionallik koeffisienti	c^2	$9 \cdot 10^{12} \text{ j/kg}$ yoki 931 MeV/m.a.b.
Loshmidt doimiysi	n_0	$2,6867 \cdot 10^{25} \text{ 1/m}^3$
Normal atmosfera bosimi	P_{atm}	101325 Pa
Normal sharoitda bir mol ideal gaz hajmi	V_m	$22,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Tovushning havodagi tezligi	C	$331,6 \text{ m/s}$

BA'ZI BIR GAZLARNING NISBIY MOLEKULYAR MASSALARI

<i>Gaz</i>	M_r	<i>Gaz</i>	M_r
Azot N ₂	28,013	Ozon O ₃	47,998
Ammiak NH ₃	17,03	Azot oksidi (I) N ₂ O	44,01
Argon Ar	39,948	Azot oksidi (II) NO	30,01
Atsetilen C ₂ H ₃	26,04	Oltingugurt oksidi (VI) SO ₂	64,06
Vodorod H ₂	0159	Uglerod oksidi (II) CO	28,01
Havo	28,96	Uglerod oksidi (IV) CO ₂	44,01
Geliy He	4,0026	Propan C ₃ H ₈	44,10
Kislorod O ₂	31,999	Vodorod sulfid H ₂ S	34,08
Kripton Kr	83,80	Ftor F ₂	37,997
Ksenon Xe	131,30	Xlor Cl ₂	70,906
Metan CH ₄	16,04	Etan C ₂ H ₂	30,07
Neon Ne	20,183	Etilen C ₂ H ₄	28,05

ATOM VA MOLEKULALARNING MASSALARI

<i>Atomlar</i>	m_0 10^{-27} kg	<i>Molekulalar</i>	m_0 10^{-27} kg
Azot	23,2	Azot N ₂	46,5
Alyuminiy	44,8	Ammiak NH ₃	28,3
Vodorod	1,67	Suv H ₂ O	29,9
Geliy	6,64	Vodorod H ₂	3,3
Temir	92,8	Havo	48,1
Oltin	327	Natriy gidroksid NaOH	66,4
Kislorod	26,6	Rux karbonat ZnCO ₂	208
Kremniy	46,6	Kislorod O ₂	53,2
Mis	105	Metan CH ₄	26,6
Natriy	38,1	Kumush nitrat AgNO ₃	282
Simob	333	Ozon O ₃	80
Qo'rg'oshin	344	Alyuminiy oksid Al ₂ NO ₃	169
Oltingugurt	53,2	Simob oksid (II) HgO	360
Kumush	179	Uglerod oksidi (II) CO	46,5
Uglerod	19,9	Uglerod oksidi (IV) CO ₂	73
Uran	395	Uran oksidi UO ₂	448
Ftor	31,5	Mis sulfat CuSO ₄	265
Xlor	58,9	Qo'rg'oshin sulfat PbSO ₄	503
Rux	109	Natriy xlorid NaCl	97

4-jadval

BA'ZI BIR SUYUQLIKLARNING XOSSALARI

Suyuqlik	Zichlik kg/m ³	20 ⁰ S dagi solishtirma issiqlik sig'imi		20 ⁰ S dagi sirt taranglik koeffisienti, N/m
		j/kg·grad	Kal/g·grad	
Benzol	880	1720	0,41	0,03
Suv	1000	4190	1	0,073
Gliserin	1200	2430	0,58	0,064
Kanakunjut moyi	900	1800	0,43	0,035
Kerosin	800	2140	0,051	0,03
Simob	13600	138	0,033	0,5
Spirt	790	2510	0,6	0,02

5-jadval

BA'ZI BIR QATTIQ JISMLARNING XOSSALARI

Modda	Zichlik kg/m ³	Erish harorati, °S	Solishtirma issiqlik sig'imi		Erish so- lishtirma issiqligi, j/kg	Chiziqli issiqlik kengayish koeffisient i, grad ⁻¹
			j/kg·grad	kcal/kg·g rad		
Alyuminiy	2600	659	896	0,214	3,22·10 ⁵	2,3·10 ⁻⁵
Temir	7900	1530	500	0,119	2,72·10 ⁵	1,2·10 ⁻⁵
Jez	8400	900	386	0,092	-	1,9x10 ⁻⁵
Muz	900	0	2100	0,5	3,35·10 ⁵	-
Mis	8600	1100	395	0,094	1,76·10 ⁵	1,6·10 ⁻⁵
Qalay	7200	232	230	0,055	5,86·10 ⁴	2,7·10 ⁻⁵
Platina	21400	1770	117	0,028	1,13·10 ⁵	0,89·10 ⁻⁵
Po'kak	200		2050	0,49	-	
Qo'rg'oshin	11300	327	126	0,03	2,26·10 ⁴	2,9·10 ⁻⁵
Kumush	10500	960	234	0,056	8,8·10 ⁴	1,9·10 ⁻⁵
Po'lat	7700	1300	460	0,11	-	1,06·10 ⁻⁵
Rux	7000	420	391	0,093	1,17·10 ⁵	2,9·10 ⁻⁵

**AYRIM IKKI ATOMLI MOLEKULALARDA ATOMLARARO
(YADROLARARO) MASOFA**

<i>Molekula</i>	<i>R₀ (nm)</i>	<i>Molekula</i>	<i>R₀ (nm)</i>
Azot N ₂	0,109	Kislrod O ₂	0,121
Azot oksidi (IV)NO	0,115	Litij Li ₂	0,267
Bor B ₂	0,159	Natriy Na ₂	0,308
Brom Br ₂	0,214	Simob Hg ₂	0,330
Vodorod bromid HBr	0,141	Oltingugurt S ₂	0,189
Kaliy bromid KBr	0,294	Uglerod C ₂	0,131
Vodorod H ₂	0,074	Fosfor P ₂	0,189
Litij gidrid LiH	0,159	Ftor F ₂	0,143
Yod J	0,267	Vodorod ftorid HF	0,092
Vodorod yodid HJ	0,160	Xlor Cl ₂	0,199
Kaliy K ₂	0,392	Kaliy xlorid KCl	0,279

**REAL GAZLAR UCHUN a VA b FIZIK DOIMIYLIK LARNING
QIYMATLARI**

<i>Modda (gaz)</i>	<i>a·10⁻⁵ (Nm⁴/kmol²)</i>	<i>b·10² (m³/kmol)</i>
Suv bug'i	5,56	3,06
Karbonat angidrid	3,64	4,26
Kislrod	1,36	3,16
Argon	1,36	3,22
Azot	1,36	3,85
Vodorod	2,44·10 ⁻¹	2,63
Gelij	3,43·10 ⁻²	2,34

**YER SIRTIDAN TURLI BALANDLIKLARDA HAVO
MOLEKULALARINING ERKIN YUGURISHI YO'LI**

h,m	l,m	h,m	l,m	h,m	l,m
0	6,633·10 ⁻⁸	1000	7,309·10 ⁻⁸	30000	4,413·10 ⁻⁶
50	6,665·10 ⁻⁸	2000	8,072·10 ⁻⁸	40000	2,034·10 ⁻⁵
100	6,697·10 ⁻⁸	3000	8,936·10 ⁻⁸	50000	7,913·10 ⁻⁵
200	6,762·10 ⁻⁸	4000	9,917·10 ⁻⁸	70000	9,801·10 ⁻⁴
300	6,827·10 ⁻⁸	5000	1,103·10 ⁻⁷	90000	2,377·10 ⁻²
400	6,894·10 ⁻⁸	10000	1,965·10 ⁻⁷	100000	0,143
500	6,961·10 ⁻⁸	20000	9,139·10 ⁻⁷	120000	2,925

9-jadval

BA'ZI GAZLARNING NORMAL SHAROITDA ZICHLIGI VA QOVUSHQOQLIGI

Gaz	Zichligi kg/m³	Qovushqoqligi MKPa/s
Azot	1,25	17,0
Ammiak	0,77	9,35
Argon	1,78	21,20
Vodorod	0,09	8,52
Geliy	0,18	18,80
Karbonad angidrid	1,97	14,30
Kislorod	1,43	19,80
Havo	1,29	17,10

9-jadval

KARRALI VA ULUSHLI BIRLIKLARNING OLD QO'SHIMCHALARI

Eksa	E	1000000000000000000=10¹⁸
Peta	P	1000000000000000=10¹⁵
Tera	T	1000000000000=10¹²
Giga	G	1000000000=10⁹
Mega	M	1000000=10⁶
Kilo	k	1000=10³
Gekto	g	100=10²
Deka	da	10=10¹
Desi	d	0,1=10⁻¹
Santi	s	0,01=10⁻²
Milli	m	0,001=10⁻³
Mikro	mk	0,000001=10⁻⁶
Nano	n	0,000000001=10⁻⁹
Piko	p	0,0000000000001=10⁻¹²
Femto	f	0,0000000000000001=10⁻¹⁵
Atto	a	0,0000000000000000001=10⁻¹⁸

10-jadval

GAZ MOLEKULALARINING EFFEKTIV DIAMETRI

Gaz	Diametri, nm
Azot	0,31
Argon	0,36
Vodorot	0,23

Suv bug'i	0,26
Geliy	0,2
Kripton	0,32
Karbonat angidrid	0,45
Kislorot	0,3
Neon	0,35
Simob	0,30
Xlor	0,54

11-jadval

BA'ZI SUYUQLIKLARNING XOSSALARI

Suyuqlik	Qovushqoqlik (20 ⁰ S da)10 ⁻⁴ N·s/m
Benzol	6,3
Gliserin	14990
Kerosin	1800
Suv	10
Simob	1554
Spirt	11,9

12-jadval

BA'ZI BIR QATTIQ JISMLARNING ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIGI

(λ , Vt/m·grad)

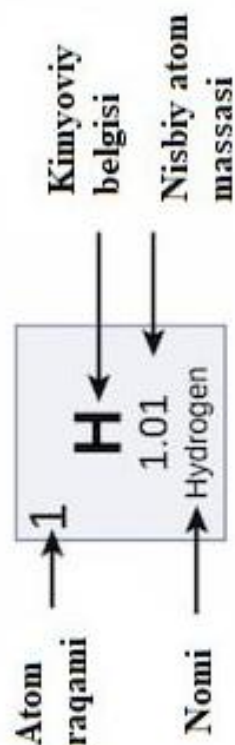
Alyuminiy	210
Namat	0,046
Temir	58,7
Eritilgan kvars	1,37
Mis	390
Quruq qum	0,325
Po'kak	0,050
Kumush	460
Ebonit	0,174

Kimyoviy elementlar davriy jadvali

Kimyoviy elementlar davriy jadvali

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18												
1 H 1.01 Hydrogen	2 He 4.00 Helium	3 Li 6.94 Lithium	4 Be 9.01 Beryllium	5 B 10.81 Boron	6 C 12.11 Carbon	7 N 14.01 Nitrogen	8 O 15.99 Oxygen	9 F 18.99 Fluorine	10 Ne 20.18 Neon	11 Na 22.99 Sodium	12 Mg 24.31 Magnesium	13 Al 26.98 Aluminum	14 Si 28.09 Silicon	15 P 30.97 Phosphorus	16 S 32.07 Sulfur	17 Cl 35.45 Chlorine	18 Ar 39.95 Argon												
19 K 39.09 Potassium	20 Ca 40.08 Calcium	21 Sc 44.96 Scandium	22 Ti 47.87 Titanium	23 V 50.94 Vanadium	24 Cr 51.99 Chromium	25 Mn 54.94 Manganese	26 Fe 55.85 Iron	27 Co 58.93 Cobalt	28 Ni 58.69 Nickel	29 Cu 63.55 Copper	30 Zn 65.41 Zinc	31 Ga 69.72 Gallium	32 Ge 72.64 Germanium	33 As 74.92 Arsenic	34 Se 78.96 Selenium	35 Br 79.90 Bromine	36 Kr 83.79 Krypton												
37 Rb 85.47 Rubidium	38 Sr 87.62 Strontium	39 Y 88.91 Yttrium	40 Zr 91.22 Zirconium	41 Nb 92.91 Niobium	42 Mo 95.94 Molybdenum	43 Tc [98] Technetium	44 Ru 101.1 Ruthenium	45 Rh 102.9 Rhodium	46 Pd 106.4 Palladium	47 Ag 107.9 Silver	48 Cd 112.4 Cadmium	49 In 114.8 Indium	50 Sn 118.7 Tin	51 Sb 121.8 Antimony	52 Te 127.6 Tellurium	53 I 126.9 Iodine	54 Xe 131.3 Xenon												
55 Cs 132.9 Cesium	56 Ba 137.3 Barium	57-71 La-Lu [57-71] Lanthanides	72 Hf 178.5 Hafnium	73 Ta 180.9 Tantalum	74 W 183.8 Tungsten	75 Re 186.2 Rhenium	76 Os 190.2 Osmium	77 Ir 192.2 Iridium	78 Pt 195.1 Platinum	79 Au 196.9 Gold	80 Hg 200.6 Mercury	81 Tl 204.4 Thallium	82 Pb 207.2 Lead	83 Bi 208.9 Bismuth	84 Po [209] Polonium	85 At [210] Astatine	86 Rn [222] Radon												
87 Fr [223] Francium	88-103 Ra-Lr [88-103] Actinides	104 Rf [261] Rutherfordium	105 Db [262] Dubnium	106 Sg [266] Seaborgium	107 Bh [264] Bohrium	108 Hs [277] Hassium	109 Mt [268] Meitnerium	110 Ds [271] Darmstadtium	111 Rg [272] Roentgenium	112 Cn [285] Copernicium	113 Nh [284] Nihonium	114 Fl [289] Flerovium	115 Uup [288] Ununpentium	116 Lv [293] Livermorium	117 Uus [294] Ununseptium	118 Uuo [294] Ununoctium													
71 Lu 174.9 Lutetium	72 Yb 173.1 Ytterbium	73 Tm 168.9 Thulium	74 Er 167.3 Erbium	75 Ho 164.9 Holmium	76 Dy 162.5 Dysprosium	77 Tb 158.9 Terbium	78 Gd 157.3 Gadolinium	79 Eu 151.9 Europium	80 Sm 150.4 Samarium	81 Pm [145] Promethium	82 Nd 144.2 Neodymium	83 Pr 140.9 Praseodymium	84 Ce 140.1 Cerium	85 La 138.9 Lanthanum	86 Ac [227] Actinium	87 Th 232.0 Thorium	88 Pa 231.0 Protactinium	89 U 238.0 Uranium	90 Np [237] Neptunium	91 Pu [244] Plutonium	92 Am [243] Americium	93 Cm [247] Curium	94 Bk [247] Berkelium	95 Cf [251] Californium	96 Es [252] Einsteinium	97 Fm [257] Fermium	98 Md [258] Mendelevium	99 No [259] Nobelium	100 Lr [262] Lawrencium

Ranglar (Colors)	
	Boshqa metallmaslar
	Ishqoriy metallar
	Oraliq metallar
	Boshqa metallar
	Ishqoriy-yer metallari
	Galogenlar
	Inert gazlar
	Lantanoidlar
	Aktinoidlar
	Noma'lum kimyoviy xususiyatli elementlar



ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Nazirov E.N. va boshqalar. Mexanika va molekulyar fizikadan fizpraktikum. O‘zbekiston, T- 2001 y.
2. Toshxonova J.A., O‘lmasova M.H. Fizikadan praktikum. Mexanika va molekulyar fizika. O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti. T.-2006 y.
3. G.A.Umarova, X.A.Maxmudov “FIZIKA” (Molekulyar) fanidan laboratoriya ishlarini bajarish uchun uslubiy ko‘rsatma. Andijon -2017 y.
4. Кикоин А.К., Кикоин И.К. "Умумий физика курси" Молекуляр физика. Тошкент, "Ўқитувчи", 1978 .
5. Қодиров О. “Физика курси”. I-қисм. Механика ва молекуляр физика. “Fan va texnologiya”- 2005.
6. Аҳмаджонов О.И. Физика курси. Механика ва молекуляр физика. Тошкент, “Ўқитувчи”, 1985.
7. Иверонова В.И. Физикадан практикум. Механика ва молекуляр физика. Т., «Ўқитувчи», 1973.
8. <https://yandex.ru/video/preview/6262004436149302789>
9. <https://www.yandex.ru/video/preview/10364208629731457960>
10. <https://www.yandex.ru/video/preview/13834206057104203058>
11. <https://www.youtube.com/watch?v=KG6KNqiDrXA&list=PLWWReMXRMsYA1WIH6XkUsaReW1KMlb0eH&index=13>
12. <https://www.youtube.com/watch?v=SFokMV8n2s8&list=PLWWReMXRMsYA1WIH6XkUsaReW1KMlb0eH&index=12>
13. <https://www.youtube.com/watch?v=QCaP-8Yil-o>