

**N. NORBOYEV, H. ARG'INBOYEV
X. ABDULLAYEV**

FIZIKADAN AMALIY MASHG'ULOTLAR

Tuzatilgan va to'ldirilgan
ikkinchi nashri

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va orta maxsus ta'lim vazirligi
qoshidagi Oliy o'quv yurtlararo ilmiy-uslubiy birlashmalar faoliyatini
muvofiglashtiruvchi Kengash qaroriga asosan qishloq xo'jaligi oliy
o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan.*

TOSHKENT - 2010

Mazkur o'quv qo'llanma qishloq xo'jalik oliy o'quv yurtlarida o'qitiladigan fizika fani o'qitish dasturiga moslab yozilgan bo'lib, yetti bobdan iborat. Unga fizik kattaliklarni o'lchash natijalariga matematik ishlov berishga doir ma'lumotlardan tashqari, fizikaning asosiy bo'limlari (mexanika, molekulyar fizika, termodinamika, elektr va magnetizm, optika, atom va yadro fizikasi) bo'yicha 32 ta laboratoriya ishinining tavsifi kiritilgan.

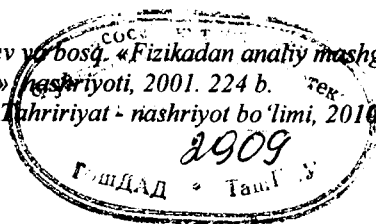
Qo'llanma agrar universitet va qishloq xo'jalik ins-titutlari, shuningdek, universitetlarning kimyo, biologiya va geografiya fakultetlari talabalari uchun mo'ljallangan.

N. NORBOEV, H. ARG'INBOYEV, X. ABDULLAYEV

FIZIKADAN AMALIY MASHG'ULOTLAR

(o'quv qo'llanma)

© N. Norboyev va boshq. «Fizikadan amaliy mashg'ulotlar»,
«Xalq merosi» nashriyoti, 2001. 224 b.
© ToshDAU. Tahririyat - nashriyot bo'limi, 2010.



SO'Z BOSHI

Qishloq xo'jalik oliy o'quv yurtlarining agronomiya bo'yicha mutaxassislar tayyorlaydigan fakultetlarida fizika fanini o'qitish o'quv rejasiga ko'ra 100 soat ajratilgan. Toshkent Davlat agrar universitetida talabalar fizika fanini 38 soat ma'ruza tinglaydilar va 62 soat davomida laboratoriya ishlarini bajaradilar.

Mazkur o'quv qo'llanma qishloq xo'jalik oliy o'quv yurtlarida fizika fanini o'qitish dasturiga binoan yozilgan. Bunda asosan Toshkent Davlat agrar universiteti fizika kafedrası o'qituvchilarining ko'p yillik ish tajribasiga yondashilgan.

Talabalarning kelgusidagi mutaxassisliklarini e'tiborga olib qo'llanmaga qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishiga aloqador ba'zi laboratoriya ishlari ham kiritilgan. Qo'llanma yetti bobdan iborat bo'lib, unga fizik kattaliklarni o'lchash natijalariga matematik ishlov berishga doir ma'lumotlardan tashqari, fizikaning asosiy bo'limlari (mexanika, molekulyar fizika va termodinamika, elektr va magnetizm, optika, atom va yadro fizikasi) bo'yicha 32 ta laboratoriya ishining tavsifi keltirilgan.

Hozirgi kunda qishloq xo'jalik oliy o'quv yurtlarining fizika dasturiga mo'ljallab yozilgan darslik va o'quv qo'llanmalari deyarlik yo'q hisobi. Garchi 1973 yilda «O'qituvchi» nashriyoti tomonidan o'zbek tilida chop etilgan R.I. Grabovskiyning «Fizika kursi» darsligining tarjimai fizikadan ancha yaxshi qo'llanma hisoblansada, ammo hozirgi vaqtda tasdiqlangan fizikadan namunaviy dasturga to'liq javob berolmaydi. Shu sababli mazkur qo'llanmadagi barcha laboratoriya ishlarining nazariy qismi birmuncha mufassal yozildi.

Qo'llanmaning «Fizik kattaliklarni o'lchash»ga doir birinchi bobidagi ma'lumotlarga ham kengroq to'xtalib o'tilgan. Buning sababi talabalarning yuqori kurslarda olib boradigan ilmiy ishlari va oliy o'quv yurtlarini tamomlashdagi diplom ishlari natijasiga statistik ishlov berishlari borasida yordam ko'rsatishdir.

Birinchi kurs talabalarining matematikani chuqur o'zlashtirmaganliklarini e'tiborga olib, o'lchash natijalarini matematik tahlil uslublaridan foydalanib ishlovni qo'llanmadagi ba'zi laboratoriya ishlari misolida ko'rsatildi, boshqa ishlarda esa o'lchashlarning o'rtacha absolyut va nisbiy xatoligini aniqlash bilan cheklanishni lozim topdik.

Shuni ham ta'kidlash lozimki, talabalar ko'pincha taqribiy hisoblash qoidalarini yaxshi bilmaydilar va shuning uchun o'lchash natijalarini hisoblashga ko'p vaqt sarf-laydilar. Talabalarga yordam bo'lishi uchun qo'llanmada taqribiy hisoblash qoidalari ham bayon qilindi.

Qo'llanmani ikkinchi nashrga tayyorlashda avvalgi nashrda yo'l qo'yilgan kamchiliklar tuzatildi, ba'zi laboratoriya ishlarining nazorat qismiga o'zgartirishlar kiritildi.

Mazkur qo'llanmadagi I, II, III, IV, V boblarni H.Arg'inboyev, VI bobni X.Abdullayev, VII bobni esa N.N.Norboev yozgan.

Ikkinchi nashrga mo'ljallab tayyorlangan qo'lyozmani o'qib chiqib, o'zining qimmatli fikrlarini bildirgani uchun fizika - matematika fanlari doktori, professor E.T.To'rayevga, fizika - matematika fanlari nomzodi, dotsent T.T.Turmatovga va pedagogika fanlari nomzodi X.Do'syarovga mualliflar o'z minnatdorchiliklarini bildiradilar.

Qo'llanmadan qishloq xo'jalik oliy o'quv yurtlarining talabalaridan tashqari pedagogika institutlarining kimyo va biologiya, universitetlarning kimyo, biologiya va geografiya fakultetlarining talabalari ham keng foydalanishi mumkin.

Bevosita va bilvosita o'lchashlar

Fizika fanidan laboratoriya mashg'ulotlarida talabalar turli xil fizik kattaliklarni o'lchashlari zarur bo'ladi.

O'lchash deb o'lchanayotgan kattalikni uning birligi qilib qabul qilingan qiymati bilan taqqoslash jarayoniga aytiladi. Ixtiyoriy fizik kattalikni o'lchash natijasida bu kattalik bilan bir jinsli bo'lgan va birlik sifatida qabul qilingan kattalikdan necha marta katta yoki kichikligini ko'rsatuvchi son topiladi. Masalan, laboratoriya xonasining uzunligi 10 m deyilsa, uning uzunligi 1 m dan 10 marta kattaligini tushunamiz.

Talabalar fizikadan laboratoriya ishlarini bajarishda turli xil bevosita va bilvosita o'lchashlar o'tkazadilar. Berilgan fizik kattalikni birlik kattalik bilan to'g'ridan-to'g'ri taqqoslash orqali uning qiymatini aniqlashni *bevosita o'lchash* deyiladi. Bevosita o'lchashlarga-jism uzunligini chizg'ich va massasini tarozi, vaqt oralig'ini sekundomer, havo va tuproq haroratini termometr, tok kuchini ampermetr, yoritilganlikni lyuksmetr bilan o'lchashlar misol bo'la oladi. Bunday o'lchashlar ancha sodda bo'lganidan ularni ko'p martalab takrorlash mumkin. Bevosita o'lchashlar qishloq xo'jaligida ham keng qo'llaniladi. Masalan, daladagi ekin maydonining uzunligini dala sirkuli (dala pargari), ekinlardan olingan hosil massasini esa tarozi bilan o'lchaydilar. Bunday misollarni ko'plab keltirish mumkin.

Ma'lumki, fizik kattaliklarning hammasini ham bevosita o'lchash mumkin emas, balki ularning ko'pchiligi bevosita o'lchashlardan olingan natijalarni biror kerakli formulaga qo'yib hisoblash natijasida aniqlanadi. Bunday o'lchashlarni *bilvosita o'lchashlar* deb yuritiladi.

Demak, bilvosita o'lchashlarda oxirgi natijani olish uchun bir yoki bir necha kattaliklarni bevosita o'lchashlardan tashqari bu kattaliklarning o'zaro bog'lanishini ifodalaydigan formula bo'yicha hisoblashni bajarish kerak.

Dalalarda to'plangan pichan g'aramlari hajmini, turli xil qishloq xo'jaligi mahsulotlari zichligini, daladagi yoki issiqxona ichidagi havoning nisbiy namligini, tuproqning issiqlik sig'imi va issiqlik o'tkazuvchanligini, ekin maydoniga tushayotgan yig'indi quyosh radiyasiyasini aniqlashlar bilvosita o'lchashlarga misol bo'ladi. Bilvosita o'lchashlarga, shuningdek, ushbu misollarni ham keltirish mumkin.

1. Ingichka sim ko'ndalang kesimining yuzi S ni aniqlash uchun uning diametri d ni mikrometr bilan o'lchashda olingan qiymatini quyidagi

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad (1)$$

formulaga qo'yib hisoblanadi.

2. Silindr shaklidagi bir jinsli jismning zichligini aniqlashni ko'raylik. *Jismning zichligi* deb, uning hajm birligidagi massasi bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi, ya'ni:

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

bu yerda: m- jism massasi; V- jism hajmi.

Silindr shaklidagi jismning hajmi quyidagi formula bilan aniqlanishi bizga ma'lum:

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4} \quad (3)$$

bu yerda: h-silindr balandligi.

Agar (3) ni (2) ga qo'ysak, jism zichligini aniqlashga doir asosiy formulani topamiz:

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

(4) formuladan ko'rinadiki, silindr shaklidagi bir jinsli jismning zichligini bilvosita o'lchash uchun uning massasi m, balandligi h, diametri d larning qiymatlarini bevosita o'lchashlardan olib (4) formulaga qo'yish va hisoblashni bajarish lozim.

Shunga o'xshash jismlarning erkin tushish tezlanishi, suyuqlikning sirt taranglik koeffisienti, qattiq jism yoki suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imi, gazning issiqlik sig'implari nisbati, moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti, yorug'lik to'lqinining uzunligi va boshqa ko'plab turli xil kattaliklar bilvosita o'lchashlar yordamida aniqlanadi.

Laboratoriya mashg'ulotlarida biror fizik kattalik qiymatini aniqlash quyidagi tartibda olib boriladi:

- 1) mazkur laboratoriya ishiga doir asboblarni o'rnatiladi;
- 2) asboblarning ko'rsatishlari tekshiriladi va ularning to'g'ri ishlashiga erishiladi;
- 3) o'lchashlar natijasidan foydalanib, u yoki bu kerakli formula yordamida izlanayotgan fizik kattalikning qiymati aniqlanadi;
- 4) o'lchashlardagi xatoliklar hisoblanadi.

O'lchash asboblarning juda ham takomillashmaganligi, tajriba olib boruvchi sezgi a'zolarining xatolikka yo'l qo'yishi, o'lchash usulidagi kamchiliklar yoki boshqa turli xil sabablarga ko'ra har qanday o'lchashda fizik kattalikning taqribiy qiymati aniqlanadi.

Istalgan kattalikning haqiqiy qiymati va o'lchashdan olingan taqribiy qiymati orasidagi farq (ayirma) *o'lchash xatoligi* deb yuritiladi. Bundan har qanday o'lchashni muayyan aniqlikdagina bajarish mumkin degan xulosaga kelamiz. Masalan, silindr shaklidagi jismining diametrini shtangensirkul bilan 0,1 mm aniqlikda o'lchansa, shu silindrning haqiqiy diametri, uning o'lchab topilgan diametridan 0,1 mm dan ortiq farq qilmaydi. Demak, har qanday o'lchash jarayonida xatolikka yo'l qo'yiladi, boshqacha aytganda ixtiyoriy kattalikni mutlaq xatosiz o'lchash mumkin emas.

Odatda o'lchashlar talab darajasidagi aniqlikda bo'lishi kerak. Masalan, terim mashinalari tergan paxtani davlat qabul punktlariga topshirishda, uni milligramm aniqlikda tortishning zaruriyati yo'q, hayvon suyaklaridagi radioaktiv stronsiy miqdorini milligramm aniqlikda topish juda qo'pol o'lchash deb qaraladi.

O'lchash aniqligi, dastavval, o'lchov asbobining aniqligiga bog'liq. Laboratoriya mashg'ulotlarida ixtiyoriy fizik kattalikni o'lchashda ishlatilgan asbobnikidan katta aniqlikda o'lchash mumkin emas. Asbob aniqligi uning shkalasining eng kichik bo'limi qiymati bilan belgilanadi.

Alohida o'lchashda asbob xatoligi, shu asbob shkalasidagi eng kichik bo'limi qiymatining $\pm 0,5$ qismiga teng. Masalan, ampermetr shkalasining eng kichik bo'limi qiymati 0,1 A bo'lsa, uning xatoligi $\pm 0,05$ A ga teng bo'ladi. Agar psixrometrik termometr shkalasining eng kichik bo'limi qiymati $0,2^{\circ}\text{S}$ ga teng bo'lsa, shu termometr xatoligi $\pm 0,1^{\circ}\text{S}$ ga teng bo'ladi. Agar reyterli analitik tarozida eng kichik tosh massasi 10 mg bo'lsa, tarozining xatoligi ± 5 mg ga teng bo'ladi.

Ba'zan unchalik katta aniqlik talab qilinmaydigan o'lchashlarda asbob xatoligiga uning shkalasidagi eng kichik bo'lim qiymati olinadi. Masalan, masshtabli chizg'ich bilan tayoqcha uzunligini o'lchasak, shu chizg'ich xatoligi 1 mm dan oshmaydi. Bunda garchi xatolik oshirilgan bo'lsa-da, ammo biz 100% ishonch bilan tayoqchanning haqiqiy uzunligi, uning o'lchangan uzunligidan 1 mm dan ortiq farq qilmaydi deb bimalol ayta olamiz.

Asbob xatoligini aniqlashdagi «+» va «-» ishoralar, asbob xatoligi o'lchanayotgan kattalik haqiqiy qiymatini oshirishi yoki kamaytirishi mumkinligini bildiradi. Istalgan fizik kattalikni o'lchashda oxirgi natija aniqligini oshirish uchun shu kattalikni o'zgarmas (bir xil) sharoitda bir marta emas, balki bir necha marta o'lchash kerak.

Xatolik turlari

Istalgan fizik kattalikni bir necha marta o'lchashlarda tajribani qunt bilan o'tkazganda ham biz kattalikning haqiqiy qiymatini emas, balki uning haqiqiy qiymatiga yaqin qiymatlarini topamiz. Bunda kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinlashish darajasiga qarab, yo'l

qo'yilgan xatolik katta yoki kichik bo'ladi. O'lchashlarda yo'l qo'yiladigan xatoliklar quyidagi turlarga ajratiladi:

1. Qo'pol xatoliklar yoki yanglishishlar

2. Sistematik xatoliklar

3. Tasodifiy xatoliklar

1. *Qo'pol xatoliklar yoki yanglishishlar* tajriba olib boruvchining beparvo ishlashi, o'lchashlarning noto'g'ri bajarilishi kabi sabablarga ko'ra yuz beradi. Masalan, tajriba olib boruvchi biror jismni tarozida tortayotganda, 15 mg o'rniga 17 mg deb yoki ampermetr bilan tok kuchini o'lchayotganda 2,75 A o'rniga 27,5 A deb yozib qo'ysa, qo'pol xatolikka yo'l qo'ygan bo'ladi. Qo'pol xatolik xuddi shu asbob bilan qayta ish olib borishda yoki o'lchashlarni boshqa xodim bajarganida oshkor bo'lib qoladi. Qo'pol xatolikka yo'l qo'yilganda, o'lchanayotgan kattalikning qiymati boshqa o'lchashlar natijasidan keskin farq qiladi.

Odatda qo'pol xatolik bilan bajarilgan o'lchash natijalarini hisoblashga kiritmasdan qoldirib yuboriladi. Qo'pol xatoliklar hech qanday qonuniyatga bo'ysunmaydi, ularga yo'l qo'ymaslik uchun o'lchashlarni diqqat bilan o'tkazish, o'lchash natijalarini to'g'ri yozish va qayta-qayta tekshirishlar bilan tuzatish mumkin.

2. *Sistematik xatoliklar*. Biror fizik kattalikni bir necha marta takroriy o'lchashlarda bir xil ta'sir qiladigan sabablarga ko'ra vujudga keladigan xatoliklar *sistematik xatoliklar* deyiladi.

O'lchov asboblarning noto'g'ri ko'rsatishi, o'lchov uslubining noto'g'ri tanlanishi yoki tajriba nazariyasining yyetarlicha ishlab chiqilmaganligi sababli paydo bo'ladigan xatoliklar sistematik xatoliklarga kiradi. Masalan, elektr zanjiriga ulanmagan ampermetr strelkasi shkalaning nolinci bo'limini emas, balki 0,1 A ni ko'rsatayotgan bo'lsin. Agar shu ampermetrni elektr zanjiriga ulasak, u tok kuchining haqiqiy qiymatidan 0,1 A ga ortgan tok kuchini ko'rsatadi.

Bu ampermetrda qanchalik diqqat bilan o'lchash o'tkazsak ham har gal tok kuchining qiymatini 0.1 A xatolik bilan topamiz. Agar tajribani boshlamay turib, ampermetr arretiri yordamida strelkani shkalaning nolinci bo'limiga o'tkazib, so'ngra o'lchashlarni boshlasak, bu xildagi xatolikka yo'l qo'yilmaydi.

Analitik tarozi bilan aniq tortish jarayonida jismning massasini aniqlashda Arximed qonuniga ko'ra jismga va tarozi toshlariga havoning itarish (yoki ko'tarish) kuchining ta'sirini e'tiborga olmasdan o'lchashlarni bajarsak, jism massasining haqiqiy qiymatini topa olmaymiz. Yoki analitik tarozi shayini elkalaridan biri isitish batareyasiga yaqin joylashgan bo'lsa, u ham isiydi va natijada shayinning bir elkasi boshqasiga nisbatan ozgina uzayib qoladi. Bu holda ikkala

elka bir xil uzunlikda bo'lmaganligi sabab, o'lchashni har qancha qunt bilan o'tkazsak ham, albatta sistematik xatolikka yo'l qo'yiladi.

Bu tajribalarda havoning ko'tarish kuchini e'tiborga olish, tarozi shayini elkalarini birday haroratli sharoitda saqlash bilan xatoliklarga yo'l qo'ymasligimiz mumkin. Ba'zan o'lchov asbobi to'g'ri ko'rsatsa-da, undan tajriba olib boruvchining noto'g'ri foydalanishida ham sistematik xatolikka yo'l qo'yiladi. Masalan, tajriba vaqtida idishdagi suvning haroratini o'lchashda tajriba olib boruvchi «qulaylik» uchun simobli termometrni suvdan chiqarib, uning ko'rsatishini hisob qilsa sistematik xatolikka yo'l qo'yadi. Chunki bu xatolik o'lchash uslubidagi kamchiliklar tufayli yuzaga kelgan. Agar termometrni tik holatda ushlab, rezervuarini suvdan chiqarmasdan, ko'zimizni termometr kapillyaridagi simob ustuni sathida tutib, ko'rsatishini to'g'ri aniqlasak, bu xildagi sistematik xatolikka yo'l qo'yilmaydi.

Barometr-aneroid bilan atmosfera bosimini aniqlashda barometr strelkasining ko'rsatishi bilangina cheklansak, sistematik xatolikka yo'l qo'yamiz. Bu holda atmosfera bosimining haqiqiy qiymatini olish uchun barometr ko'rsatishiga shkala va harorat bo'yicha hamda qo'shimcha tuzatmalarni kiritish lozim. Shunday qilib, o'lchov asboblarning to'g'ri ko'rsatishiga erishish, o'lchashlarning to'g'ri uslublaridan foydalanish va asbob ko'rsatishiga zaruriy tuzatmalarni kiritish bilan o'lchashlarda yo'l qo'yiladigan sistematik xatoliklarga chek qo'yiladi.

Ba'zi fizik kattaliklarning qiymatlarini jadvallardan olganda (moddalarning zichliklari, solishtirma issiqlik sig'implari yoki solishtirma qarshiliklari va boshqalar), ularni yaxlitlanganda hamda ba'zi formulalarga kirgan doimiylar π , g , e - natural logarifmning asosi, $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$ larning taqribiy qiymatlarini olganimizda ham sistematik xatolikka yo'l qo'yamiz. Masalan, irratsional son π ni $\pi=3,14159265$ deb olish o'rniga, $\pi=3,1$; $\pi=3,14$; $\pi=3,1416$ deb olsak ham har gal sistematik xatolikka yo'l qo'ygan bo'lamiz.

Biror fizik kattalikni ko'p marta o'lchashlarda sistematik xatoliklar har doim takrorlanadi. Sistematik xatolik o'lchash natijalariga bir tomonlama ta'sir qiladi, ya'ni o'lchashda olingan natija o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan yo har doim katta, yo har doim kichik bo'ladi.

Yuqorida keltirilgan bir necha misollardan ko'rinadiki, sistematik xatolikning paydo bo'lishi sababi aniqlangan bo'lsa, uni bartaraf etish mumkin. Shuning uchun ham o'lchash vaqtida sistematik xatolikning vujudga kelishi sababini topish g'oyat muhimdir.

3. Tasodifiy xatoliklar. Bu turdagi xatoliklar sub'ektiv sabablarga ko'ra sodir bo'ladi. Har qaysi o'lchashga ta'siri har xil bo'lgan bunday

ga

xatolik manbaini oldindan bilish juda qiyin. Tasodifiy xatoliklar aniq biror qonunga bo'ysunmaydi.

Sodir bo'lish sababini oldindan hisobga olib bo'lmaydigan va har qaysi o'lchashda turlicha sabablarga ko'ra yo'l qo'yiladigan xatoliklar tasodifiy xatoliklar deyiladi.

Masalan, sezgi a'zolarimiz faoliyatining cheklanganligi, o'lchash o'tkazayotganda asbob shkalasining yyetarlicha yoritilmaganligi, elektrik o'lchash vaqtida elektr tarmog'idagi kuchlanishning o'zgarib qolishi va boshqa turli xil sabablarga ko'ra biror kattalikni har gal o'lchashda turlicha natijalar chiqadi. Tarozida tortishda tasodifiy xatolikning manbai, tarozi pallalariga turlicha ta'sir qiladigan havo tebranishlari, tarozi pallalarining biriga yopishib qolgan chang zarralarining ta'sirini oldindan payqash juda qiyin.

Yuqoridagilarni to'liq tushuntirish uchun quyidagi misolni keltirish o'rinlidir.

Zanjirdan o'tayotgan juda oz tokni sezgir galvanometr yordamida bir necha marta o'lchashda har gal turlicha natijalar olinadi. Buning sabablaridan biri ko'chadan o'tayotgan yuk mashinasi harakati ta'sirida imoratning (va demak o'lchov asboblarining) tebranishlari bo'lishi mumkin. Bunday o'lchashdagi xatolikni minimumga keltirish (o'lchashlarni imorat ostidagi xonaga ko'chirilganda, o'lchashga tebranish ta'siri kamayishi) mumkin bo'lsa-da, ammo tebranishlar ta'sirini butunlay yo'qotib bo'lmaydi. Yoki tik silindrik shisha naydagi ikkita belgi orasida sharchaning tushish vaqtini o'lchashni olaylik. Bunda barcha tajribalarda bitta sharchadan foydalansak ham o'lchashlar bir-biriga yaqin bo'lgan turlicha natijalarni beradi.

O'lchashlardagi har xil natijalar sharchaning shisha naydagi belgilar ro'parasidan o'tish vaqtini aniq belgilay olmaslik (sekundomerni ozgina ertaroq yoki kechikibroq yurgizish) yoki nigohimizni belgi sathidan ozgina yuqorida yoki pastroqda tutishimiz natijasida yuzaga keladi. Ko'zimizni belgi sathida to'g'ri tutganimizda ham sekundomerni yurgizishni har gal kerakli vaqt paytidan oldinroq yoki kechikibroq boshlaymiz. Shunday qilib, o'lchashlar har qancha qunt bilan o'tkazilsa-da, ularning natijalari tasodifiy xatoliklarga ega bo'ladi.

O'lchashlar ko'p marta o'tkazilganda, tasodifiy xatoliklar bir-biriga bog'liq bo'lmagan musbat yoki manfiy qiymatlarga ega bo'ladi. Buning ma'nosi o'lchashlarning natijalari tekshirilayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan ortiq yoki kamaygan qiymatlarini berishini ko'rsatadi.

Olingan ortiq yoki kamaygan qiymatlar bir-birini qoplab ketadi. Shuning uchun ko'p marta o'tkazilgan o'lchashlarning tasodifiy xatoligi, ayrim o'lchashning tasodifiy xatoligidan kichik bo'ladi. Bundan istalgan tajribaga asosiy talab o'lchashlarni ko'p marta takrorlash zarur, degan xulosa chiqadi.

Alohida o'lchashlardagi tasodifiy xatoliklarni oldindan bilish va butunlay bartaraf etib bo'lmasa-da, tasodifiy xatoliklarni aniqlashning matematik usullaridan foydalanib, bu xatoliklarning o'lchashlar oxirgi natijasiga ta'sirini kamaytirishimiz mumkin. Biz bundan buyon o'lchashlarda qo'pol xatoliklarga yo'l qo'yilmagan, sistematik xatoliklar juda kichik bo'lganligi uchun e'tiborga olinmagan deb qarab, o'lchashlarning tasodifiy xatoliklarini aniqlash bilan shug'ullanamiz.

Bevosita o'lchashlarning tasodifiy xatoliklarini aniqlash

O'lchash vaqtida o'lchov asbobi beradigan xatolikdan boshqa sistematik va qo'pol xatoliklar yo'qotilgan (yoki tasodifiy xatoliklar son qiymati jihatidan sistematik xatoliklardan katta) deb olib, bevosita o'lchashlarning tasodifiy xatoliklarini aniqlashni qarab chiqaylik.

Ma'lumki, biror kattalikning o'lchangan qiymati, uning haqiqiy qiymatidan farq qiladi. Biror kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinlashish uchun barcha ayrim o'lchashlarda topilgan natijalarning o'rta arifmetik qiymati hisoblanadi va bu o'rta qiymat o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga ayrim o'lchashlar natijalariga nisbatan eng yaqin bo'ladi.

Biz biror x kattalikni bevosita o'lchayotgan bo'laylik. Har qaysi o'lchashlarning natijalarini $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ larga teng deb olaylik (Bu yerda: n -o'lchashlar soni). U holda o'lchanayotgan kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati $\langle x \rangle$ quyidagiga teng bo'ladi:

$$\langle x \rangle = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (5)$$

Har qaysi o'lchash natijasi kattalikning o'rtacha arifmetik qiymatidan farq qiladi. Birorta o'lchash natijasidan o'rtacha arifmetik qiymatning ayirmasi (farqi) ni odatda shu o'lchashning absolyut xatoligi deb qaraladi.

O'tkazilgan o'lchashlarning qaysi birining absolyut xatoligi kichik bo'lsa, o'sha o'lchash sifatli, ya'ni kattaroq aniqlik bilan o'tkazilgan bo'ladi. Absolyut xatolik ham o'lchanayotgan kattalik bilan bir xil o'lchov birligida ifodalanadi.

Shunday qilib, olingan o'lchashning absolyut xatoligi deb mazkur o'lchash natijasi bilan o'lchanayotgan kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati orasidagi ayirmaga aytiladi. Odatda absolyut xatolik yunoncha Δ (delta) harfi bilan belgilanib, uni absolyut xatoligi o'lchanayotgan kattalikning harfiy ifodasi oldiga qo'yiladi. Masalan, tezlikni

o'lchashdagi absolyut xatolikni Δv , modda zichligini o'lchashdagi absolyut xatolikni $\Delta \rho$, solishtirma issiqlik sig'imini o'lchashda esa absolyut xatolikni Δs va hokazolar bilan belgilanadi.

Endi (5) dagi har qaysi o'lchash natijasidan shu kattalikning o'lchashlardan hisoblangan o'rtacha arifmetik qiymati orasidagi ayirmalarni topaylik:

$$\begin{aligned}\Delta x_1 &= x_1 - \langle x \rangle \\ \Delta x_2 &= x_2 - \langle x \rangle \\ \Delta x_3 &= x_3 - \langle x \rangle \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta x_n &= x_n - \langle x \rangle\end{aligned}\quad (6)$$

bu yerdagi $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ larning ishoralari har xil bo'lishi mumkin.

Masalan, $\langle x \rangle < x_1$; $\langle x \rangle > x_2$ yoki $\langle x \rangle = x_n$ bo'la olishi sababli $\Delta x_1 > 0$; $\Delta x_2 < 0$ va $\Delta x_n = 0$.

Yuqorida aytganimizdek, biror kattalikni bir necha marta o'lchashlarning absolyut xatoliklari har qaysi o'lchashning aniqligini xarakterlaydi. Absolyut xatoliklarning o'rtacha arifmetik qiymatini topishda $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ larning har qaysisini musbat ishoralar bilan, ya'ni $|\Delta x_1|, |\Delta x_2|, \dots, |\Delta x_n|$ ko'rinishida olinadi. Demak, absolyut xatoliklarning o'rtacha arifmetik qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$\langle \Delta x \rangle = \frac{|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + \dots + |\Delta x_n|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i}{n} \quad (7)$$

Tajribada topilgan oxirgi natija, ya'ni fizik kattalikning haqiqiy qiymati, aniqlangan o'rtacha arifmetik qiymatdan $\langle \Delta x \rangle$ ga farq qiladi va uni quyidagicha yoza olamiz, ya'ni:

$$x = \langle x \rangle \pm \langle \Delta x \rangle \quad (8)$$

Bunday yozishni o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati $\langle x \rangle - \langle \Delta x \rangle < x < \langle x \rangle + \langle \Delta x \rangle$ qiymatlar orasida bo'ladi deb tushunishimiz kerak. Masalan, tayoqchanning uzunligi $\ell = (21,4 \pm 0,3)$ mm ga teng bo'lsa, uning haqiqiy uzunligi 21,1 mm va 21,7 mm orasida bo'ladi. Ma'lumki, o'rtacha absolyut xatolik qancha kichik bo'lsa, o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati kirgan interval ham shuncha tor bo'lib, kattalik yanada aniqroq o'lchangan bo'ladi. Shuni ta'kidlash kerakki, absolyut xatolik kattalikni o'lchashdagi yo'l qo'yilgan xatolikni yoki o'lchash aniqligini to'liq xarakterlay olmaydi. Masalan, biror jism uzunligini o'lchashda 0,14 mm ga teng absolyut xatolikka yo'l qo'yilgan

bo'lsa, bu songa qarab o'lchashning yaxshi yoki yomon o'tkazilganligini ayta olmaymiz.

Agar bu xatolik stolning uzunligini o'lchashda yo'l qo'yilgan bo'lsa, u holda ahamiyatga ega emas, agar bu xatolik ingichka simning diametrini o'lchashda yo'l qo'yilsa, u holda bu xatolik ancha sezilarli bo'ladi.

Shuning uchun o'lchash xatoligini to'laroq xarakterlash maqsadida nisbiy xatolik tushunchasi kiritiladi. Dastavval bir marta o'lchash natijasining nisbiy xatoligini aniqlaylik.

Ayrim o'lchashning nisbiy xatoligi deb shu o'lchash absolyut xatoligi Δx ning, kattalikni o'lchashda topilgan qiymati $x_{o'lch}$ ga nisbatini aytiladi.

Agar biror kattalik x ni o'lchashdagi nisbiy xatolikni E_x deb belgilasak, ushuni quyidagicha yoza olamiz:

$$E_x = \frac{\Delta x}{x_{o'lch}} \quad (9)$$

Bu tenglikdan ko'rinadiki, o'lchashning nisbiy xatoligi o'lchamsiz sonidir. O'lchashlarning nisbiy xatoligi odatda % larda ifodalanadi:

$$E_x = \frac{\Delta x}{x_{o'lch}} \cdot 100\% \quad (10)$$

Laboratoriya mashg'ulotlarida bir marta o'lchashning nisbiy xatoligini aniqlash kerak bo'lsa, absolyut xatolikka asbobning xatoligi qabul qilinadi.

Odatda o'lchashlarning o'rtacha nisbiy xatoligi hisoblanadi.

O'rtacha absolyut xatolik $<\Delta x>$ ning o'lchanayotgan kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati $<x>$ ga nisbatini *o'rtacha nisbiy xatolik* deb aytiladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$E_x = \frac{<\Delta x>}{<x>} \cdot 100\% \quad (11)$$

Shunday qilib, o'rtacha nisbiy xatolik absolyut xatolikning o'rtacha qiymati $<\Delta x>$, o'lchanayotgan kattalik o'rtacha qiymati $<x>$ ning qancha qismini tashkil etishligini ko'rsatadi.

Laboratoriya ishlarini bajarishda bevosita o'lchashlar soni 4 martadan oshmasa, o'lchash natijalariga matematik ishlov berishda yuqoridagi tartibda o'rtacha absolyut va nisbiy xatoliklarni hisoblash bilan cheklanish mumkin. Endi bevosita o'lchashlardagi xatoliklarni hisoblashdagi amallar tartibini ko'rsatish uchun quyidagi misolni keltiramiz.

Misol. Tayoqcha diametrini mikrometr yordamida 4 marta o'lchashlarda olingan qiymatlar quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

O'lchashlar natijalarida 4-o'lchash natijasining boshqalaridan keskin farq qilishini kuzatamiz. Uni qo'pol xatolik bilan bajarilgan o'lchash deb olib keyingi hisoblashlarga kiritmaymiz. 1-jadvaldagi ma'lumotlarga asoslanib o'lchash xatoliklarini hisoblashda quyidagi tartibdagi amallarni bajaramiz:

1-jadval.

O'lchashlarda olingan qiymatlar

O'lchashlar	d, mm	Δd , mm
1	20,41	-0,02
2	20,46	0,03
3	20,43	0
4	20,22	-
O'rtacha qiymat	20,43	0,017

1. Tayoqcha diametrining o'rtacha arifmetik qiymati aniqlanadi:

$$< d > = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3} = \frac{(20,41 + 20,46 + 20,43) \text{ mm}}{3} = 20,43 \text{ mm}$$

2. Har qaysi o'lchashning absolyut xatoliklari hisoblanadi:

$$\Delta d_1 = d_1 - < d > = 20,41 - 20,43 = -0,02 \text{ mm}$$

$$\Delta d_2 = d_2 - < d > = 20,46 - 20,43 = 0,03 \text{ mm}$$

$$\Delta d_3 = x_3 - < x > = 20,43 - 20,43 = 0$$

3. O'lchashlarning o'rtacha absolyut xatoligi hisoblanadi:

$$< \Delta d > = \frac{|\Delta d_1| + |\Delta d_2| + |\Delta d_3|}{3} = \frac{(0,02 + 0,03 + 0) \text{ mm}}{3} = 0,02 \text{ mm}$$

4. O'lchashlarning o'rtacha nisbiy xatoligi quyidagicha hisoblanadi:

$$E_d = \frac{< \Delta d >}{< d >} \cdot 100\% = \frac{0,02 \text{ mm}}{20,43 \text{ mm}} \cdot 100\% = 0,1\%$$

5. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$dq \Leftrightarrow \pm < \Delta d > = (20,43 \pm 0,02) \text{ mm}; \quad E_d = 0,1\%.$$

Bilvosita o'lchashlarning tasodifiy xatoliklarini aniqlash

Yuqorida ta'kidlab o'tganimizdek, izlanayotgan fizik kattalik ko'pincha bir necha bevosita o'lchanayotgan kattaliklarning funksiyasi bo'lishi mumkin. Bu holda mazkur izlanayotgan kattalikni aniqlash uchun bir necha marta kerakli bevosita o'lchashlar o'tkaziladi va o'lchanayotgan kattalikning topilgan qiymatlarini, ularni izlanayotgan kattalik bilan bog'laydigan formulaga qo'yib hisoblash bajariladi. Bunda

hisoblashni boshlashdan oldin kerakli formulaga kirgan doimiyliklarning (agar ular formulaga kirgan bo'lsa) qiymatlarini jadvallardan olib qo'yilganidan keyin hisoblash bajariladi. Dastavval bevosita o'lchashlar xatoligi avvalgi mavzuda bayon etilgan tartibda aniqlanadi, so'ngra mazkur bevosita o'lchashlar xatoliklari hamda o'lchanayotgan va izlanayotgan kattaliklarning funksional bog'lanishidan foydalanib izlanayotgan kattalikni aniqlashdagi xatoliklar topiladi.

Bilvosita o'lchashlarning absolyut va nisbiy xatoligini quyidagi usullar bilan aniqlanadi:

1. Bilvosita o'lchashlarda izlanayotgan kattalikni aniqlash formulasiga kirgan kattaliklarning har biri bir necha marta (odatda 3-4 marta) o'lchanadi. Ularning har galgi o'lchashdagi qiymatlarini izlanayotgan formulaga qo'yib bilvosita o'lchanadigan kattalikning har qaysi o'lchashdagi qiymati hisoblanadi. Shundan so'ng bevosita o'lchashlardagi xatoliklarni aniqlashdagi amallar tartibi kabi bilvosita o'lchashlarning o'rtacha absolyut va nisbiy xatoligi hisoblanadi.

Masalan, muntazam geometrik shakldagi qattiq jismning zichligini aniqlashga doir laboratoriya ishini olaylik. Berilgan jism silindrik shaklda bo'lsa, uning zichligi ρ quyidagicha aniqlanishi bizga (4) formuladan ma'lum:

$$\rho = \frac{4m}{\pi d^2 h}$$

Texnik tarozida tortishda jism massasi m_1 , m_2 va m_3 larga, silindrni shtangensirkul bilan o'lchashda diametri d_1 , d_2 va d_3 larga va balandligi h_1 , h_2 va h_3 larga teng bo'lsin. U holda har qaysi tajriba uchun quyidagilarni yoza olamiz.

1. Jism zichligining har qaysi tajribadagi qiymatlari hisoblanadi:

$$\rho_1 = \frac{4m_1}{\pi d_1^2 h_1} \quad \rho_2 = \frac{4m_2}{\pi d_2^2 h_2} \quad \rho_3 = \frac{4m_3}{\pi d_3^2 h_3}$$

2. Jism zichligining o'rtacha arifmetik qiymati quyidagiga teng:

$$\langle \rho \rangle = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}$$

3. Har qaysi o'lchashning absolyut xatoliklari quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta \rho_1 = \rho_1 - \langle \rho \rangle$$

$$\Delta \rho_2 = \rho_2 - \langle \rho \rangle$$

$$\Delta \rho_3 = \rho_3 - \langle \rho \rangle$$

4. O'lchashlarning o'rtacha absolyut xatoligi esa ushbuga teng bo'ladi:

$$< \Delta \rho > = \frac{|\Delta \rho_1| + |\Delta \rho_2| + |\Delta \rho_3|}{3}$$

5. O'lchashlarning o'rtacha nisbiy xatoligi quyidagicha ifodalanadi:

$$E_{\rho} = \frac{< \Delta \rho >}{< \rho >} \cdot 100\%$$

6. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$\rho = < \rho > \pm < \Delta \rho > \quad E_{\rho} = \dots \%$$

Garchi bu usul oson bo'lsada, hisoblashga ko'p vaqt ketadi. O'lchash natijalarini ishlab chiqishga ketadigan vaqtni qisqartirish maqsadida differensiallash usulidan foydalaniladi.

2. Bilvosita o'lchashlarda differensiallash usuli bilan eng katta (maksimal) absolyut va nisbiy xatolik aniqlanadi. Biror fizik kattalik «u» bevosita o'lchanishi mumkin bo'lgan bir necha $x_1, x_2, \dots, x_n$ kattaliklarning funksiyasi bo'lsin, ya'ni,

$$u = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (12)$$

Ma'lumki, tajribalarda $x_1, x_2, \dots, x_n$ kattaliklarning har qaysisini o'lchashda yo'l qo'yiladigan xatoliklar o'z navbatida olingan funksiya yuzidagi xatoligiga ta'sir qiladi.

O'lchashlarning absolyut xatoligi har doim o'lchanayotgan kattalik miqdoridan ancha kichik bo'ladi, shuning uchun ularni shartli ravishda x_i kattaliklarning $\pm$ ishorasi bilan olingan cheksiz kichik orttirmalari deb olishimiz hamda $dx_1, dx_2, \dots, dx_n$ deb yozish mumkin.

Bu holda «u» funksiya argumentlarining cheksiz kichik orttirmalari vujudga keltirgan absolyut xatoliklari ham cheksiz kichik orttirma (Δy) dan iborat bo'ladi. Buni quyidagicha ifodalaymiz:

$$u \pm \Delta y = f(x_1 \pm \Delta x_1, x_2 \pm \Delta x_2, \dots, x_n \pm \Delta x_n)$$

Dastavval, bilvosita aniqlanishi kerak bo'lgan kattalik «u» bevosita o'lchanadigan kattalik «x» ning funksiyasi bo'lgan holni qaraylik:

$$u = f'(x)$$

Bu tenglikdagi «u» funksiya yuzidagi hosilasini $y' = f'(x) = \frac{dy}{dx}$ deb yoza olamiz. Biz differensial hisobning qoidalarini absolyut xatoliklarni topishga ham to'g'ri deb olamiz va quyidagini yozishimiz mumkin.

$$\Delta u = f'(x) \cdot \Delta x \quad (13)$$

(13) tenglikdan ko'rinadiki, bir argumentli funksiya yuzidagi absolyut xatoligi funksiya hosilasining argument absolyut xatoligiga ko'paytirilganiga teng. Bu holda «u» kattalik ($u \pm \Delta u$) oraliqda joylashadi.

(13) tenglikning ikkala tomonini «u» ga nisbatini olib nisbiy xatolikni aniqlaymiz:

$$E_y = \frac{\Delta y}{y} = \frac{\Delta f(x)}{f(x)}$$

Oxirgi tenglikning o'ng tomoni $f(x)$ funksiya natural logarifmining differensialini ifodalaydi. Demak:

$$E_u = \Delta [\ln f(x)] \quad (14)$$

(14) ga asosan bir argumentli funksiyaning nisbiy xatoligi shu funksiya natural logarifmining differensialiga teng.

Endi «u» funksiya bir necha bevosita o'lchanadigan $x_1, x_2, \dots, x_n$ argumentlarning funksiyasi bo'lgan umumiy holni qaraylik:

$$u = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Bu holda «u» funksiyaning to'la hosilasi har qaysi argumentga nisbatan olingan xususiy hosilalarining yig'indisiga tengligiga asosanib, absolyut xatolik uchun quyidagini yoza olamiz:

$$\Delta y = \left| \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 \right| + \left| \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_2} \cdot \Delta x_2 \right| + \dots + \left| \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_n} \cdot \Delta x_n \right| \quad (15)$$

Bu ifodadagi $\frac{\partial f}{\partial x_1}, \frac{\partial f}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial f}{\partial x_n}$ funksiyaning biror argument bo'yicha xususiy hosilasini olishda boshqa argumentlarni o'zgarmas deb qarashimiz shart. U vaqtda nisbiy xatolik esa quyidagiga teng bo'ladi.

$$E_u = \Delta [\ln f(x_1, x_2, \dots, x_n)]$$

(15) tenglikdagi $|\Delta x_1|, |\Delta x_2|, \dots, |\Delta x_n|$ lar bevosita o'lchanadigan kattaliklarning absolyut xatoliklarini bildiradi.

Bundan tashqari, xatoliklar nazariyasiga ko'ra, o'lchashlarda vujudga keladigan xatoliklar qo'shiladi, shuning uchun funksiya differensialining (15) ifodasida hamma hadlar absolyut qiymatlarining yig'indisi olingan.

Shuni ta'kidlashimiz kerakki, laboratoriya mashg'ulotlarida xatoliklarni hisoblashda kattaliklarning haqiqiy qiymatlari o'rniga o'rtacha arifmetik qiymatlarini olish kerak.

Endi absolyut va nisbiy xatoliklarni differensiallash usuli bilan aniqlashga misollar keltiraylik.

1-misol. Parallelopiped hajmini uzunligi ℓ , eni α va balandligi h lar orqali aniqlash talab qilingan bo'lsin, ya'ni:

$$V = \ell \cdot \alpha \cdot h$$

Bu kattaliklarning har qaysisi uchun ko'p marta o'lchashlardan aniqlangan o'rtacha arifmetik qiymatlari $\langle \ell \rangle$, $\langle \alpha \rangle$, $\langle h \rangle$ larga teng bo'lsin.

Parallelopiped hajmini aniqlashdagi maksimal xatoliklarni aniqlash uchun dastavval V dan ℓ , α va h larga nisbatan xususiy hosilalar olamiz:

$$\frac{\partial V}{\partial \ell} = \alpha \cdot h; \quad \frac{\partial V}{\partial \alpha} = \ell \cdot h; \quad \frac{\partial V}{\partial h} = \ell \cdot \alpha;$$

U holda parallelopiped hajmining absolyut xatoligi qiymati:

$$\Delta V = \alpha \cdot h \cdot \Delta \ell + \ell \cdot h \cdot \Delta \alpha + \ell \cdot \alpha \cdot \Delta h \quad (16)$$

ga teng bo'ladi. Nisbiy xatolikni aniqlash uchun $V = \ell \cdot \alpha \cdot h$ ifodani logarifmlaymiz:

$$\ln V = \ln \ell + \ln \alpha + \ln h$$

Bu tenglikning har bir hadini differensiallaymiz, so'ngra differensialdan xatoliklarga, ya'ni $dV \approx \Delta V$, $d\ell \approx \Delta \ell$, $dh \approx \Delta h$ o'tib quyidagini yozamiz:

$$E_v = \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta \ell}{\ell} + \frac{\Delta \alpha}{\alpha} + \frac{\Delta h}{h} \quad (17)$$

Ba'zan bir marta o'lchashning absolyut va nisbiy xatoligini aniqlashga to'g'ri keladi. Bunda absolyut xatolik sifatida asbob xatoligini, nisbiy xatolikni esa asbob xatoligining shu kattalik o'lchangan qiymatiga nisbatidan olinadi.

O'lchashlar bir necha marta bajarilsa, nisbiy xatolikni hisoblashda kattaliklarning topilgan qiymatlarini emas, balki ularga juda yaqin bo'lgan o'rtacha arifmetik qiymatidan foydalanamiz. E_v ni quyidagicha yozish kerak:

$$E_v = \frac{\Delta V}{\langle V \rangle} = \frac{\Delta \ell}{\langle \ell \rangle} + \frac{\Delta \alpha}{\langle \alpha \rangle} + \frac{\Delta h}{\langle h \rangle}$$

Absolyut xatolikni esa ushbu tenglikdan hisoblash qulay:

$$\Delta V = E_v \cdot \langle V \rangle \quad (18)$$

2-misol. Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishi g

ni aniqlashda $T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ formulasini yozamiz. Bundan

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} \quad (19)$$

bu yerda: ℓ - mayatnik uzunligi T -mayatnikning to'la tebranish davri. Dastavval erkin tushish tezlanishi g ni aniqlashdagi nisbiy xatolikni aniqlash maqsadida (19) tenglikdan natural logarifm olamiz:

$$\ln g = \ln 4 + 2 \cdot \ln \pi + \ln \ell - 2 \cdot \ln T$$

Bu yerdagi 4 soni doimiy bo'lganidan, uning nisbiy xatoligi nolga teng. π sonini yaxlitlaganda esa sistematik xatolikka yo'l qo'yiladi. Agar π sonining taqribiy qiymatlarni $\pi=3,14$, $\pi=3,141$, $\pi=3,1415$, $\pi=3,14159$, deb olsak, π -sonning qiymatini hisoblash xatoliklarning funksiyasi bo'ladi. Yuqoridagi $\ln g$ ning ifodasini sistematik va nisbiy xatoliklarga nisbatan differensial shaklga o'tkazib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{dg}{g} = 2 \frac{d\pi}{\pi} + \frac{d\ell}{\ell} - 2 \frac{dT}{T}$$

Bu tenglikdagi $d\pi$, $d\ell$, dT va dg larni $\Delta\pi$, $\Delta\ell$, ΔT , shuningdek, Δg lar bilan hamda minus ishorasini musbat ishora bilan almashtirib nisbiy xatolik uchun quyidagini yozamiz:

$$E_g = \frac{\Delta g}{g} = 2 \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{\Delta \ell}{\ell} + 2 \frac{\Delta T}{T}$$

Oldingi misolimizdagiga o'xshash kattaliklarning o'rta arifmetik qiymatlarini qo'ysak, ushbu natijaviy tenglikni olamiz:

$$E_g = \frac{\Delta g}{\langle g \rangle} = 2 \frac{\Delta \pi}{\langle \pi \rangle} + \frac{\Delta \ell}{\langle \ell \rangle} + 2 \frac{\Delta T}{\langle T \rangle}$$

Absolyut xatolik quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta g = E_g \cdot \langle g \rangle$$

3-misol. Sirt taranglik koeffisienti α ni metall xalqani suyuqlikdan uzish usuli bilan aniqlashda quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$\alpha = \frac{P}{2\pi(r_1 + r_2)} \quad (20)$$

bu yerda: P - suyuqlik sirt taranglik kuchiga teng tarozi toshlari og'irligi;

r_1 - halqaning ichki radiusi

r_2 - halqaning tashqi radiusi.

Bu formulani avval logarifmlab, so'ngra xatoliklarga nisbatan differensiallab, ushbu natijani hosil qilamiz:

$$\frac{d\alpha}{\alpha} = \frac{dP}{P} - \frac{d\pi}{\pi} - \frac{(dr_1 + dr_2)}{r_1 + r_2}$$

Bundan nisbiy xatolik quyidagicha aniqlanadi:

$$E_\alpha = \frac{\Delta\alpha}{\langle \alpha \rangle} = \frac{\Delta P}{\langle P \rangle} + \frac{\Delta\pi}{\langle \pi \rangle} + \frac{\Delta r_1 + \Delta r_2}{\langle r_1 \rangle + \langle r_2 \rangle}$$

Absolyut xatolik esa $\Delta\alpha = E_\alpha \cdot \langle \alpha \rangle$ dan foydalanib aniqlanadi.

Fizik kattaliklarni o'lchash natijalariga ehtimollar nazariyasi va matematik statistika yordamida ishlov berish

O'lchashlar soni $n > 4$ bo'lganida fizik kattaliklarni o'lchash natijalarini kattaroq aniqlik bilan hisoblash uchun ehtimollar nazariyasi va matematik statistika elementlaridan foydalaniladi.

Biz Bu yerda ehtimollar nazariyasidan foydalanib fizik kattaliklarni o'lchash xatoliklarini hisoblash uslubini qisqacha bayon qilamiz.

Hozirgi vaqtda ehtimollar nazariyasi qonunlariga asosan tasodifiy xatoliklarni aniqlash nazariyasi ishlab chiqilgan. Ehtimollar nazariyasida isbot qilinadiki, o'lchanayotgan kattalikning ko'p marta o'lchashlardan olingan o'rtacha arifmetik qiymati uning haqiqiy qiymatiga yaqin bo'ladi. Shuning uchun o'lchanayotgan kattalikning aniqroq qiymatini olish uchun o'lchashlarni iloji boricha o'zgarmas sharoitda ko'proq o'tkazish va ular natijalarining o'rtacha arifmetik qiymatini aniqlash zarur.

**Bevosita o'lchashlar natijasining ishonchliligi
va ishonch intervali**

Biz yuqorida bevosita o'lchanadigan fizik kattaliklarning xatoliklarini aniqlashning ba'zi usullarini qarab chiqdik. O'lchash natijasiga matematik ishlov berishda shu o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati joylashgan intervalni ko'rsatdik.

Bu intervalni ko'rsatishning o'zi tasodifiy xatolikni to'laroq xarakterlash uchun yyetarli emas. Tasodifiy xatolikni to'laroq xarakterlash uchun o'lchashlar natijasining qanday darajada ishonchli ekanligini ko'rsatadigan kattalik kiritish kerak. Bunday kattalik o'lchanayotgan kattalik haqiqiy qiymatining ko'rsatilgan intervalda

mavjud bo'lishi ehtimolligidir.

Biror hodisaning ehtimolligi «p» deb, bu hodisa ro'y berishiga qulaylik tug'diruvchi elementar natijalar soni «k» ning yagona mumkin bo'lgan va teng imkoniyatli elementar natijalarning umumiy soni N ga nisbati aytiladi, ya'ni

$$p = \frac{k}{N}, \quad 0 \leq p \leq 1$$

Boshqacha aytganda, hodisaning ro'y berish imkoniyatini xarakterlovchi son ehtimollikdan iboratdir. Masalan, yashikdagi 65 dona olma va shaftolidan 60 tasi olma bo'lsin. U holda shaftolining chiqish ehtimoli $5/65$, olmaning chiqish ehtimoli esa $60/65$ ga teng.

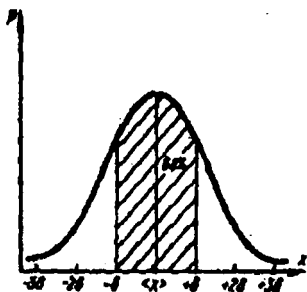
Biror x kattalikni o'lchashda xatoliklarning borligi sababli $x_1, x_2, \dots, x_n$ natijalar olingan bo'lsa, shu kattalikning (5) formula bilan aniqlanadigan o'rtacha arifmetik qiymati, izlanayotgan kattalikning eng ehtimoliy qiymatidir.

Xatoliklar nazariyasi faqat tasodifiy xatoliklarni nazarda tutadi. Nemis matematigi va fizigi K.F.Gauss ehtimollar nazariyasiga asoslanib xatoliklar nazariyasini ishlab chiqqan. K.F.Gauss tasodifiy xatolikni tasodifiy hodisaning bir turi deb qarab, tajribada yuz beradigan xatoliklarning normal taqsimot qonunini yaratgan. Bu qonun quyidagilarga asoslanadi:

1. O'lchashlar soni yyetarlicha katta bo'lganida o'lchash xatoliklari uzluksiz qiymatlarni qabul qiladi.

2. Ko'p sonli o'lchashlarda absolyut qiymatlari teng, ammo ishoralari har xil tasodifiy xatoliklar, ya'ni o'lchanayotgan kattalikni orttirish yoki kamaytirish tomoniga bo'lgan tasodifiy xatoliklar birday tez uchrab turadi.

3. Absolyut qiymati katta xatoliklar, kichik xatoliklarga nisbatan kam uchraydi.



1-rasm. Tasodifiy xatoliklarning normal taqsimot qonuni

Endi normal taqsimot qonunini grafik ravishda tavsiflashni qaraylik. Buning uchun absissa o'qiga o'lchash natijalarining absolyut xatoliklari qiymatlarini, ordinata o'qiga esa o'lchash natijalarining u yoki bu intervaiga to'g'ri kelishligi ehtimolligi $r(x)$ ning qiymatlarini qo'yamiz. (1-rasm).

Normal taqsimot qonunining grafigidan ko'rinadiki, taqsimot egri chizig'ining cho'qqisi $\langle x \rangle$ ga to'g'ri keladi va bu o'rtacha qiymat o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga eng yaqin bo'ladi, chunki ehtimolligi eng katta. O'lchashlardan olingan natijalarning asosiy qismi o'lchanayotgan kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati yonida to'planadi.

Biror $x_i - \langle x \rangle = \Delta x_i$ ayirmani i - o'lchash natijasining o'rtacha qiymatdan tasodifiy chetlashishi (xatoligi) deb olsak, chetlashishlarning $\Delta x_i = 0$ qiymatining ikkala yonidagi taqsimlanishi simmetrik bo'ladi

Odatda taqsimot egri chizig'ining absissa o'qidagi biror intervalga to'g'ri kelgan yuzasi tasodifiy natijaning xuddi shu intervalga mos tushishi ehtimolligini ko'rsatadi. Tekshirishlar ko'rsatadiki, chetlashish Δx_i larning 68 foizi modul qiymati bo'yicha qandaydir standart (normal) chetlashish σ dan ortmaydi, 32 foizi esa σ dan ortiq bo'ladi.

Boshqacha aytganda ($\langle x \rangle - \sigma$; $\langle x \rangle + \sigma$) intervalda barcha o'lchash natijalarining 68 foizi, ($\langle x \rangle - 2\sigma$; $\langle x \rangle + 2\sigma$) intervalda esa 95 foizi joylashadi. Yoki Δx_i lar 68 % ehtimollik bilan ($\langle x \rangle - \sigma$; $\langle x \rangle + \sigma$) intervalda, 95 % ehtimollik bilan ($\langle x \rangle - 2\sigma$; $\langle x \rangle + 2\sigma$) intervalda joylashadi. Bu intervallarni qanchalik keng tanlasak, o'lchanayotgan kattalik haqiqiy qiymatining shu intervalga tushish ehtimolligi ham shuncha marta ortadi.

O'lchanayotgan kattalik haqiqiy qiymatining ishonchliligi to'g'risida tasavvur hosil qilish uchun ishonch intervali degan tushunchadan foydalaniladi. Fizik kattalik haqiqiy qiymatining oldindan belgilangan ehtimollik r dan mavjud bo'ladigan ($\langle x \rangle - \Delta x$; $\langle x \rangle + \Delta x$) intervalni *ishonch intervali* deyiladi.

U holda ixtiyoriy « r » ehtimollik uchun ishonch intervali ($\langle x \rangle - \lambda p \times \sigma$; $\langle x \rangle + \lambda p \times \sigma$) tarzida yoza olamiz. Bundan ishonch intervali kengligi tanlangan ehtimollikkagina bog'liqligi ko'rinib turibdi. Masalan, $\lambda_{0,68}=1,0$; $\lambda_{0,95}=2,0$ va $\lambda_{0,997}=3,0$ ga teng. Odatda ehtimollik r ning qiymati amaliyot talabiga ko'ra belgilanadi. O'quv va ilmiy laboratoriyalarda $p=0,95$ deb olish yetarli, ammo meteorologik o'lchashlarda $p=0,997$ deb olinadi.

Ehtimollar nazariyasiga asosan standart chetlashish σ ni Δx_i lar orqali quyidagicha aniqlanadi.

$$\sigma \approx \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \Delta x_i^2} \quad (21)$$

Standart chetlashish har qaysi alohida va yagona o'lchashdan kutilayotgan xatolikni belgilaydi. σ ni bilish bir marta o'lchashda u yoki bu miqdordagi xatolikni olish ehtimolini baholash imkonini beradi.

Har qaysi o'lchashning o'rtacha kvadratik xatoligi yoki o'rtacha xatoligi quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \Delta x_i^2} \quad (22)$$

Bu yerda o'rtacha xatolik deyilganda uni o'rtacha kvadratik xatolik ma'nosida tushunish zarur. (21) va (22) formulalardan ko'rinadiki, standart chetlashish o'rtacha kvadratik xatolikka taqriban teng: $\sigma \approx S$, o'lchashlar soni qanchalik ko'p bo'lsa, σ bilan S orasidagi farq ham shunchalik kamaya boradi, nihoyat $n \rightarrow \infty$ da esa $\sigma = S$ ga teng bo'lib qoladi.

Ehtimollar nazariyasida isbot qilinadiki, o'rta natijadan olingan standart chetlashish σ_n . ayrim o'lchashdan olingan standart chetlashish σ dan $\sqrt{n}$ marta kichik bo'ladi, ya'ni

$$\sigma_n = \sigma / \sqrt{n}$$

bu yerda: n - o'lchashlar soni.

U holda S_n - tajribaning oxirgi natijasining o'rtacha kvadratik xatoligi uchun quyidagi ifodani yoza olamiz:

$$S_n = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta x_i^2} \quad (23)$$

Bu holda ishonch intervalining yarim eni $\Delta x = \lambda_p \cdot S_n$ ga teng bo'ladi.

Amalda biror kattalikni aniqlash uchun juda ko'p o'lchashlar o'tkazish mumkin emas (maqsadga muvofiq ham emas). Odatda laboratoriya mashg'ulotlarida biror kattalikni aniqlashda takroriy o'lchashlar soni $n=10$ dan oshmaydi.

Iшонch intervalini standart chetlashish σ larda emas, balki $S_{<x>}$ larda olsak, taqsimot qonuni o'lchashlar soni n ga ham bog'liq bo'lib qoladi. Bunday taqsimotni Styudent taqsimoti deb yuritiladi. Odatda o'lchashlar soni $n \leq 30$ bo'lganda normal taqsimot o'rniga Styudent taqsimotidan foydalaniladi.

Styudent taqsimotiga o'tilganda λ_p ni Styudent koeffisienti $t_{p,n}$ bilan almashtiriladi va berilgan ehtimollikda ishonch intervalining yarim eni (absolyut xatoligi) quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta x = t_{p,n} \cdot \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta x_i^2} = t_{p,n} \cdot S_n \quad (24)$$

Shunday qilib, Styudent koeffisienti qiymati ishonchlilik ehtimolligi p ning tanlanishiga va o'lchashlar soni n ga bog'liq. O'lchashlar soni n ning ortib borishi bilan $t_{p,n}$ ning qiymati kamaya borsa, p ning ortishi bilan esa $t_{p,n}$ ning qiymati orta boradi. (24) bo'yicha bevosita o'lchashlarning absolyut xatoligini hisoblash uchun Styudent koeffisientlari jadvalidan foydalaniladi. Quyidagi 2-jadvalda n -o'lchashlar soni va p ishonchlilik ehtimolligiga mos Styudent koeffisientlari qiymatlari keltirilgan.

2-javdal.

Styudent koeffisientlari qiymatlari.

O'lchashlar	Ishonchlilik, p			
	0,5	0,9	0,95	0,99
2	1,00	6,31	12,7	63,7
3	0,82	2,92	4,30	9,92
4	0,77	2,35	3,18	5,94
5	0,74	2,23	2,78	4,60
6	0,73	2,02	2,57	4,03
7	0,72	1,94	2,45	3,71
8	0,71	1,89	2,36	3,50
9	0,71	1,86	2,31	3,36
10	0,70	1,83	2,26	3,25
15	0,69	1,76	2,14	2,98
20	0,69	1,73	2,09	2,86
∞	0,67	1,65	1,96	2,59

Endi bevosita o'lchashlar natijalarini yozish va tanlangan ehtimollik bilan absolyut va nisbiy xatoliklarni hisoblashga misol keltiramiz.

Misol. Sekundomer yordamida matematik mayatnik biror τ vaqt oraliq'idagi tebranishlar soni o'lchanayotgan bo'lsin. Bunda o'lchash natijalarida tasodifiy xatoliklar sodir bo'ladi. Shuning uchun tajribalarni 10 marta takrorlaylik (3-jadval).

3-jadval.

Matematik mayatnik tebranishlar sonini o'lchash va hisoblash natijalari

O'lchashlar	τ, s	$\Delta\tau = \tau - \langle \tau \rangle, s$	O'lchashlar	τ, s	$\Delta\tau = \tau - \langle \tau \rangle, s$
1	22,4	- 0,12	6	22,6	+ 0,08
2	22,4	- 0,12	7	22,2	- 0,32
3	22,6	+ 0,08	8	22,8	+ 0,28
4	22,8	+ 0,28	9	22,4	- 0,12
5	22,4	- 0,12	10	22,6	+ 0,08

O'lchashlarning natijasi va tasodifiy xatoligini aniqlaylik.

1. O'lchash natijalarining o'rtacha arifmetik qiymati hisoblanadi.

$$\langle \tau \rangle = \frac{1}{10} \cdot \sum_{i=1}^n \tau_i = 22,52 \text{ s}$$

2. Barcha o'lchashlar uchun tasodifiy chetlashishlar $\tau_i = \tau_i - \langle \tau \rangle$ hisoblanadi. Ularning qiymatlari 3-jadvalda ko'rsatilgan.

3. Hisoblashlarning to'g'riligi tekshiriladi. Agar hisoblash to'g'ri bo'lsa, 3-jadvalda ko'rsatilganidek $\sum_{i=1}^n \Delta \tau_i = 0$ ga teng bo'ladi.

4. τ_i qiymatlari orasida o'rtacha qiymatdan eng katta chetlashish, ya'ni qo'pol xatolik borligi aniqlanadi. Masalan, biz olgan misolda 7-o'lchash natijasini qo'pol xatolikka shubha qilish mumkin. Uni tekshirish uchun avval alohida o'lchashning o'rtacha kvadratik xatoligini aniqlaymiz:

$$S = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n \Delta \tau_i^2} = 0,24 \text{ s}$$

5. O'lchashlarning eng katta (chegaraviy) xatoligi hisoblanadi. Bunga S dan 3 marta ortiq xatolikni topish bilan erishiladi:

$$\Delta \tau_{\text{cheg}} = 3 \cdot S = 3 \cdot 0,24 \text{ s} = 0,72 \text{ s}$$

6. Qo'pol xatolik borligi tekshiriladi. Agar biror o'lchash natijasida qo'pol xatolik bo'lsa, $|\Delta \tau_i| > \Delta \tau_{\text{cheg}}$ bo'lishi kerak.

Biz qarayotgan misolda eng katta chetlashish 0,32 s ga teng, u holda $0,32 \text{ s} < 0,72 \text{ s}$. Bundan biz bajargan o'lchashlarda qo'pol xatolik yo'q deb olinadi. Agar biror o'lchashda qo'pol xatolik bor bo'lsa, o'sha o'lchash natijasini qoldirib, $\langle \tau \rangle$ va $\Delta \tau_i$ larni qaytadan hisoblash shart.

7. O'lchashlarning o'rtacha kvadratik xatoligi hisoblanadi:

$$\Delta \tau = t_{p,n} \cdot \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \tau_i^2} = 2,26 \cdot \sqrt{\frac{0,3360}{10 \cdot 9}} = 0,14 \text{ s}$$

Bunda ishonchlilik $r=0,95$ va o'lchashlar soni $n=10$ ga mos Student koefitsientini $t_{p,n}=2,26$ deb olindi.

8. O'lchashlarning nisbiy xatoligi quyidagicha hisoblanadi:

$$E_{\tau} = \frac{\Delta \tau}{\langle \tau \rangle} \cdot 100\% = \frac{0,14}{22,52} \cdot 100\% = 0,62\%$$

9. O'lchashlarning oxirgi natijasi quyidagicha yoziladi:

$$\tau = \langle \tau \rangle \pm \Delta \tau = (22,52 \pm 0,14) \text{ s}; \quad p=0,95; \quad E_{\tau}=0,62 \%$$

Bilvosita o'lchashlar natijasining ishonchliligi va ishonch intervali

Biz oldingi mavzularda bilvosita o'lchashlar natijasining xatoliklarini aniqlashning differensial usulini qarab chiqdik. Bu usulda bilvosita o'lchashlar natijasining eng katta absolyut va nisbiy xatoligi aniqlanishini ham ko'rdik. Tekshirishlar shuni ko'rsatadiki, bilvosita o'lchashlar natijasining xatoligini differensiallash usulida aniqlaganda, tajriba natijasiga ishonchni kamaytirib boramiz. Chunki bu usulda izlanayotgan kattalikning tajribadan aniqlangan qiymati uning haqiqiy qiymatidan ancha ortiq bo'ladi.

Bilvosita o'lchashlarda ham xuddi bevosita o'lchashdagi kabi biror ishonchlilik uchun fizik kattalikning ishonch intervalini ko'rsatishimiz zarur. Shuning uchun bilvosita kattalikning ishonch intervalini aniqlash usulini qarab chiqaylik. Aslida tajriba aniqligini xarakterlash uchun o'rtacha absolyut xatolik tushunchasini qo'llab bo'lmaydi, chunki Gaussning taqsimot qonuni simmetrik bo'lgani uchun uning qiymati nolga teng. Tajriba aniqligi o'lchovi sifatida o'rtacha kvadratik xatolikni olishimiz kerak. Biz avval o'lchashlar soni ko'p bo'lganda, o'rtacha kvadratik xatolikning standart chetlashishga teng bo'lishini ko'rsatgan edik.

Bizga yana quyidagi ko'rinishdagi ko'p argumentli «y» funksiya berilgan bo'lsin:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

Shuningdek $x_1, x_2, \dots, x_n$ kattaliklarning har biri uchun tajribalardan o'rtacha arifmetik qiymatlar $\langle x_1 \rangle, \langle x_2 \rangle, \langle x_3 \rangle, \dots, \langle x_n \rangle$ va absolyut xatoliklar $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ lar aniqlangan deb olaylik.

Xatoliklar nazariyasiga asosan «y» funksiyaning o'rtacha kvadratik xatoligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta y_{kv} = \Delta y = \sqrt{\Delta y^2} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 \cdot \Delta x_1^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 \cdot \Delta x_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 \cdot \Delta x_n^2} \quad (25)$$

Biz bundan buyon oson bo'lishligi uchun $\Delta y_{kv} = \Delta y$ deb yuritamiz. (25) ifodadagi $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ lar tanlangan ishonchlilik uchun (24) formula bo'yicha aniqlanadigan absolyut xatoliklardan iborat. Boshqacha aytganda berilgan ko'p argumentli funksiyaning har qaysi argumenti uchun ishonch integralini aniqlash bevosita o'lchashlardagi kabi bajariladi va bevosita o'lchanuvchi kattaliklarning hammasiga bir xil

ishonchlilik berish kerak. So'ngra funksional bog'lanish turiga qarab o'lchashlar natijasining absolyut va nisbiy xatoliklari hisoblanadi.

Yuqoridagi (25) ifoda bo'yicha $\frac{\partial f}{\partial x_1}, \frac{\partial f}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial f}{\partial x_n}$ larni hisoblashda «y» funksiya argumentlarining o'rtacha qiymatlaridan foydalaniladi, ya'ni berilgan «y» funksiyaning nisbiy xatoligi quyidagicha ifodalanadi:

$$E_y = \frac{\Delta y}{f(< x_1 >, < x_2 >, \dots, < x_n >)} \quad (26)$$

Demak, izlanayotgan kattalik haqiqiy qiymatining «y» dan chetlashishi tanlangan ishonchlilikka bog'liq va berilgan ishonchlilik uchun «y» ning mavjud bo'lish intervali $<y> - \Delta y <y < <y> + \Delta y$ ga teng bo'ladi.

Bilvosita o'lchashlar xatoliklarini aniqlashga quyidagi misolni keltiramiz.

Matematik mayatnik yordamida og'irlik kuchining tezlanishini aniqlash maqsad qilib qo'yilgan bo'lsin. Shuning uchun (19) formulani yozamiz:

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} \quad (27)$$

bu yerda: ℓ -mayatnik uzunligi, T-mayatnikning to'la tebranish davri.

Mayatnik ipining uzunligini chizg'ich, sharchaning diametrini esa mikrometr bilan 5 martadan o'lchaymiz. Mayatnikning uzunligi ℓ , ipning uzunligi ℓ_0 bilan sharcha radiusi r ning yig'indisiga teng:

$$\ell = \ell_0 + r$$

Tebranish davri T ni esa biror $N=20$ marta to'la tebranishlar uchun ketgan vaqt τ ni aniqlab $T = \frac{\tau}{N}$ nisbat bo'yicha topamiz. U holda (27) ni quyidagicha yozamiz:

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{\tau^2 / N^2} = \frac{4\pi^2 \ell \cdot N^2}{\tau^2}$$

O'lchash va hisoblashlar natijalarini 4-jadvalda qayd etamiz.

Ishonchlilikni $r=0,95$ deb olib, $n=5$ marta o'lchash uchun Styudent koeffisienti $t_{r,n}=2,78$ ga tengligini aniqlaymiz.

O'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	ℓ , sm	$\Delta \ell$, sm	$\Delta \ell^2 \text{sm}^2$	τ , s	$\Delta \tau$, s	$\Delta \tau^2$, s ²
1	100,12	0	0	40,2	-0,06	0,0036
2	100,14	+0,02	0,0004	40,2	-0,06	0,0036
3	100,11	-0,01	0,0001	40,3	+0,04	0,0016
4	100,13	+0,01	0,0001	40,2	-0,06	0,0036
5	100,12	-0	0	40,3	+0,04	0,0016
	$\langle \ell \rangle_{q1}$ 100,12	$\langle \Delta \ell \rangle_{q0}$	$\Sigma \Delta \ell^2_{q1}$ 0,0006	$\langle \tau \rangle_{q1}$ 40,26	-	$\Delta \tau^2_{q1}$ 0,0014

Endi ishga doir bevosita o'lchashlarning absolyut xatoliklarini (24) formuladan foydalanib hisoblaymiz:

$$\Delta \ell = 2,78 \cdot \sqrt{\frac{0,0006 \text{sm}^2}{5 \cdot 4}} = 2,78 \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot 10^{-4} \text{sm}^2}{20}} = 0,015 \text{sm}$$

$$\Delta \tau = 2,78 \cdot \sqrt{\frac{0,014 \text{sm}^2}{5 \cdot 4}} = 2,78 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{7} \text{s} = 0,07 \text{s}$$

Og'irlik kuchi tezlanishining o'rtaga arifmetik qiymatini hisoblaymiz.

$$\langle g \rangle = \frac{4 \cdot (3,14)^2 \cdot 400 \cdot 100,12 \text{sm}}{(40,26)^2 \text{s}^2} = \frac{4 \cdot 9,86 \cdot 4 \cdot 10012 \text{sm}}{1620,87 \text{s}^2} =$$

$$= \frac{16 \cdot 986 \cdot 10012 \text{sm}}{162087 \text{s}^2} = 980,08 \frac{\text{sm}}{\text{s}^2} \approx 980,1 \frac{\text{sm}}{\text{s}^2}$$

g ni hisoblash formulasida ko'paytirish va bo'lish amallari bor, shuning uchun avvalo nisbiy xatolikni hisoblaymiz:

$$g = \frac{4\pi^2 \ell N^2}{\tau^2};$$

$$E_g = \frac{\Delta g}{<g>} = \sqrt{\left(2 \frac{\Delta \pi}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \ell}{<\ell>}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \Delta \tau}{<\tau>}\right)^2}$$

4 va N lar doimiy bo'lganligi uchun ularning nisbiy xatoliklari nolga teng. π sonini $\pi=3,14159$ o'rniga $\pi=3,14$ deb olganimizda $\Delta\pi=0,0016$ ga teng absolyut xatolikka yo'l qo'yamiz va bu ham hisoblashning oxirgi natijasiga ta'sir qiladi.

$$E_g = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 0,0016}{3,14}\right)^2 + \left(\frac{0,015}{100,12}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot 0,07}{40,26}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{1,04 \cdot 10^{-6} + 0,02 \cdot 10^{-6} + 128 \cdot 10^{-6}} = 10^{-3} \sqrt{129} = 11,36 \cdot 10^{-3}$$

yoki $1,136\% \approx 1,1\%$

Absolyut xatolik esa

$$\Delta g = <g> \cdot E_g = 980,08 \cdot 11,36 \cdot 10^{-3} = 11,1 \frac{sm}{s^2}$$

Oxirgi natijani quyidagicha yozamiz:

$$g = (980,1 \pm 11,1) \frac{sm}{s^2}; \quad \rho = 0,95; \quad E_g = 1,1\%$$

O'lchash natijalarini grafik ravishda tasvirlash

Fizikadan ba'zi laboratoriya ishlarini bajarishda o'lchashlar natijasini ishlab chiqishda hisoblash talab qilinmaydi, balki kattaliklarning o'zaro bog'lanishining o'zgarib borishi xarakterini aniqlash kerak bo'ladi. Shu maqsadda o'lchanayotgan kattaliklarning o'zaro bog'lanishini grafik holida tasvirlash usulidan foydalaniladi. Bu usulda biror fizik kattalikning boshqa kattalikka bog'liq ravishda o'zgarib borishi kuzatiladi. Masalan, $u=f(x)$ funksiyasi berilgan bo'lsin. Bunda argument «x» ning tajribalardan olingan barcha qiymatlariga mos «u» funksiyasining qiymatlari aniqlanadi.

Odatda grafik chizishda to'g'ri burchakli dekart koordinatlar sistemasidan foydalanib, abssissa o'qiga argumentning qiymatlari, ordinata o'qiga esa funksiyaning qiymatlari qo'yiladi. Har qaysi koordinat o'qining yoniga o'lchanayotgan kattalikning harfiy ifodasi va o'lchov birligi yoziladi. Masalan, izotermik jarayonda biror massali gaz bosimining hajmiga bog'liq ravishda o'zgarishini grafik holida

tasvirlashda abssissa o'qiga gaz hajmi qiymatlari, ordinata o'qiga esa ularga mos gaz bosimi qiymatlari qo'yiladi. Yoki yarim o'tkazgichlar qarshiligining haroratga bog'lanishini grafik ravishda tasvirlamoqchi bo'lsak, abssissa o'qiga harorat qiymatlari, ordinata o'qiga esa yarim o'tkazgich qarshiligining qiymatlari qo'yiladi. So'ngra yotiq o'qdan argumentning qiymatiga mos nuqtasi orqali ordinata o'qiga parallel qilib chiziq o'tkazamiz, uning funksiya qiymatiga mos nuqtasidan abssissa o'qiga parallel chiziq bilan kesishish nuqtasi bu ikki kattalikning o'zaro bog'lanishiga mos qiymati bo'ladi, ya'ni bir-biri bilan bog'liq bo'lgan ma'lumotlar jufti chizilayotgan grafikda bitta nuqtani beradi. Ana shu yo'sinda olingan barcha nuqtalarni fizik jarayonga mos keluvchi biror qonun-qoida yordamida birlashtirsak, uni xarakterlovchi chiziq hosil bo'ladi.

Yuqorida keltirilgan izotermik jarayonda bu nuqtalar gazning turli tayinli holatlarini ifodalaydi. Grafikni chizishni boshlashdan oldin, albatta tajribalardan olingan ma'lumotlar bilan kuzatish jadvali to'ldirilgan bo'lishi kerak. Grafikni yasash aniqligini oshirish uchun iloji boricha uni millimetrli qog'ozga chizmachilik asboblari (chizg'ich, lekalo, sirkul) yordamida chizish kerak.

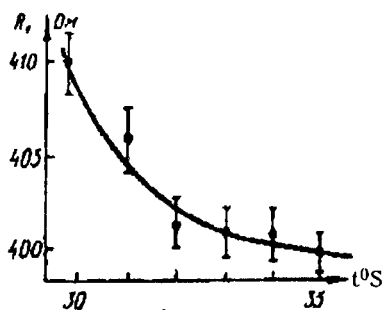
Millimetrli qog'ozga yuqorida ko'rsatilgan tartibda tushirilgan nuqtalar o'zaro silliq egri chiziq bilan tutashtiriladi. Tajribalardan olingan ma'lumotlarga mos nuqtalar aniq qilib qo'yilishi shart.

Shuni yodda tutish kerakki, grafikni siniq chiziqlar tarzida tutashtirib yasash mumkin emas. Chunki fizik qonuniyat unday tarzda o'zgarmaydi.

O'lchashlarda xatoliklar borligi tajribalar natijalariga mos nuqtalarni silliq chiziqlar bilan tutashtirish imkonini bermaydi. Chunki tajribalardan olingan nuqtalar haqiqiy natija atrofida sochilgan holda joylashadi. Tajribaviy nuqtalarning grafikdan chetlashishi tajribani bajarishda xatoliklar borligini ko'rsatadi.

Shuning uchun grafikni shunday chizish kerakki, unda ayrim o'lchashlarga mos kelgan nuqtalar grafikning ikki tomonidan (masalan, ostida va ustida) simmetrik ravishda joylashsin.

Grafik chizishda koordinat boshi o'lchanayotgan kattaliklarning nol nuqtasi qiymati, ya'ni (0, 0) nuqta bilan har doim mos tushavermaydi. Masalan, yarim o'tkazgich qarshiligining haroratga bog'lanishini o'rganishda, yarim o'tkazgichning harorati 30°S dan 35°S gacha oshganda uning qarshiligi 410 Om dan 400 Om gacha kamaygan bo'lsin. Bunda koordinat boshiga 0 Om, 0°S larni joylashtirish maqsadga muvofiq emas, balki abssissa o'qiga (30; 35) $^{\circ}\text{S}$ va ordinata o'qiga esa (410; 400) Om intervallarni qo'yish maqsadga muvofiq bo'ladi.



2-rasm. Yarim o'tkazgich qarshiligining haroratga bog'liqligi.

Ma'lumki, grafik chizishda har qaysi koordinat o'qlariga turli xil kattaliklarning tajribalardan olingan qiymatlari qo'yiladi, ularning o'zgarishi ham har xil bo'lishi mumkin. SHuning uchun ikkala o'qdagi masshtabni (ular bir xil bo'lishi shart emas) shunday tanlashimiz zarurki, toki grafik juda ham cho'zilib yoki qisqarib ketmasin.

Grafikdagi har bir nuqtaga mos keluvchi kattalik katta yoki kichik absolyut xatolikka ega. Agar grafikda o'lchashlar absolyut xatoligini ham ko'rsatmoqchi bo'lsak, u holda tajribaviy nuqtadan tegishli masshtabda yuqoriga va pastga yo'nalgan kesmacha chiziladi.

Uning uzunligi absolyut xatolikning ikkilanganiga teng qilib olinadi.

Nihoyat grafiklar fizik kattaliklarning tajribalarda o'lchanmagan qiymatlarini topish, kattaliklar orasidagi funksional bog'lanishning xarakterini ko'rgazmali tasvirlash, uning eng katta va eng kichik qiymatlarini ko'rsatish, tajribalardan olingan ma'lumotlarni nazariya bilan solishtirish imkonini beradi.

Taqribiy hisoblashlar qoidalari

Oldingi mavzulardan ma'lum bo'ldiki, fizik kattaliklarni aniq o'lchash mumkin emas, o'lchashlarda doimo ozmi-ko'pmi xatolikka yo'l qo'yiladi. Demak, o'lchash natijalari har doim taqribiy xarakterga ega. Shuning uchun o'lchash natijalarini matematik ishlovda ham turli xil fizik kattaliklarning taqribiy qiymatlari ustida har xil matematik amallarni bajarish kerak bo'ladi.

Talabalar taqribiy hisoblashlarni bajarishda quyidagilarni doimo yodda saqlashlari shart: hisoblashlar oxirgi natijasining aniqligi, o'lchashlarning aniqligi bilangina topiladi, o'lchash aniqligini tajribalar

Boshqacha aytganda, abssissa o'qidagi hisoblarni 30°S dan, ordinata o'qi bo'ylab hisoblarni esa 410 Om dan boshlasak, yarim o'tkazgich qarshiligining haroratiga bog'lanishini ancha yaqqol tasvirlashimiz mumkin (2-rasm).

Grafik chizishda koordinatalar o'qlariga tajribalarda olingan sonlarni emas, balki masshtab birliklariga mos sonlarni qo'yish kerak.

natijasini ko'rsatuvchi taqribiy qiymatdagi verguldan keyingi raqamlar xonalarini (kasr qiymatini) orttirish bilan oshirib bo'lmaydi.

Bilvosita o'lchashlar oxirgi natijasining aniqligi formulaga kirgan biror fizik kattalikning eng noaniq o'lchash aniqligi bilan olinadi. Shuning uchun bevosita o'lchanayotgan barcha kattaliklarning o'lchash aniqligi bir xil bo'lishiga erishish lozim. Masalan, muntazam geometrik shakldagi jism o'lchamlarini millimetrli chizg'ich bilan o'lchasak, shu jism massasini analitik tarozida tortib aniqlashning zarurati qolmaydi.

Talabalar tajriba natijalarini matematik ishlab chiqishlarida kattaliklarning aniq va taqribiy qiymatlarini bir-biridan ajarata bilishlari kerak.

Fizika fani formulalariga kirgan sonli koeffisientlar, bir birlik sistemasidan boshqa birlik sistemasiga o'tishda qo'yiladigan ko'paytmalar, daraja ko'rsatkichlari, shuningdek, o'lchanayotgan kattaliklarning shu kattalik bilan bir jinsli bo'lgan birlikdan necha marta katta yoki kichikligini ko'rsatuvchi koeffisientlar aniq qiymatlardir. Masalan, silindr hajmining $V = \frac{1}{4}\pi d^2 h$ ifodasida $\frac{1}{4}$ va daraja ko'rsatkichi

2, yoki $8,5 \text{ km} = 8,5 \cdot 1000 \text{ m}$ dagi 1000, $15\text{s} = 15 \text{ va } \frac{1}{60}$ minutdagi 15 va

$\frac{1}{60}$ lar aniq qiymatlardir.

Taqribiy qiymatlarga turli xil fizik va matematik kattaliklarning jadvallardan olinadigan qiymatlari misol bo'la oladi: quyidagilar taqribiy qiymatlardir: og'irlik kuchining tezlanishi $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; temirning zichligi $\rho = 7,87 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; Bolsman doimiysi $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$; elektron zaryadi $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$, suvning sirt taranglik koeffisienti (20°S dagi) $\alpha = 72,75 \times 10^{-3} \text{ N/m}$, shuningdek, ko'p qo'llaniladigan $\pi = 3,14$; $e = 2,71$; $\sqrt{\pi} = 1,41$; $\pi^2 = 9,86$ lar ham taqribiy qiymatlardir.

Fizik tajribaning natijasini matematik ishlab chiqishda kattaliklarning taqribiy qiymatlari, ya'ni taqribiy sonlar ustida amallar bajarish uchun dastavval qiymatli va qiymatsiz raqamlar tushunchasiga tuxtalaylik.

Biror sonning boshida turgan nollardan boshqa barcha raqamlar shu sonning qiymatli raqamlari deb yuritiladi. Masalan, o'lchashlar natijasida 0,001 aniqlik bilan 7,380; 0,0572 taqribiy sonlarni hosil qilgan bo'lsak, u holda birinchi sondagi 7, 3, 8 va 0 raqamlari, ikkinchi sondagi 5 va 7 qiymatli raqamlardir. Shuningdek, 0,097 sonida ikkita qiymatli raqam 9 va 7; 0,506 sonida esa uchta qiymatli raqam 5, 0 va 6 lar bor.

Yaxlitlanganda sonning oxiridagi tushib qoladigan raqamning o'rnini olgan nollar qiymatli raqamlardir. Ruxning solishtirma qarshiligi $\rho = 0,060 \cdot 10^{-6} \text{ Om}\cdot\text{m}$ deb olsak, bu son 0,001 aniqlik bilan berilgan,

shuning uchun oxirgi 0 raqam qiymatli raqam hisoblanadi. Yoki o'nli kasr oxiridagi nol raqami doimiy qiymatli raqam hisoblanadi. Misol uchun 1 sm aniqlikda o'lchashlarda 30,60 m soni olingan bo'lsin, unda 4 ta qiymatli raqam bor. Talabalar 30,60 m = 30,6 m sonlarning aniq qiymatlariga to'g'ri va taqribiy qiymatlari uchun to'g'ri emasligini bilishlari kerak. Chunki, birinchi son yuzdan bir aniqlikda, ikkinchi son esa o'ndan bir aniqlikda berilgan.

Biror α sonning $N \times 10^n$ ko'rinishda yozilishiga sonning normal (standart) shaklda yozilishi deyiladi, bunda $1 \leq N \leq 10$ va N -butun son. Agar Yerning hajmi $V = 1083000000000 \text{ km}^3$ ni normal shaklda yozsak: $V = 1083000000000 \text{ km}^3 = 1,083 \cdot 10^{21} \text{ m}^3$ ni hosil qilamiz.

Fizik kattaliklarni normal shaklda yozishga yana bir necha misollar keltiramiz:

Yorug'likning vakuumdagi tezligi $s = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Avogadro doimiysi $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Faradey doimiysi $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ Kl. mol}^{-1}$

Plank doimiysi $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Taqribiy sonlarning qiymatlarini yozishda ularning absolyut xatoligi haqida ma'lumotlar beriladi. Taqribiy sonning haqiqiy va taqribiy qiymati orasidagi ayirmani, shu taqribiy sonning absolyut xatoligi deb yuritiladi.

Fizikadan ma'lumotnoma yoki boshqa adabiyotlarda odatda taqribiy sonning absolyut xatoligini ochiq ko'rsatmasdan beriladi. Bunday holda absolyut xatolik oxirgi xonaning bitta birligining yarmisidan oshiq emas deb qaraladi. Masalan, turli moddalar zichliklari jadvalida havoning zichligi $\rho = 1,2928 \text{ kg/m}^3$ deb ko'rsatilgan. Bu taqribiy qiymatning oxirgi raqami o'n mingdan birlar xonasini tashkil qiladi va shuning uchun absolyut xatolik 0,00005 ga teng, u holda havoning zichligi $\rho = (1,2928 \pm 0,00005) \text{ kg/m}^3$ tarzida yoziladi. Yoki 147,0 soni uchun absolyut xatolik 0,05; 147, 000 soni uchun esa absolyut xatolik 0,0005 ga teng.

Taqribiy son normal ko'rinishda yozilsa, sonda faqat ishonchli raqamlargina bo'ladi. Misol uchun, Oy massasi $m_{\text{oy}} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ ga teng, bunda 7,35 sonning barcha raqamlari ishonchlidir. Oyning massasini absolyut xatolikni e'tiborga olganda quyidagicha yozamiz:

$$m_{\text{oy}} = (7,35 \pm 0,005) \cdot 10^{22} \text{ kg} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg} \pm 0,005 \cdot 10^{22} \text{ kg}$$

Bundan Oyning massasi $0,005 \cdot 10^{22} \text{ kg} = 5 \cdot 10^{19} \text{ kg}$ aniqlikda yozilganini tushunamiz. Agar sonni $4 \cdot 10^3$ va 4000 ko'rinishda yozsak, $4 \cdot 10^3$ ning absolyut xatoligi 500, 4000 ning absolyut xatoligi esa 0,5 ga

teng. Demak, xulosa qilish mumkinki, bitta sonni ikki ko'rinishda yozsak, ular ikki xil absolyut xatolikka ega bo'ladi.

Taqribiy qiymatlarning xatoligini to'laroq xarakterlash uchun nisbiy xatolik tushunchasidan foydalaniladi.

Taqribiy sonlar ustidan amallar bajarilganda quyidagi qoidalariga rioya qilinadi:

1. Taqribiy sonni har doim to'g'ri yozishni o'rganishimiz kerak. Masalan, 7,8; 7,80: 7.800 lar bitta son bo'lsa ham, xatoliklari har xil. Birinchi sonda butun va o'nli ulushli raqamlar, ikkinchi sonda yuzlik ulushli, uchinchi sonda esa minglik ulushli raqamlar ham ishonchlidir.

2. Hisoblashda zarur miqdordagi qiymatli raqamlarigina qoldirib yaxlitlash kerak. Masalan, yupqa plastinka qalinligini mikrometr bilan bir necha marta o'lchash natijalarining o'rtacha arifmetik qiymatini 1,427 mm ga teng deb olaylik. Ammo bizga ma'lumki, mikrometr bilan 0,01 mm aniqlikdagina o'lchash mumkin. Shuning uchun bu sonni 1,43 mm gacha yaxlitlab olish kerak, agar shu 1,427 mm ni shtangensirkul yordamida topilgan deb olsak, unda o'nlik ulushlik xonaningina qoldirib 1,4 deb yoziladi.

3. Sonlarning taqribiy qiymatlarini qo'shish va ayirishda boshlang'ich sonlarning qaysi birida ulushli xonalar soni eng kam bo'lsa, natijada ham o'shancha xonali raqamlar qoldiriladi.

Masalan: $18,1 + 7,28 + 7,392 = 32,772 \approx 32,8$

Agar ikkita 37 va 5,2 sonlarni qo'shsak $37+5,2=42,2$ soni hosil bo'ladi, uni yaxlitlab 42, xuddi shunga o'xshash $37+5,6=42,6$ ni esa yaxlitlab 43 deb olish zarur. Demak, bunday hollarda qo'shiluvchilarning birida o'nlik ulush noma'lum bo'lsa natijada ham o'nlik ulushni qoldirmasdan yaxlitlab olish kerak.

Ikkita taqribiy sonni ayirishda ham mazkur qoidaga rioya qilinadi. Masalan

$$18,1 - 7,28 = 10,82 \approx 10,8$$

$$45 - 33,8 = 11,2 \approx 11$$

4. Qiymatli raqamlari bir xil bo'lgan taqribiy sonlarni ko'paytirish va bo'lishda natijada ham o'shancha qiymatli raqamni saqlab qolish kerak. Masalan, $82,5 \cdot 2,50 = 206,25 \approx 206$ (boshlang'ich sonlarda va natijada uchtadan qiymatli raqam bor).

Agar ko'paytirilishi kerak bo'lgan sonlarda qiymatli raqamlar miqdori har xil bo'lsa, natijada eng kam qiymatli raqamliligini qoldirish kerak. Masalan, $73,5 \cdot 0,43 = 31,606 \approx 31,6$

5. Taqribiy sonlarni darajaga ko'tarishda va ildizdan chiqarishda natijadagi qiymatli raqamlar soni boshlang'ich sonlardagi qiymatli raqamlar bilan bir xil bo'lishi kerak.

Masalan: $0,37^2 = 0,1369 \approx 0,14$ $\sqrt{36} = 6,0$

6. Oraliq natijalarni hisoblashdagi yaxlitlashda yuqoridagi qoidalar talabiga ko'ra qiymatli raqamlar sonini bitta oshiq saqlash zarur. Oxirgi natijani yozganda, bunday qo'shimcha qiymatli raqam tushirib qoldiriladi.

7. O'lchash natijalarini hisoblashda taqribiy sonlarni yaxlitlab olish, uning qiymatli raqamlarni kamaytirishda quyidagilarga amal qilinadi:

a) tushirib qoldiriladigan eng keyingi raqam 5 dan kichik bo'lsa, yaxlitlashda undan oldingi qiymatli raqam o'zgartirilmay saqlanadi:

$$72,83 \approx 72,8; \quad 35,43 \approx 35,4; \quad 63,2 \approx 63; \quad 17,4 \approx 17;$$

b) tushirib qoldiriladigan raqam 5 ga teng yoki undan katta bo'lsa, yaxlitlashda bu raqamdan oldingi raqam 1 ga oshiriladi:

$$37,287 \approx 37,29 \qquad 273,7 \approx 274$$

v) tushirib qoldiriladigan 5 raqamidan keyin boshqa raqam bo'lmasa yoki nol bo'lsa, aniqlanadigan oxirgi raqam juft sonlardan iborat bo'lganda, o'zgarishsiz qoladi, toq bo'lganda esa 1 ga oshiriladi.

$$45,685 \approx 45,68 \qquad 92,575 \approx 92,58$$

O'lchash natijalarini yozish tartibi

O'lchashlarning oxirgi natijasini yozishda quyidagilarga rioya qilish zarur.

1. Absolyut xatolikni yozishda bitta qiymatli raqam bilan cheklanish mumkin.

To'g'ri yozish

$$t = (52,4 \pm 0,2) \text{ s}$$

Noto'g'ri yozish

$$t = (52,4 \pm 0,228) \text{ s}$$

2. Absolyut xatolikda birinchi qiymatli raqam 1 dan iborat bo'lsa, undan keyingi raqam ham saqlanadi.

To'g'ri yozish

$$\ell = (32,65 \pm 0,14) \text{ mm}$$

Noto'g'ri yozish

$$\ell = (32,65 \pm 0,1) \text{ mm}$$

3. O'lchangan kattalikni yozishda natijaning oxirgi raqami va absolyut xatolik oxirgi raqamining o'nlik xonalari tartibi bir xil bo'lishi shart.

To'g'ri yozish

$$t = (206,0 \pm 0,6) \text{ s}$$

$$\alpha = (9,3 \pm 0,3) \text{ m/s}^2$$

Noto'g'ri yozish

$$t = (206 \pm 0,6) \text{ s}$$

$$\alpha = (9,286 \pm 0,3) \text{ m/s}^2$$

4. Agar o'lchashlar natijasida 10^N shaklidagi ko'paytma bor bo'lsa, u holda daraja ko'rsatkichi N o'lchashlar natijasida va absolyut xatolikda bir xil bo'lishi kerak.

To'g'ri yozish

$$R = (5,34 \pm 0,03) \cdot 10^6 \text{ Om}$$

Noto'g'ri yozish

$$R = 5,34 \cdot 10^6 \text{ Om} \pm 3 \cdot 10^4 \text{ Om}$$

5. Laboratoriya ishidagi o'lchanayotgan kattalik va uning absolyut xatoligi bir xil o'lchov birlikda ifodalanishi shart:

To'g'ri yozish

$$g = (9,82 \pm 0,02) \text{ m/s}^2$$

Noto'g'ri yozish

$$g = 9,82 \text{ m/s}^2 \pm 2 \text{ sm/s}^2$$

6. O'lchash natijalarini yozishda xatoliklar va ishonch ehtimolligi (ishonchlilik) ham ko'rsatiladi:

To'g'ri yozish

$$\rho = (7,8 \pm 0,3) \text{ g/sm}^3 ; \quad \rho = 0,95$$

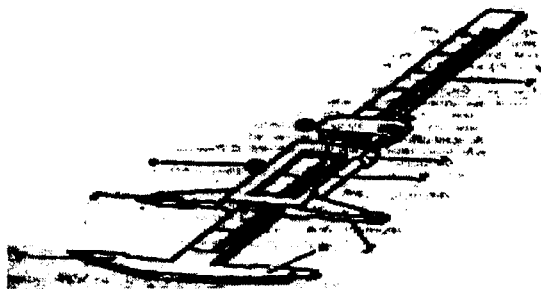
Noto'g'ri yozish

$$\rho = 7,8 \text{ g/sm}^3$$

1. **Shtangensirkul.** Jismning chiziqli o'lchamlarini 0,1 mm dan 0,0008 in gacha aniqlikda o'lchash uchun ishlatiladigan asbob shtangensirkul deyiladi. Shtangensirkul yordamida qattiq jismning uzunligi, ichki diametri va chuqurliklarini o'lchash mumkin. *Shtangensirkul* millimetrlarga taqsimlangan qo'zg'almas chizg'ich (shtanga) 1, qo'zg'aluvchan ramka 2 ga o'rnatilgan nonius 3 hamda mahkamlovchi vint 4 lardan tashkil topgan. Masshtabli chizg'ich va qo'zg'aluvchan ramkaning 5 va 6 tishlari bor bo'lib, ularning ichki sirti tekis qilib ishlangan (3-rasm).

Jismlarning chiziqli o'lchamlarini o'lchash uchun masshtabli chizg'ich va nonius ishlatiladi. *Nonius* deb, asbobning asosiy shkalasiga qo'shimcha bo'lgan chiziqli (yoki doiraviy) masshtab yordami bilan asosiy shkalaning o'lchash aniqligini 10-20 marta orttirish imkonini beradigan moslamaga aytiladi.

O'nlik ionius eng oddiy bo'lib, u uzunlikni asosiy shkala bo'limining 0,1 ulushigacha aniqlik bilan o'lchash imkonini beradi. Bunday nonius 10 ta o'zaro teng bo'limlarga taqsimlangan qo'shimcha chizg'ichdan iborat. Shtangensirkulning 5 va 6 tishlari bir-biriga tegib turganida nonius bo'yicha hisob nolga teng bo'ladi.



3-rasm. Shtangensirkul tuzilishi:

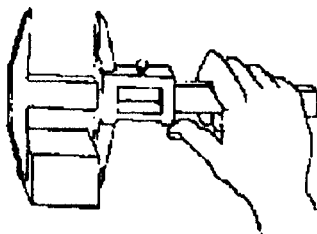
1-qo'zg'almas chizg'ich; 2-qo'zg'aluvchan ramka; 3-nonius; 4-mahkamlovchi vint; 5-va 6-chizg'ich va qo'zg'aluvchan ramka tishlari.

Shtangensirkulning tishlarini bir-biriga tekkizganimizda, asosiy masshtab shkalasining nolinchi chizig'i, noniusning nolinchi chizig'i bilan ustma-ust tushadi, bu holda noniusning oxirgi chizig'i esa asosiy shkalaning 9-chizig'i bilan ustma-ust tushadi. Biror jism uzunligini yoki enini o'lchash uchun bu jismni 5 va 6 tishlar orasiga joylashtirib, tishlarni jismga tekkuncha suriladi (4-rasm).

Qo'zg'almas shkala bo'ylab harakatlana oladigan noniusda umumiy uzunligi 9 mm ga teng 10 ta bo'lim (chiziq) chizilgan. Bundan noniusning 1 ta bo'limi uzunligi 9 mm: 10= 0,9 mm ga tengligi kelib

chiqadi. Agar noniusning 1 ta bo'limi uzunligi x , asosiy masshtabning 1 ta bo'limi uzunligi $y=1$ mm bo'lsa, u holda $10x=9$ mm deb yoza olamiz.

Shunday qilib noniusning har qaysi bo'limining uzunligi $0,9$ mm ga teng. Bundan asosiy masshtab shkalasining 1 ta bo'limi uzunligi noniusnikidan $0,1$ mm ga, asosiy shkalaning ikkita bo'limi esa noniusning ikkita bo'limi uzunligidan $0,2$ mm ga kattaligi kelib chiqadi.



4 -rasm. Shtangensirkul bilan jism enini o'lchash

Nonius bilan o'lchash aniqligi, ya'ni uning yordami bilan o'lchanadigan eng kichik uzunlik $\Delta x=y-x$ ga teng. Olingan $x=0,9$ mm, uq1 mm da noniusning o'lchash aniqligi $\Delta x=0,1$ mm ga teng bo'lib qoladi.

Shunday qilib, noniusning n ta chizig'ining umumiy uzunligi asosiy masshtabning $(n-1)$ ta bo'limining umumiy uzunligiga teng bo'ladi.

$$n x = (n - 1) y$$

(28)

(28) tenglikdan x ni topsak:
$$x = y - \frac{y}{n}$$

Noniusning aniqligi esa
$$\Delta x = y - x = \frac{y}{n} \quad (29) \text{ ga teng.}$$

Demak, noniusning 1 ta bo'limining uzunligi, asosiy masshtab eng kichik bo'limidan, uning $\frac{1}{n}$ ulushi qadar kichik bo'ladi.

Endi noniusli asbob yordamida L tayoqchanning uzunligini o'lchaylik. Bunda eng avval tayoqchanning bir uchini 5 qo'zg'almas tishga tekkizib joylashtiramiz, uning ikkinchi uchiga qo'zg'aluvchan tish 6 ni tekkizganimizda noniusning nolinch chizig'i asosiy shkalaning k va $(k + 1)$ chiziqlari orasida joylashganda noniusning qandaydir n^1 nomerli chizig'i asosiy shkalaning $k + n^1$ nomerli chizig'i bilan ustma-ust tushsin. (o'nlik noniusda nq10 ekanligini eslang). Bu holda tayoqchanning umumiy uzunligi ushbuga teng bo'ladi:

$$L = ky + n^1 \cdot \frac{y}{n} \quad (30)$$

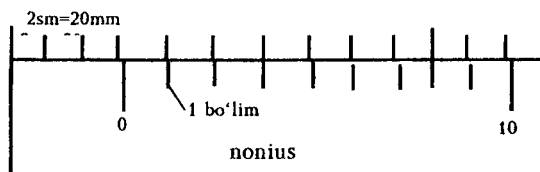
Shunday qilib, noniusdan foydalanib o'lchashda tayoqcha (yoki ixtiyoriy jism) uzunligi, masshtabli chizg'ichning eng kichik bo'limlari soni « k » ga mos uzunlik « ky » bilan noniusning masshtabli chizg'ich bo'limlarining birortasi bilan ustma-ust tushgan chiziq nomeri n^1 ni,

nonius aniqligi $\Delta x = \frac{y}{n}$ ga ko'paytirish natijasidan olingan mos uzunlik $n \cdot \Delta x$ ning yig'indisiga teng.

Endi o'nlik shtangensirkul bilan o'lchashlarga bir necha misollar keltiramiz.

1. Jismning uzunligini o'lchashda noniusning nolinch chizig'i asosiy shkaladagi 16 mm ro'parasida to'xtagan bo'lsin, bunda jismning o'lchami bevosita 16,0 mm = 1,60 sm ga teng bo'ladi.

2. O'lchash jarayoni-da noniusning nolinch chizig'i 23 mm dan o'tgan, ammo 24 mm ga etmagan bo'lsin (5-rasm) Demak, jismning o'lchami 23 mm dan mm ning qandaydir o'nlik ulushi ΔL cha ortiq bo'ladi. 5-rasmdan ko'rinadiki, noniusning nolinch chizig'i 23 mm dan o'tgan, ammo 24 mm ga etmaydi. Bundan tashqari noniusning ikkinchi chizig'i, asosiy shkaladagi 5-chiziq bilan mos tushgan.



5-rasm. Shtangen-sirkul bilan o'lchashga misol.

Demak, o'lchanayotgan jism uzunligi (yuqoridagi qoidaga asosan): $23 \cdot 1 \text{ mm} + 0,1 \text{ mm} \cdot 2 = 23,2 \text{ mm} = 2,32 \text{ sm}$ ga teng.

3. Noniusning nolinch chizig'i asosiy shkalaning 50 va 51 mm ga teng bo'limlari orasida hamda noniusning 7-chizig'i asosiy shkalaning biror bo'limi bilan mos tushsin. Bu holda jism uzunligi $50 \cdot 1 \text{ mm} + 0,1 \text{ mm} \cdot 7 = 50,7 \text{ mm} = 5,07 \text{ sm}$ ga teng.

Shunday qilib, bu misollardan ko'ramizki, jismning uzunligini topish uchun noniusning nolinch chizig'i ko'rsatgan butun millimetrlarga asosiy shkalaning biror bo'limi bilan ustma-ust tushgan nonius chizig'i nomerini, nonius aniqligiga ko'paytirishdan chiqqan natijaga qo'shish kerak. Amalda uzunligi 19 mm ga teng 20 ta bo'lim chizilgan noniuslar ham keng tarqalgan. Bunday noniusning aniqligi $\frac{1 \text{ mm}}{20} = 0,05 \text{ mm}$ ga teng. Bu holda ham natija yuqoridagi misollarga o'xshab topiladi. Bunday noniusda ham asosiy shkalaning eng kichik chizig'i 1 mm ga teng bo'ladi. Misol uchun noniusning nolinch chizig'i asosiy shkaladagi 20 mm dan o'tgan, ammo 21 mm ga etmagan bo'lsin hamda noniusning 8-chizig'i asosiy shkalaning birorta bo'limi bilan mos tushsin. U holda o'lchanayotgan uzunlik $20 \cdot 1 \text{ mm} + 0,05 \text{ mm} \cdot 8 = 20 \text{ mm} + 0,4 = 20,4 \text{ mm} = 2,04 \text{ sm}$ ga teng bo'ladi.

Demak, bu holda noniusning nolinch chizig'i ko'rsatgan butun millimetrlarga, asosiy shkalaning biror bo'limi bilan mos nonius chizig'i nomerini 0,05 mm ga ko'paytirishdan chiqqan mm ning o'nlik yoki yuzlik ulushlarini qo'shish kerak.

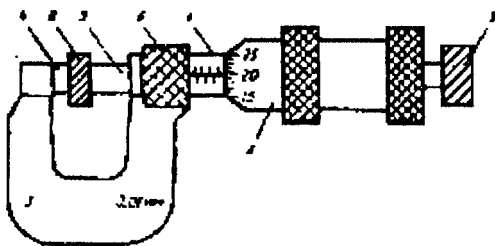
Sinov savollari

1. Shtangensirkulning tuzilishi qanday?
2. Noniusning aniqligi deb nimaga aytiladi?
3. Noniusning vazifasi nima?
4. Shtangensirkul bilan jismlarning uzunligi qanday o'lchanishini ko'rsatib bering.
5. Bunchalik aniq o'lchash qaerlarda qo'llaniladi? Misollar keltiring.
6. Biror jismni o'lchashda 20 ta bo'limli noniusning nolinch chizig'i 72 mm dan oshgan, ammo 73 mm ga ozgina etmayotgan bo'lsin, noniusning 9-chizig'i esa asosiy shkalaning biror bo'limi bilan mos tushsin. Shu jismning uzunligi qancha?

2. Mikrometr. Ingichka simlarning diametrini, yupqa plastinkalarning qalinligini, aniq mexanizmlar turli xil qismlarining chiziqli o'lchamlarini mm ning yuzdan bir ulushi aniqligida o'lchash kerak va buning uchun mikrometrdan foydalaniladi.

Mikrometr 2-3 sm dan katta bo'lmagan jismlarning chiziqli o'lchamlarini 0,01 mm aniqlik bilan o'lchash uchun ishlatiladigan asboddir.

Mikrometr ikkita-birinchisi qo'zg'almas 1 va ikkinchisi qo'zg'aluvchan 2 naylardan iborat. Qo'zg'almas naydagi yotiq chiziq-mikrometr o'qi bo'ylab, uning yuqorisiga va pastiga mm larga taqsimlangan shkala chiziqlari bir-biriga nisbatan 0,5 mm ga siljitib chizilgan (6-rasm).



6-rasm. Mikrometrning tuzilishi:

- 1-qo'zg'almas nay; 2-qo'zg'aluvchan nay; 3-skoba; 4-tayanch; 5-tayoqcha; 6-mikrometrik vint; 7-moslama; 8-o'lchanayotgan jism.

Qo'zg'almas nayning oxirida skoba 3 bor. Uning bir uchiga qo'zg'almas tayanch 4, ikkinchi uchiga esa mikrometrik vint 6 bilan biriktirilgan qo'zg'aluvchan tayoqcha 5 ga doiraviy baraban o'rnatilgan. Mikrometr bilan biror jismni o'lchashni boshlashdan oldin mikrometr ko'rsatishining to'g'riligini tekshirish lozim. Mikrometr ko'rsatishi to'g'ri bo'lsa moslama 7 ni burash bilan qo'zg'aluvchan tayoqchani

tayanchga tekkizganda barabandagi noniusning nolinch chizig'i yotiq asosiy shkalaning nolinch chizig'iga mos kelishi kerak.

Yotiq shkaladagi 1 ta bo'limning qiymati 0,5 mm bo'lgan mikrometr lar keng tarqalgan. Mikrometrik vint 1 mm ga siljishi uchun tayoqchadagi doiraviy baraban ikki marta aylanishi kerak. Demak, bunday mikrometrik vint qadami 0,5 mm ga teng. Doiraviy barabanning 50 ta bo'limli shkalasi bor. Mikrometr aniqligi

$$\frac{0,5\text{mm}}{50} = \frac{1\text{mm}}{100} = 0,01 \text{ mm ga teng.}$$

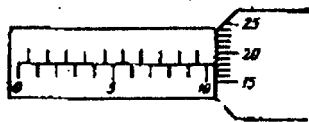
Biror jismni o'lchash uchun uni tayanch va qo'zg'aluvchan tayoqcha orasiga joylashtirib, moslamani tayoqcha jismga me'yorida tekkuncha burash kerak. Jism tayanchga va tayoqchaga me'yorida tekkanida moslama o'ziga xos ovoz chiqaradi. Shundan so'ng moslamani burash to'xtatiladi.

Mikrometr bilan doiraviy shkalaning yotiq shkaladagi qancha mm dan o'tganligini aniqlash va bunga doiraviy shkalaning yotiq o'qga mos tushgan bo'limini 0,01 mm ga ko'paytirishdan chiqqan natijani qo'shish kerak. Agar doiraviy shkala yotiq shkalaning biror chizig'idan keyingi yuqoridagi chiziqdan ham o'tgan bo'lsa, u holda natijaga yana 0,5 mm ni ham qo'shish kerak.

Mikrometr bilan o'lchashlarga misollar.

1. Jismni o'lchashda barabandagi doiraviy shkala yotiq chizilgan asosiy shkaladagi 10 mm dan o'tgan, ammo 11 mm ga etmagan bo'lsin. Yotiq shkala o'qiga doiraviy shkalaning 18 chizig'i mos tushgan deylik. U holda jismning uzunligi $10 \text{ mm} + 0,01 \text{ mm} \cdot 18 = 10,18 \text{ mm}$ ga teng bo'ladi (7-rasm).

2. Baraban shka-lasi yotiq shkaladagi 29 mm dan keyingi yuqo-ridagi chiziqdan o'tgan va yotiq shkala o'qiga baraban shkalasining 25 bo'limi mos tushsin. Demak, jismning uzun-



7-rasm. Mikrometr bilan jism qalinligini o'lchash

ligi $29 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} + 0,01 \text{ mm} \cdot 25 = 29,75 \text{ mm}$ ga teng.

Amalda mikrometrik vintining qadami 1 mm bo'lgan mikrometr lar ham uchraydi. Bunday mikrometrlardagi doiraviy baraban shkalasiga 100 ta bo'lim chizilgan. Bu tipdagi mikrometr lar bilan o'lchash ham yuqoridagiga o'xshash bajariladi.

Sinov savollari

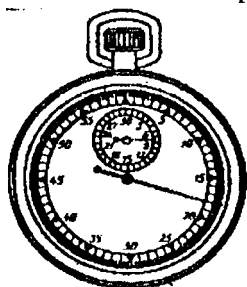
1. Mikrometr qanday maqsadda ishlatiladi?
2. Mikrometrning asosiy qismlarini bayon qiling
3. Mikrometr bilan o'lchash tartibini izohlang.

4. Mikrometrning shtangensirkuldan farqi nimada?

5. O'lchash xatoligini kamaytirish uchun mikrometr va shtangensirkul-ning qaysi biridan foydalanish kerak?

3. Sekundomer. Mexanika va molekulyar fizika bo'limlarida ba'zi laboratoriya ishlarini bajarish uchun juda qisqa vaqt oraliqlarini o'lchash zaruriyati paydo bo'ladi.

SM-60 tipdagi sekundomer qisqa vaqt oralig'ini o'lchashga mo'ljallangan bo'lib, uning ikkita: kattasi minutlarni, kichkinaci sekundlarni ko'rsatadigan strelkalari bor. Sekundomer ko'rsatadigan eng kichik bo'limining qiymati 0,2 s ga teng. Shuning uchun bu tipdagi sekundomer bilan vaqt oralig'ini 0,2 s dan ortiq aniq o'lchab bo'lmaydi.



Sekundlarni ko'rsatadigan strelka har 0,2 sekunda sakrab siljiydi. Sekund (katta) strelkasining bir marta aylanib chiqishida 1 minut vaqt o'tadi. Bu vaqtda minut (kichik) strelkasi shkalada 1 ta bo'limga siljiydi. (8-rasm).

O'lchash aniqligini oshirish uchun sekundomer bilan etarlicha katta vaqt oralig'ini o'lchash zarur.

8-rasm. Sekundomer

Masalan, matematik mayatnikning tebranish davrini o'lchashda 50-100 marta to'la tebranish davrlarini sanab, so'ngra ularning o'rtacha arifmetik qiymatini topsak, natija ancha aniqlik bilan topilgan bo'ladi. Sekundomer bilan o'lchashning nisbiy xatoligi o'lchanayotgan vaqt oralig'ining qiymatiga bog'liq. Masalan, o'lchanayotgan bu vaqt oralig'i 2 s ga teng bo'lsa, uning nisbiy xatoligi $E_r = \frac{\Delta \tau}{\tau} \cdot 100\% = \frac{0,2c}{2c} \cdot 100\% = 10\%$ ga teng bo'ladi.

Agar shu sekundomer bilan 2 minut vaqt oralig'ini o'lchasak, uning nisbiy xatoligi 0,2 % dan oshmaydi. Odatda sekundomer bilan 3-5 minutdan ortiq vaqtni o'lchash tavsiya etilmaydi.

Sekundomyerdan foydalanish qoidalari quyidagicha:

1. Sekundomer tepasidagi burash kallagini bosib sekundli va minutli strelkalar yurgiziladi. Agar kallak yana bosilsa (ya'ni kallakni ikkinchi marta bosishda) ikkala strelka ham to'xtaydi. Bu vaqtda strelkalar ko'rsatishi yozib olinadi. So'ngra kallakni uchinchi marta bosilganda to'xtatilgan har ikkala strelkalar o'z shkalalarining nolinchi bo'limiga qaytib keladi.

2. Sekundomer kallagi burab yurgiziladi. Sekundomer prujinasining uzilib ketmasligi uchun oxirgi ikki-uch burashni ehtiyotlik bilan bajarish kerak.

3. Sekundomerni ishlatish oldidagina yurgizish kerak. Foydalanilgandan keyin darrov to'xtatib qo'ymasdan, balki prujinani bo'shatib, tamomila boshlang'ich holatiga qaytishiga imkon berish kerak. Sekundomer juda nozik asbob bo'lgani uchun undan ehtiyotlik bilan foydalanish zarur. Uni zarbdan, kuchli silkitishlardan, ichiga suv kirib qolishidan saqlash lozim.

Amalda sekundlar shkalasidagi 1 ta bo'limining qiymati 0,1 s ga teng sekundomerlar ham mavjud. Bunday sekundomerlarda asbob korpusidagi maxsus kallakni bosish bilan sekund strelkasi boshlang'ich holatga qaytariladi. Bunday sekundomerlarda ham kallakni birinchi marta bosish bilan ikkala strelka yurgiziladi, ikkinchisida esa to'xtatiladi. Agar strelkalarni boshlang'ich holatiga qaytarish kallagini bosmasdan kallakni uchinchi marta bosilsa, strelkalar avval to'xtab turgan shkala bo'limlaridan boshlab harakatga tushadi.

Sinov savollari

1. Sekundomer bilan o'lchash aniqligini qanday qilib oshirish mumkin?
2. Sekundomyerdan foydalanish qoidalarini izohlang.
3. Nima uchun sekundomer bilan matematik mayatnikning 1 marta to'la tebranishi uchun ketgan vaqtni o'lchashdan ko'ra ancha ko'p tebranishlarga ketgan vaqtni o'lchab, so'ngra tebranish davrining o'rtacha arifmetik qiymatini aniqlash to'g'riroq bo'ladi?

1-ish. ANALITIK TAROZIDA TORTISH

Kerakli asbob va materiallar: 1) analitik tarozi; 2) tarozi toshlari; 3) tortiladigan jism.

Nazariy ma'lumotlar. Yerning tortishi sababli jismning tayanchga (yoki osmaga) ta'sir kuchi *jismning og'irligi* deyiladi. Jismni Yerga tortadigan kuch og'irlik kuchi deb yuritiladi. Og'irlik kuchi jismning o'ziga ta'sir qilsa, jismning og'irligi esa tayanchga (yoki osmaga) ta'sir qiladi. Bundan tashqari jismga ta'sir qiladigan og'irlik kuchi shu jism massasiga to'g'ri mutanosibdir.

Bundan jismning massasi o'zgarishi (oshishi yoki kamayishi) bilan og'irlik kuchi ham o'zgaradi deya olamiz. Agar jismlarning massalari o'zaro teng bo'lsa, shu jismlarga ta'sir qiluvchi og'irlik kuchlari ham o'zaro teng bo'ladi.

Agar tayanch yotiq joylashgan va Yerga nisbatan qo'zg'almas bo'lsa, jismga ta'sir qiladigan og'irlik kuchi va jismning og'irligi bir-biriga teng bo'ladi. Bu holda Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan jismning og'irligi R , shu jismga ta'sir qilayotgan og'irlik kuchi mg ga son jihatdan teng. Ya'ni:

$$P = mg \quad (31)$$

Bu yerda: P -jism og'irligi; m -jism massasi; g -Yer sirtining berilgan nuqtasidagi og'irlik kuchi tezlanishi (yoki erkin tushish tezlanishi).

Jismlarni tortishning amaliy usullari jismga ta'sir qiladigan kuch va massaning o'zaro munosabati to'g'risidagi Nyutonning ikkinchi qonuniga asoslanadi. Yuqoridagi (31) formuladan foydalanib ta'sir qiluvchi kuchlarga nisbatan $F_1 = m_1 g$; $F_2 = m_2 g$; larni yoza olamiz. Agar F_1 ni F_2 ga nisbatini olsak

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1}{m_2} \quad (32)$$

hosil bo'ladi.

Shunday qilib, massalarni o'lchashni kuchlarni o'lchashga keltirishimiz mumkin. (32) formulaga asosan turli jismlarning massalarini o'lchash va solishtirish uchun ularga ta'sir qiladigan kuchlarni o'lchash kerak, kuchlarni o'lchash prujinali tarozilar (bezmen, dinamometr) yordamida bajariladi. Bunday o'lchashlar turli jismlarga bir xil tezlanish bera oladigan kuch mavjud bo'lsagina mumkin. O'rta maktab fizika kursidan ma'lumki, bunday kuch sifatida og'irlik kuchi

olinadi. Chunki, bu kuchning ta'sirida Er sirtining berilgan nuqtasida tik pastga tushayotgan barcha jismlar bir xil tezlanish oladi (havo qarshiligini e'tiborga olmaganda).

Erkin tushish tezlanishining o'rtacha qiymati sifatida $g=9,81 \frac{m}{s^2}$ qabul qilingan (dengiz sathida, 45^o geografik kenglikda).

Massalari m_1 va m_2 ga teng jismlarning og'irliklari $P_1=m_1g$ va $P_2=m_2g$ bo'lganidan quyidagini yoza olamiz:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{m_1}{m_2} \quad (33)$$

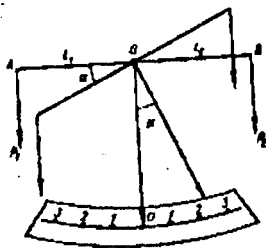
Bundan jismlar massalarining nisbati, og'irliklarining nisbati kabi bo'ladi, degan xulosa chiqadi. Jismlarni tortishning amaldagi usullari xuddi shu xulosaga asoslangan.

M.V.Lomonsov massaning saqlanish qonunini tajribaviy usulda moddalarning massalarini kimyoviy reaksiyadan oldin va keyin aniq tortish usuli bilan isbotlagan. D.I.Mendeleev esa barcha miqdoriy tajribalarning boshlanishi va oxiri aniq tortishdan iborat deb ko'rsatgan. Jismlarni tortish prujinali yoki shayinli tarozilarda bajariladi.

Biz har doim tayinli biror jism massasining o'zgarishini, og'irligining esa prujinali tarozida tortilganda olingan natija joyning geografik kengligiga bog'liq ravishda o'zgarishini yodda tutishimiz kerak. Shayinli tarozi yordamida tortishda tarozining bir pallasiga qo'yilgan jismning massasi, ikkinchi pallasiga qo'yilgan (massalari ma'lum bo'lgan) qadoq toshlarning umumiy massasi bilan solishtiriladi.

Usulning nazariyasi va asbobning tavsifi. Kimyoviy analizda, tuproqshunoslikda va dorishunoslikda moddalarning juda ozgina massalarini ham aniqlik bilan o'lchash kerak. Shu maqsadda agrokimyo, tuproqshunoslik, anorganik kimyo, organik kimyo va boshqa o'quv hamda ilmiy-tadqiqot laboratoriyalarida reyterli va ADV-200 yoki boshqa tipdagi dempferli analitik tarozilar ishlatiladi. Hozirgi vaqtda sanoatda reyterli tarozilar ishlab chiqarilmaydi, ammo o'quv laboratoriyalarda borlaridan hanuzgacha foydalanish davom etmoqda. Shuning uchun biz dastavval reyterli analitik tarozining tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishaylik.

Analitik tarozi jism massasini 0,2-0,01 mg aniqlikda tortish uchun ishlatiladi. Bunday tarozida shayinning o'rtasidagi tayanch nuqtasiga nisbatan ikkita elkasi o'zaro teng richaglardan foydalaniladi. Tarozi shayini o'rtadagi 0 nuqta atrofida bemalol burila oladi. Shayinning A va V nuqtalariga tortiladigan jism va qadoq toshlar uchun pallalar osilgan (9-rasm).



9-rasm. Tarozi shayinini
tebranish sxemasi

Agar tarozining chap A pallasiga massasi m_1 jismni, o'ng B pallasiga esa massasi m_2 ga teng etalon tarozi toshlarini qo'yish bilan tarozi strelkasi tebranishlardan to'xtatishiga erishilsa richaglar muvozanatda bo'ladi, ya'ni:

$$P_1 \ell_1 = P_2 \ell_2$$

bu yerda: P_1 va P_2 -jismning va o'lchov toshlarining og'irliklari. Tarozi elkalari $\ell_1 = \ell_2$ ga tengligidan muvozanat

holatida $P_1 = P_2$ bo'ladi yoki $P_1 = m_1 g$; $P_2 = m_2 g$ ni eslasak $m_1 = m_2$ yozish mumkin.

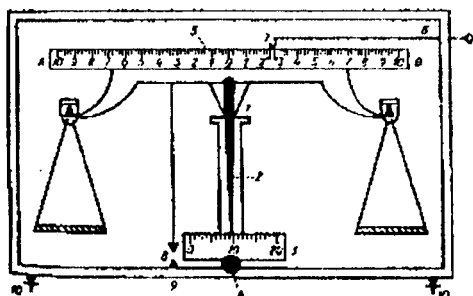
Shunday qilib, jismlar analitik tarozida tortilganda, jism massasining Yerga tortilish kuchini etalon massaning Yerga tortilish kuchi bilan solishtiriladi.

Tarozi tayanch ustunining ustiga joylashtirilgan AV shayin tarozining richagi bo'lib xizmat qiladi, uning o'rtasiga qirrasi bilan pastga qaratilgan po'lat prizma 1 (toblangan po'latdan) mahkamlangan (10-rasm).

Shayin prizmasining qirrasi ustunning ustiga o'rnatilgan aqiqdan qilingan silliq plastinkaga tayanadi. Pallalarda yuk bo'lmagan vaqtda shayin yotiq yoki deyarli yotiq vaziyatda turishi kerak. Shayinning vaziyati chetki prizmalarni birlashtiruvchi chiziqqa tik ravishda shayinning o'rtasiga uchini pastga qaratib o'rnatilgan strelka 2 vaziyati bilan belgilanadi.

Shayin yotiq holatda turganda, strelka shkala 3 ning o'rtasidagi chizig'i ro'parasida turishi kerak. Tarozi ishlatilmaganda arretirlab qo'yiladi, ya'ni tarozining pallalari va shayinni biroz ko'tarib ularning prizmalarini bo'shatib, tayanch yuziga bosilib behuda eyilishdan saqlanadi. Arretirlash yoki shayinni tushirish uchun tarozining pastki qismidagi kallak 4 ni burash lozim.

Tarozining ichiga chang, shamol kirmasligi va yorug'lik ko'proq tushishi uchun u oynavon shkafcha ichiga joylashtiriladi. Kerak bo'lganda tarozining yon tomonidagi oynalarini ochish mumkin. Har bir analitik taroziga toshlar qutichasi berilib, unda 100, 50, 20, 20, 10, 5, 2, 2, 1 g bo'lgan toshlar bor. Massalari 1 g dan kichik bo'lgan toshlar plastinka shaklida alyuminiydan yasalgan. Ularning massalari 500, 200, 200, 100, 50, 20, 20 va 10 mg ga teng.

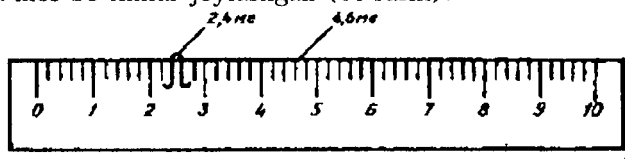


10-rasm. Analitik tarozining tuzilishi:

1-prizma, 2-strelka, 3-shkala, 4-kallak, 5-shayin chizig'i, 6-ilkakli tayoqcha, 7-reyter, 8 va 9-uchliklar, 10-vint.

Eng kichik tosh 0,01 g, ya'ni 10 mg lik plastinkadan iborat, 10 mg dan 1 mg gacha bo'lgan yuklarni tortish uchun og'irligi 10 mg bo'lgan ustki tomoni sirtmoqli sim-reyter 7 ishlatiladi. Shayinning har qaysi elkasi 10 tadan o'zaro teng bo'limlarga taqsimlangan.

Reyterni shayin chizig'i 5 ga pinset (maxsus tutgich) yoki tarozining ustidagi ilgagi bor tayoqcha bilan joylashtiriladi. Shayinning «10» bo'limiga qo'yilgan reyter tarozi pallasini 10 mg kuch bilan bosadi, ya'ni reyterni shayinning oxirgi bo'limiga joylashtirilganda, tarozi shayinga xuddi pallaga 10 mg yuk qo'yilganday ta'sir qiladi. Agar reyter «5» bo'limga joylashtirilsa, u 5 mg lik tarozi toshining o'rnini bosadi. Shayin elkasidagi butun bo'limlar orasida, milligrammlarning o'ndan bir ulushlariga mos bo'limlar joylashgan (11-rasm).



11-rasm. Shayin elkasining o'ng tomoni.
Tarozi o'rnatish

Tarozi ustuni tik holatda o'rnatilgan bo'lishi kerak. Bu holda shoqulning uchi 8, tarozi tagligiga o'rnatilgan boshqa uchlik 9 ro'parasida turadi. Agar ustunning tikligi buzilgan bo'lsa, vintlar 10 ning birini yoki ikkalasini burash bilan tarozining oldi qismini biroz ko'tarish yoki pasaytirish kerak, toki shoqul tarozining to'g'ri turganligini ko'rsatsin.

Tebranishlarning ta'sirini yo'qotish uchun tarozini yotiq massiv taxtaga yoki uyning devoriga kronshteyn bilan mahkamlangan taxtaga o'rnatiladi.

Tarozi to'g'ri o'rnatilganida shayini yotiq holatda bo'ladi, strelkasi 2 tebranishdan to'xtaganda shkala 3 ning o'rtasida turadi. Shayinning yotqligini tekshirish quyidagi tartibda bajariladi:

a) tarozi arretirlanadi;

b) shayinning o'ng va chap tomonlaridagi prizmalarga pallalarning to'g'ri osilganligi tekshiriladi;

v) kallak 4 yordamida shayin juda ehtiyotlik bilan ohista ravishda bo'shatiladi va strelkaning vaziyati uning tebranishlari so'nganidan keyingina belgilanadi. Agar strelka shkalaning o'rtasida yoki undan 1 ta bo'lim chetroqda to'xtasa, tarozi yaxshi o'rnatilgan hisoblanadi va uni ishlatish mumkin. Agar shayinning strelkasi shkalaning o'rtasiga to'g'ri kelmay qolsa, ya'ni strelka shkalaning o'rtasidagi chiziqdan 2-3 bo'limdan ko'proq og'ib ketsa, u holda shayinning ikki uchidagi kichkina yuk (gayka) larning birini yoki ikkalasini u yoq bu yoqqa burash bilan strelkaning yuqorida aytilgan chegaradan ko'proq og'masligiga erishiladi.

Tortish qoidalari. Analitik tarozi bilan tortishda quyidagi qoidalar qat'iy rioya qilish kerak:

1. Tarozi eshiklarini ochish, tarozi pallasiga yukni qo'yish yoki olish, reyterni shayinga mindirib o'rnatish yoki bir bo'limdan boshqa bo'limga siljitish har doim arretirlangan tarozidagina bajarishga ruxsat etiladi; agar tarozi arretirlanmagan bo'lsa, hattoki uning eshiklarini ochish ham mumkin emas.

2. Har qaysi tarozi biror eng katta yuk tortishga mo'ljallangan bo'ladi, uni tarozining o'zida yoki pasportida ko'rsatiladi. Bundan katta massali yukni mazkur tarozida tortish qat'iy man etiladi. Masalan, VA-200 tipidagi analitik tarozi bilan massasi 200 g gacha yukni tortish mumkin.

3. Shayinni arretirdan butunlay bo'shatmasdan biroz tushirib, strelkaning og'ishiga qarab qaysi pallaning engilligi aniqlanadi.

4. Tarozi arretirlash yoki tushirish har doim bir tekisda ohista bajarilishi kerak. Agar tarozi shayini tebranib tursa, uni strelka muvozanat vaziyatdan o'tayotgan vaqtda ehtiyotlik bilan arretirlash lozim.

5. Agar arretirlashdan tushirayotganda, pallalar chayqala boshlasa, shayinni butunlay tushirmay turib, tarozi eshigi ochiladi va qog'oz bo'lagini pallaga tekkizib to'xtatiladi va shundan keyigina shayinni butunlay tushirish mumkin.

6. Yuklar tarozi pallalarining o'rtasiga qo'yiladi, bunda ularning umumiy og'irlik markazi pallalarning o'rtasiga to'g'ri kelishi kerak.

7. Shayinning tebranishlarini kuzatishda tarozi eshiklari har doim yopiq bo'lishi kerak.

8. Tarozi toshlarini bo'ynidan, yupqa plastinka shaklidagi mg lik toshlarni esa bukilgan joyidan qisqich bilan qisib olinadi. Tarozi pallasidan olingan toshlarni tortish bajarilgandan keyin qutichadagi o'z joyiga qo'yish kerak.

9. Tarozi pallalarini yuk bilan, ayniqsa, shayinni arretirlanmagan holda ko'p vaqt qoldirib bo'lmaydi. Shuning uchun tortishni tez va ehtiyotlik bilan bajarishni o'rganish lozim.

10. Tortish tamom bo'lgandan so'ng tarozini arretirlash, yukni va tarozi toshlarni palladan olish, so'ngra tarozi eshigini yopish kerak.

11. Tortish vaqtida tarozining tagidagi taxtani siljitish, unga suyanib turish va kronshteynda turgan tarozini ko'chirish mumkin emas.

12. Tortiladigan jismni pallaga qo'yishdan oldin, albatta, uning tozaligini tekshirish kerak. Biror qismning massasini analitik tarozida tortish quyidagi tartibda olib boriladi:

1. Yuksiz tarozining nol nuqtasi aniqlanadi.
2. Taroziining sezgirligi aniqlanadi.
3. Jism tarozida tortib ko'riladi.
4. Jism og'irligining havoda kamayishini hisobga olish uchun tegishli tuzatmalar kiritiladi.

Taroziining nol nuqtasini aniqlash

Taroziida jismni tortishni boshlashdan avval yuk qo'yilmagan tarozining muvozanat vaziyati, ya'ni nol nuqtasi aniqlanadi.

Taroziining nol nuqtasi deb, ishqalanish bo'lmaganida arretirdan bo'shatilgan yuksiz tarozi strelkasining tebranishlaridan to'xtaydigan shkala bo'limiga aytiladi. Taroziining nol nuqtasini topish uchun dastlab tarozi arretirlanadi, so'ngra kallak yordamida shayin asta-sekin tushiriladi va strelkaning tebranishlari so'nganidan so'ng to'xtagan shkala bo'limi aniqlanadi. Tortishga ishqalanish ta'sirini hisobga olmaslik uchun tarozining nol nuqtasi tebranish usulidan foydalanib ham topiladi.

Yaxshi o'rnatilgan analitik tarozilar strelkasi tortish vaqtida ancha vaqt tebranib turadi. Strelkaning to'xtashini kutishga ko'p vaqt ketkizmasdan ham strelkaning o'ngga va chapga (shkalaning o'rtasiga nisbatan) tebranishlarini chamalab tarozining nol nuqtasini aniqlash mumkin.

Bu quyidagicha amalga oshiriladi.

Yuksiz tarozining arretirlash kallagini asta-sekin burab shayin bo'shatiladi va shayinning tebranishlarida strelkaning harakati kuzatib boriladi, bunda ishqalanish tufayli tarozi shayinining tebranishlari asta-sekin to'xtaydi. Shuning uchun shayinni bo'shatgandan so'ng strelkaning 2 yoki 3 ta tebranishini o'tkazib yuborib, keyingi tebranishlardan boshlab uning o'ngga va chapga og'ishlarida to'xtagan shkala bo'limlari hisob qilinadi.

Nol nuqtaning vaziyatini kattaroq aniqlik bilan topish uchun odatda strelkaning ketma-ket beshta og'ishlari sanaladi. Masalan, $\alpha_1, \alpha_3,$

α_5 lar shkalaning eng chapdagi nuqtasiga nisbatan chap tomonga og'ishlari, α_2 va α_4 lar esa o'ng tomonga og'ishlar bo'lsin.

U holda tarozining quyidagicha topilgan nol nuqtasi, haqiqiy nol nuqtasiga eng yaqin bo'ladi:

$$n_0 = \frac{\frac{\alpha_1 + \alpha_3 + \alpha_5}{3} + \frac{\alpha_2 + \alpha_4}{2}}{2}$$

Agar shkalaning o'rtasidagi bo'limi 0 deb ko'rsatilgan bo'lsa, u vaqtda strelkaning o'ngga og'ishlarini musbat, chapga og'ishlarini esa manfiy ishora bilan olinadi.

Faraz qilaylik, tarozi strelkasining tebranishlarida $\alpha_1=7,0$, $\alpha_3=6,5$, $\alpha_5=6,0$, $\alpha_2=-6$, $\alpha_4=-5,5$ larni topgan bo'laylik. U holda tarozining nol nuqtasi quyidagicha aniqlanadi:

$$n_0 = \frac{\frac{7,0 + 6,5 + 6,0}{3} + \frac{-6 - 5,5}{2}}{2} = \frac{6,50 - 5,75}{2} = 0,375 \approx 0,4$$

Bu misolda tarozining nol nuqtasi shkalaning nolidan 0,4 bo'lim o'ngda joylashgan. Yaxshi rostlangan tarozining nol nuqtasi shkalaning noliga deyarli mos tushadi. Agar tarozining nol nuqtasi shkalaning nolidan 2-3 bo'limga siljigan bo'lsa, uni yuqorida ta'kidlaganimizdek, shayin chekkasidagi gaykalarining birini yoki ikkalasini burab shkalaning noliga yaqinlashtiriladi.

Yuk qo'yilmagan tarozining nol nuqtasi eng kamida uch marta aniqlanadi va so'ngra n_0 ning o'rtacha qiymati hisoblanadi.



12-rasm. Tarozining nol nuqtasini aniqlash.

Ba'zi analitik tarozilar shkalasining eng chetki bo'limi, masalan, 12-rasmdagidek tarozi shkalasining chap tomondagi eng chetki bo'limi 0 deb olingan, o'ng tomondagi eng chetki bo'limga esa 20 raqami ko'rsatilgan bo'lsin.

Bunda tarozining nol nuqtasi shkalaning 10-bo'limida yoki unga juda yaqin bo'lishi kerak.

Tarozining nol nuqtasini aniqlashdagi o'lchash va hisoblash natijalari 5-jadvalga yoziladi.

5-jadval.

Tarozining nol nuqtasini aniqlashdagi o'lchash va hisoblash natijalari.

Tajri- balar	Strelkaning og'ishlari					Tarozining nol nuqtasi
	chapga			o'ngga		
	α_1	α_3	α_5	α_2	α_4	
1						n_0
2						
3						
4						
O'rtacha qiymat						

Tarozining sezgirligini aniqlash

Muvozanatlashtirilgan yuksiz tarozi pallalaridan biriga 1 mg yuk qo'yilganda shayin strelkasining og'ishi bilan o'lchanadigan kattalikka tarozining sezgirligi deb aytiladi. Tarozining sezgirligini topishda reytyerdan foydalaniladi. Uchida ilgagi bor tayoqcha yordamida reyterni o'ng tomondagi tarozi elkasining 1-bo'limiga joylashtiriladi.

So'ngra yuksiz tarozining nol nuqtasini aniqlashdagi kabi bu gal ham 1 mg yuk qo'yilgandagi tarozining nol nuqtasi n'_0 topiladi, bu holda $N = n'_0 - n_0$ ayirmaning absolyut qiymati yuksiz tarozining 1 mg yuk qo'ygandagi sezgirligini ifodalaydi va o'lchash natijalari quyidagi 6-jadvalga yoziladi:

6-jadval.

Tarozining sezgirligini aniqlash

Tajribalar	Strelka og'ishlari					n ¹	n ¹ - n ₀
	chapga			o'ngga			
	α ₁	α ₃	α ₅	α ₂	α ₄		
1							
2							
3							
4							
O'rtacha qiymat							

6-jadvaldan ko'rish mumkinki, yuksiz tarozining nol nuqtasi 1 mg yuk ta'siri bilan $n'_0 - n_0$ bo'limga siljiydi.

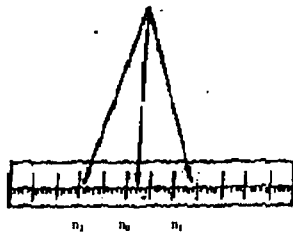
Tortish. Analitik tarozida ish boshlamasdan avval bu tarozining eng ko'pi bilan qancha yukni tortishga mo'ljallanganini bilish kerak. So'ngra tortiladigan jismni arretirlangan tarozining eshiklarini ochib chap pallaga qo'yiladi, o'ng pallaga esa og'irligi yuk og'irligiga taxminan teng bo'lgan tarozi toshlari joylashtiriladi.

So'ngra ketma-ket ravishda pallaga qo'yiladigan tarozi toshlarini o'zgartirish asosida (har gal arretirlab) shunday ikki (Q va $Q+1$) grammalar aniqlanadiki, tortiladigan jismning og'irligi shu ikki grammalar soni orasida bo'ladi. Shundan so'ng chap palladagi jismni qoldirib, o'ng pallada grammning o'nlik ulushlarini, so'ngra yuzlik ulushlarini va nihoyat milligrammlarni quyish kerak. Keyingilarni qo'yish reyter yordamida bajariladi. Reyterni shayinning shunday ikki qo'shni bo'limlariga qo'yish kerakki, unda reyterni bo'limlarning biriga qo'yilganda, tosh bilan reyterning og'irligi yukning og'irligidan kam, reyterni ikkinchi bo'limga qo'yilganida esa tosh bilan reyter og'irligi yuknikidan ko'p bo'lsin.

Agar jism og'irligi bilan toshlar va reyterning og'irligi orasidagi farq kam bo'lsa, shayin tebranishlaridan strelkaning nol nuqtadan qaysi tomonga ko'proq og'ishini belgilash qiyin. Bu holda yukli tarozining muvozanat nuqtasini topish kerak. Tarozining muvozanat nuqtasini aniqlashda ham xuddi tarozining nol nuqtasini aniqlashdagidek bajariladi.

Tarozining topilgan muvozanat nuqtasi tarozining nolidan o'ng yoki chapda bo'lishiga qarab, talabalar tarozining qaysi pallasi og'ir ekanligini bilishlari va reyterni shayin chizig'i bo'ylab shunga mos ravishda siljitishlari mumkin. Reyterning qo'yilish nuqtalari bir-biridan shayinning 1 ta to'liq bo'limiga, ya'ni 1 mg yukka farq qilganida strelkaning tegishli muvozanat nuqtalari n_1 va n_2 bo'lgan ikkita vaziyatini topgan bo'laylik. Bunda strelka n_1 holatda turganda, tarozi toshlari jism og'irligidan yengil, strelkaning n_2 holatida esa toshlar jismdan og'ir bo'ladi. Shuningdek n_1 muvozanat nuqtasi yuk qo'yilmagan tarozining nol nuqtasi n_0 dan o'ngda bo'lsa, n_2 esa n_0 ga nisbatan chapda bo'ladi (13-rasm).

Strelkaning n_1 muvozanati vaziyatida tarozi toshlarining og'irligini P mg deb olaylik.



13-rasm. Yukli tarozining muvozanat vaziyatlari

U holda tarozini nol nuqta n_0 ga keltirish uchun pallaga milligrammning biror r^1 ulushiga teng qo'shimcha tosh qo'yish kerak. Agar 1 mg yukiga n_1 - n_2 og'ish mos kelsa, u holda P mg uchun quyidagi formulani yozamiz.

$$p^1 = \frac{n_1 - n_0}{n_1 - n_2} mg \quad (34)$$

Demak, jismning havodagi og'irligi ushbuga teng bo'ladi:

$$Q = P + p^1 = P + \frac{n_1 - n_0}{n_1 - n_2} \quad (35)$$

Aniq tarozilarda jismni milligrammning o'nlik ulushlarigacha aniqlikda tortiladi. Yuqoridagi o'lchash ishlari xona ichkarisida bajariladi. Bu holda yuk og'irligi Arximed qonuniga asosan yuk siqib chiqargan havoning og'irligicha kamaygan bo'ladi. Yuk va toshlarning havoda kamaygan og'irliklarini e'tiborga olsak, yukning haqiqiy og'irligi P_x ni quyidagi formula bo'yicha topamiz:

$$P_x = p^1 + p^1 \cdot 0,0012 \left(\frac{1}{D} - 0,12 \right) \quad (36)$$

bu yerda: p^1 -jismning tortib topilgan havodagi og'irligi;
D-tortilayotgan jismning zichligi 1 sm^3 ining og'irligi (son qiymat jihatdan zichlikka teng).

O'lchash va hisoblash natijalari 7-jadvalga yoziladi.

7-jadval.

Analitik tarozida o'lchash va hisoblash natijalari

Tajri- balar	Tosh og'ir- ligi, P	Strelka og'ishlari					n ₁	n ₂	p ^j	P _x
		o'ngga			chapga					
		α ₁	α ₃	α ₅	α ₂	α ₄				
		α ₁	α ₃	α ₅	α ₂	α ₄				
1										
2										
3										
4										
5										
O'rtacha qiymat										

Sinov savollari

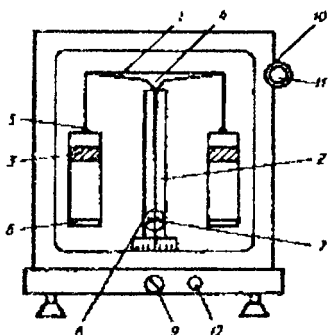
1. Jismning massasi deb nimaga aytiladi?
2. Jismning og'irligi deb nimaga aytiladi?
3. Jismning massasi va og'irligi SI sistemasida qanday birliklarda o'lchanadi?
4. Jismlarni tarozida tortishning amaliy usullarini izohlang.
5. Analitik tarozining tuzilishini ta'riflang.
6. Reyter nima va u qanday maqsadda ishlatiladi?
7. Tarozining nol nuqtasi deb nimaga aytiladi va uni qanday aniqlanadi?
8. Tarozining sezgirligi qanday aniqlanadi?
9. Yukli tarozining muvozanat nuqtalari qanday aniqlanadi?
10. Jismning haqiqiy og'irligi qanday aniqlanadi?
11. Tarozining qanday turlarini bilasiz, ularning farqi nimada?
12. Juda katta miqdordagi yuklar qanday tarozilarda o'lchanadi? Bunday katta tarozilar fizikaning qaysi qonuniga asosan ishlaydi?

2-ish. DEMPFERLI ANALITIK TAROZIDA TORTISH

Kerakli asbob va materiallar: 1) VLA-200 tipdagi dempferli analitik tarozi; 2) tarozi toshlari; 3) tortiladigan jism.

O'lchash usulining nazariyasi va asbobning tuzilishi. Analda ADV-200 (yoki VLA-200) tipdagi dempferli analitik tarozilar ko'p tarqalgan. Tarozining tipidagi ADV qisqartma so'zlar dempferli analitik tarozi (yoki rus tilida analiticheskie dempferno'e veso'), VLA esa laboratoriya analitik tarozisi (veso' laboratorno'e analiticheskie) degan ma'noni bildiradi. Bu tarozilar yordamida eng ko'pi bilan 200 g gacha bo'lgan yukni tortish mumkin. Ularning tuzilishi va ishlash prinsipi bir-biriga o'xshaydi. Shuning uchun biz VLA-200 tipdagi tarozi haqida to'xtalib o'tamiz. Bu tipdagi tarozilarning afzalligi shundaki, ular yordamida jismni tortishga sarflanadigan vaqt reyterli taroziga qaraganda ancha qisqa bo'ladi.

Tarozining asosiy qismi shayin 1 dan iborat bo'lib, uning o'rtasidagi juda qattiq modda (toblangan po'lat)dan qilingan prizma 4 pastga qaratilgan qirrasi bilan ustun bog'liq, chunki prizmalar va tayanch plastinkalar orasida sodir bo'ladigan ishqalanish o'lchash natijasiga ta'sir qiladi. Prizma va plastinkani tez eyilib ketishdan saqlash maqsadida tarozi ishlatilmayotganida har doim arretirlab qo'yilishi lozim.



14-rasm. Dempferli analitik tarozi:
1-shayin; 2-ustun; 3-dempfer; 4-prizma;
5-ziraklar; 6-palla; 7-strelka; 8-ekran;
9-kallak; 10 va 11 limbalar; 12-vint.

10 mg gacha hisob qilishga mo'ljallangan mikroshkala o'rnatilgan. Bu mikroshkalaning o'ng tomonidagi katta bo'limlariga «musbat» ishorali 1 dan 10 gacha sonlar, chap tomondagisiga esa «manfiy» ishorali 1 dan 10 gacha sonlar qo'yilgan va har qaysi katta bo'lim butun milligrammlarga mos keladi. Bu katta bo'limlar o'z navbatida 10 tadan kichik bo'limlarga taqsimlangan bo'lib, ular yordamida 0,1 mg gacha aniqlik bilan hisob qilish mumkin (15-rasm).



15-rasm. Mikroshkala.

Kuzatish qulay bo'lishi uchun mikroshkalani optik qurilma yordamida tarozi ustuni oldidagi ekran 8 ga tasviri tushiriladi. Tarozi kallakni burash bilan arretirlash yoki ishlash holatiga keltirish mumkin.

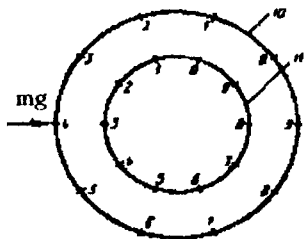
Tajribani boshlashdan oldin tarozini muvozanatlashtirish, ya'ni mikroshkala nolinchi bo'limini ekrandagi qo'zg'almas vizir chiziq bilan mos tushishiga erishish kerak. Bunga vintni sekinlik bilan burab, ekranni siljitish orqali erishiladi. Tajribalarni o'tkazishda mazkur tipdagi analitik tarozilar eng ko'pi bilan 200 mg gacha yukni tortishga mo'ljallanganligini esda tutishimiz lozim. Tortish ishlariga kirishilganda tortiladigan jism tarozining chap pallasiga, tarozi toshlarini esa qisqich bilan o'ng pallasiga joylashtiriladi. Dastlab jismning massasi 1 g aniqlikda tortiladi. Tarozi qutichasida faqatgina analitik tarozilar uchun mo'ljallangan 100, 50, 10, 10, 5, 2, 1 grammlik toshlar bor.

Tortishda grammning o'nlik va yuzlik ulushlarini ikkita limba 10 va 11 lar ko'rsatishidan hisob qilinadi, limbalarni bir-biridan mustaqil aylantirish mumkin. Birinchi 10 va ikkinchi 11 limbalarining har qaysisi 10 tadan o'zaro teng bo'laklarga bo'lingan.

Kichik limba 11 ni burash bilan o'n milligrammlarni, katta limba 10 ni burab esa yuz milligrammlarni shayinga yuklash yoki olish mumkin. Limbalar richaglar sistemasi bilan biriktirilgan. Har qaysi richagga aniq massali halqa (reyter) osilgan.

Limbani buraganda, richag pastga tushib, undagi tarozi shayinining o'ng elkasiga yuklanadi. Grammlarning minglik va o'n minglik ulushlarini yoritilgan mikroshkaladan olamiz.

Tashqi 10 limbani burashda tarozining limbalar ro'parasidagi mg strelkasiga «1» to'g'ri kelsa, tarozi o'ng elkasiga 100 mg, «2» sonida esa 200 mg, «3» raqamida 300 mg..., «9» sonida esa 900 mg tosh qo'yilganligiga mos keladi.



16-rasm. Tashqi va ichki limbalar.

Ichki 11 limbani burashda mg strelkasi qarshisiga «1» soni to'g'ri kelsa, tarozi o'ng elkasiga 10 mg, ... «9» sonida 90 mg tosh mos keladi (16-rasm).

Shunday qilib, istalgan tarozi toshini shayinga o'rnatish yoki undan olish mumkin. Agar yukning massasi noaniq bo'lsa, uni dempferli

tarozida tortishdan oldin texnik tarozida tortib olish kerak.

Ishni bajarish tartibi. 1. Tortishni boshlashdan oldin mikroshkalani transformatorning o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanadi.

2. Tarozini ishlash holatiga o'tkaziladi. Buning uchun arretirlash kallagi sekinlik bilan buraladi. Bunda prizmalar tayanchga kelib tegadi va ayni vaqtda avtomatik ravishda yoritgich elektr chirog'i ham yonadi. Mikroshkala ekranida shkalaning ko'chma tasviri hosil bo'ladi. Ammo dempferlarning borligi tufayli strelkaning tebranishi tez so'nadi va shkala tasvirining ko'chishi ham to'xtaydi. Bunda ekrandagi vizir chiziq mikroshkalaning noli bilan mos tushishi kerak. Agar ular mos tushmasa 12 vintni u yoki bu tomonga burab nolinni bo'lim bilan vizir chiziqning mos tushishiga erishiladi.

3. Tarozining eshiklarini ochib, chap pallasiga tortiladigan jismni, o'ng pallasiga esa toshlar qo'yiladi.

4. Tarozining eshiklarini yopib, jismni 1g gacha aniqlik bilan tortiladi.

5. So'ngra grammning 0,1 va 0,01 ulushlarini aniqlash uchun tarozining kichik toshlari vazifasini bajaruvchi xalqalar avval katta limba 10 va keyin kichik limba 11 lar yordamida shayinga qo'yiladi. Bunda ekrandagi vizir chiziq siljiyotgan shkalaning chegarasidan chiqib ketmasligi kerak. Shunday qilib, limbalar yordamida jismning massasi 0,01 g aniqlikda tortiladi

6. Toshlar har gal qo'yilayotganda yoki olinayotganda, tarozi arretirlangan bo'lishi kerak.

7. Tortilayotgan jismning massasi 0,01 g aniqlik bilan tortib olingandan so'ng arretirlash kallagi oxirigacha buraladi va tebranishlar so'ngandan keyin vizir chiziq mikroshkalaning «O» bo'limidan qaysi tomonda hamda nechanchi bo'limda to'xtaganligi aniqlanadi.

Agar vizir chiziq mikroshkalaning o'ng tomonida to'xtagan bo'lsa, undan olingan «musbat» ishorali sonlarni pallaga va o'ng elkaga qo'yilgan tarozi toshlari massasiga qo'shish kerak, agar chap tomonda to'xtasa «minus» ishorasi bilan olingan hisobni pallaga va o'ng elkaga qo'yilgan tarozi toshlari massasidan ayirish kerak.

Quyidagi misolni ko'rib chiqaylik.

Jism tortilganda tarozining o'ng pallasiga 12,5 g ga teng tosh qo'yilgan. Tashqi limba 4-bo'limni, ichki limba esa 3-bo'limni ko'rsatsin, ya'ni shu limbalar mg ni ko'rsatuvchi strelka ro'parasida mikroshkala bo'yicha hisob + 2,5 mg ga teng bo'lsin.

U holda toshlarning umumiy massasi (va demak yukning massasi ham) quyidagiga teng bo'ladi:

Pallaga qo'yilgan toshlarning massasi	12,5 g
Tashqi limba 4-bo'limi	0,4 g
Ichki limba 3-bo'limi	0,03 g
Mikroshkaladagi 2,5 bo'lim	+ 0,0025 g
umumiy massa	12,9325 g ga teng.

Agar shu o'lchashlarda mikroshkala bo'yicha hisob 2,5 bo'limga teng bo'lsa, yukning umumiy massasi 12,9275 g ga teng bo'lar edi.

Shunday qilib, jismning massasi tarozi toshlarining massasi m_1 , tashqi limba bo'yicha hisoblangan halqalar massasi m_2 , ichki limba bo'yicha olingan halqalar massasi m_3 va mikroshkala bo'yicha hisob qilingan massa m_4 larning yig'indisiga teng bo'ladi:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$$

Tajribalarda kamida uch xil jismning massasi aniqlanadi va 8-jadvalga yoziladi.

**Uch xil jismning massasini dempferli analitik
tarozida aniqlash**

Tajribalar	m_1	m_2	m_3	m_4	m
1 - jism					
2 - jism					
3 - jism					

8. Tortishlar tamom bo'lgandan keyin tarozi arretirlanadi, eshiklari yopiladi, tashqi va ichki limbalarning ko'rsatishi nolinchii vaziyatga keltiriladi, yoritgich o'zgaruvchan tok tarmog'idan uziladi.

Sinov savollari

1. Dempferli tarozi qanday tuzilgan?
2. Dempferlarning vazifasi nima?
3. Dempferli tarozida tortishning reyterli analitik tarozida tortishdan qanday afzalliklari bor?
4. Dempferli tarozida tortish qanday tartibda olib boriladi?

**3-ish. DARAXTLARNING TURINI ZICHLIGIGA
QARAB ANIQLASH**

Kerakli asbob va materiallar: 1) Biror daraxt turidan tayyorlangan diametrlari 1,5-2 sm va uzunligi 2-3 sm gacha bo'lgan silindr shaklidagi uchta namuna; 2) VLA-200 analitik tarozi; 3) mikrometr.

Nazariy ma'lumotlar. Istalgan moddaning hajm birligidagi massasi uning zichligi deb ataladi. Jismlar moddalardan tashkil topgani uchun amalda ko'pincha jism zichligi degan tushunchani ham qo'llaymiz. Jismning zichligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (37)$$

bu yerda: m -jism massasi; V -jism hajmi; ρ -jism zichligi.

Modda zichligi xalqaro birliklar sistemasida - SI da kg/m^3 va SGS sistemasida esa g/sm^3 birliklarda o'lchanadi. Moddalarning zichligini bilish ishlab chiqarishning juda ko'p sohalaridagi mutaxassislar amaliy faoliyatida muhim ahamiyatga ega. Qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida turli xil vazifalarning yechilishi jarayonida moddalarning zichligini bilish zarur bo'ladi. Masalan, g'o'za chigiti navlari orasida chigitning o'lchami

emas, balki zichligi kattalari unumdor deb qaraladi. SHuning uchun urug'likka mo'ljallangan chigitlar zichliklari bo'yicha saralanadi va zichligi amaliy talablarga javob beradigan oraliqdagilari ekish uchun ajratiladi.

Urug'larning zichligi oshsa, sifati ham yaxshilanadi. Odatda zichligi katta chigitlar biologik jihatdan yuqori sifatlarga ega. G'o'zaning keng tarqalgan navlaridan biri F-108 ning chigitlari zichligi 1,050-1,075 g/sm³ bo'lganlari tekis unib chiqadi, yaxshi o'sadi va rivojlanadi, hosildorligi ham yuqori bo'ladi.

Shuningdek, xashaklarning quriganligini, g'alla va urug'larning namligini, ularning zichligiga qarab belgilaydilar. Sutning yog'liligi, mevalardan tayyorlangan sharbatlarning shirinligi (tarkibidagi shakarning ko'pligi) darajasi haqida esa ularning zichligiga qarab fikr yuritish mumkin. Yog'ochlarning sifati va turini aniqlashda ham ularning zichligini bilish katta ahamiyatga ega. Bizga yaxshi qurigan yog'ochlarning uzoq muddatga saqlanishi ham ma'lum. Qurilish ishlarida taxtalarning yaxshi quriganligidan tashqari, ularning turi ham muhim rol o'ynaydi.

Misol uchun eman, qayin, qarag'aylardan tayyorlangan taxtalar nisbatan yumshoqroq bo'lganidan ishlov berish qulayligidan qurilish materiali sifatida yaxshi baholanadi; tilog'och (listvinnisa) esa juda qattiq bo'lganiligi sababli qurilishda kam ishlatiladi. Mebelsozlik sanoatida, musiqa asboblari va chang'i ishlab chiqarishda ham yog'ochlarning turlari muhim rol o'ynaydi. Shunday qilib, biror turdagi daraxtdan tayyorlangan yog'ochning zichligiga qarab shu daraxtning turini aniqlash mumkin.

Usulning nazariyasi. Jismning zichligini aniqlash uchun avvalo uning massasini bilish kerak. Jismning massasini dempferli analitik tarozida 2.10⁻³ g aniqlikda tortish kerak. So'ngra jismning hajmi aniqlanadi. Agar jism (yoki qaralayotgan holda yog'och) biror geometrik shaklda bo'lsa, uning hajmini aniqlash yanada osonlashadi. Biror turdagi yog'ochdan tayyorlangan silindrni olaylik. Uning hajmi V, diametri d va balandligi h orqali quyidagi formula bo'yicha ifodalanishi bizga ma'lum:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h \quad (38)$$

(38) ni (37) ga qo'ysak, yog'och silindr zichligini aniqlanadigan formulani hosil qilamiz:

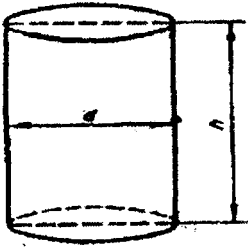
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{\pi d^2 h}{4}} = \frac{4m}{\pi d^2 h} \quad (39)$$

**Qurilishda va mebelsozlik sanoatida ishlatiladigan ba'zi
daraxtlarning zichliklari**

Tartib soni	Yog'och turi	Quruq yog'och zichligi	
		kg/m ³ birlikda	g/sm ³ birlikda
1	Qayin	680	0,680
2	Qora qayin	680	0,680
3	Eman	760	0,760
4	Qora qarag'ay	470	0,470
5	Tilog'och	530	0,530
6	Oq qarag'ay	470	0,470
7	Qarag'ay	540	0,540

Yuqoridagi 9-jadvalda qurilishda va mebelsozlik sanoatida ishlatiladigan ba'zi o'rmon daraxtlari turlarining zichliklariga doir ma'lumotlar keltirilgan. O'qituvchi oldindan shu daraxtlarning biror turiga doir qurigan taxtadan kesib olib 3 ta namuna tayyorlab qo'yishi zarur. Yoki mahalliy sharoitda o'sadigan daraxtlardan quritib namunalar tayyorlasa ham bo'ladi va o'qituvchi uning zichligini aniqlab qo'yishi shart.

Ishni bajarish tartibi. 1. Biror daraxt turidan tayyorlangan silindrik yog'och namunani olamiz. Mikrometr yordamida uning turli joylaridan diametrini va balandligini 5 marta o'lchaymiz (17-rasm).



17-rasm. Silindr shaklidagi jism.

2. Olingan analitik tarozida silindr massasini o'lchaymiz, VLA-200 g analitik tarozining absolyut xatoligi $\Delta m = 2 \cdot 10^{-3}$ g ga teng.

3. O'lchanayotgan kattaliklarning o'rta arifmetik qiymatlari $\langle d \rangle$, $\langle h \rangle$, $\langle m \rangle$ hisoblanadi. Mazkur laboratoriya ishi-da xatoliklarni ehtimollar nazariyasidan foydalanib aniqlaymiz.

4. Izlanayotgan kattalik, ya'ni olingan yog'och moddasi zichligining o'rta arifmetik qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$\langle \rho \rangle = \frac{4 \langle m \rangle}{\pi \langle d \rangle^2 \cdot \langle h \rangle}$$

5. $\sum_{i=1}^n \Delta d_i^2$ va $\sum_{i=1}^n \Delta h_i^2$ lari hisoblanadi.

6. Yog'och silindrning diametri va balandligini o'lchashlarning o'rtacha kvadratik xatoliklari hisoblanadi:

$$S_{<d>} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta d_i^2}{n(n-1)}}; \quad S_{<h>} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta h_i^2}{n(n-1)}};$$

7. O'lchashlar soni $n=5$ va ishonchlilik (ehtimollik) $p=0,95$ da Student koeffitsientlari jadvalidan $t_{p,n}$ ning qiymati aniqlanadi. So'ngra quyidagi formulalar asosida har qaysi kattalikni o'lchashdagi absolyut xatoliklar aniqlanadi:

$$\Delta d = t_{p,n} \cdot S_{<d>} ; \quad \Delta h = t_{p,n} \cdot S_{<h>} ; \quad \Delta m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

8. π sonini yaxlitlashda hosil bo'ladigan absolyut va nisbiy xatoliklarni e'tiborga olmasdan mazkur ishdagi nisbiy xatolik quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi.

$$E_{\rho} = \frac{\Delta \rho}{<\rho>} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{<m>}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta d}{<d>}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{<h>}\right)^2}$$

9. Yog'ochning zichligini aniqlashdagi absolyut xatolik quyidagi formula yordamida topiladi:

$$\Delta \rho = <\rho> \cdot E_{\rho}$$

10. O'lchash va hisoblash natijalari 10-jadvalga yoziladi:

10-jadval.

Natija ko'rsatkichlari

Tajribalar	d	Δd	Δd^2	h	Δh	Δh^2	m	Δm	$\Delta \rho$	E_{ρ}
1										
2										
3										
4										
5										
	$<d>$	—		$<h>$	—		$<m>$	—		
	=			=			=			

11. Oxirgi natijani quyidagicha yozamiz:

$$\rho = <\rho> \pm \Delta \rho; \quad \rho = 0,95; \quad E_{\rho} = \dots \%$$

Silindrik yog'ochning aniqlangan zichligiga qarab, uning qaysi daraxt turiga tegishli ekanligi 9-jadvaldan aniqlanadi.

Sinov savollari

1. Moddalarning zichligi deganda nimani tushunamiz?
2. Moddalarning zichligi SI va SGS sistemalarida qanday birliklarda o'lchanadi?

3. Moddalarning zichligini bilishning xalq xo'jaligi ishlab chiqarishida qanday ahamiyati bor?
4. Silindrik shakldagi jismning zichligini aniqlashdagi nisbiy xatolikni aniqlashda qo'llaniladigan formulani chiqaring.

4-ish. URUG'LARNING ZICHLIGINI PIKNOMETR YORDAMIDA ANIQLASH

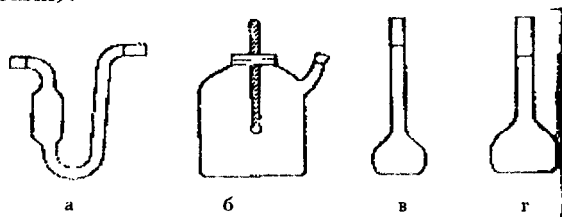
Kerakli asbob va materiallar: 1) Texnik tarozi; 2) tarozi toshlari; 3) piknometr; 4) chigit, mosh va makkajo'xori donalari; 5) distillangan suvli idish; 6) pipetka yoki filtr qog'oz.

Usulning nazariyasi va asbobning tuzilishi. Moddalarning zichligi ρ ni aniqlash uchun jism massasi m ning hajmi V ga nisbatini topish kerakligini bilamiz, ya'ni:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Jismning massasini bevosita texnik tarozida aniqlash mumkin. Jismning hajmi esa shakliga bog'liq ravishda turli usullarda aniqlanadi. Agar jism biror geometrik shaklda bo'lmasa, uning hajmi ma'lum aniq hajmlarga ega bo'lgan shisha idishlar- piknometrlar yordamida aniqlanadi.

Piknometr deb qattiq jismlar yoki suyuqliklarning hajmini o'lchash uchun ishlatiladigan turlicha shakldagi va hajmdagi shisha idishlarga aytiladi. (18-rasm).



18-rasm. Turli xil piknometrlar.

Harorat o'zgarishi bilan piknometrning hajmi deyarli o'zgarmaydi.

Eng oddiy piknometr ingichka bo'yinli shisha idishdan iborat. Uning bo'yiniga ma'lum hajmini chegaralab turuvchi belgi (chiziqli) qo'yilgan. Bizga belgisigacha suv bilan to'ldirilgan piknometr berilgan bo'lsin. Suv va piknometrning massasini m_1 va zichligi aniqlanadigan bir nechta mosh donalarining massasi m_2 bo'lsin. Mazkur ishda suvda cho'kadigan urug' donlari qo'llaniladi.

Endi urug' (masalan, mosh) donalarini piknometrda suvga tushirsak, suvning sathi piknometr bo'ynidagi belgidan yuqoriga ko'tariladi. Belgidan yuqoriga ko'tarilgan suvni pipetka yoki filtr qog'oz bilan shimdirib olib, suvni avvalgi sathigacha keltiriladi. Piknometr, qolgan suv va piknometrda tushirilgan moshlarning birgalikdagi massasi m_3 ga teng bo'lsin.

U vaqtda mosh donalarining piknometrdan siqib chiqargan suvning massasi m_s quyidagicha:

$$m_s = m_1 + m_2 - m_3$$

ga teng bo'ladi.

Piknometr belgisidan toshib chiqqan suv hajmi $V_c = \frac{m_c}{\rho_c}$ yoki

$$V_c = \frac{m_1 + m_2 - m_3}{\rho_c} \quad (40)$$

bu yerda: ρ_s - xona haroratidagi suv zichligi. Piknometrda tushirilgan mosh donalarining hajmi, piknometrning belgisidan yuqoriga siqib chiqarilgan suv hajmiga teng bo'lganidan ushuni yoza olamiz:

$$V_c = V = \frac{m_1 + m_2 - m_3}{\rho_c} \quad \text{yoki} \quad V = \frac{m_1 + m_2 - m_3}{\rho_c} \quad (41)$$

Moshning zichligini (40) va (41) dan foydalanib quyidagicha aniqlaymiz:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_2}{m_1 + m_2 - m_3} \cdot \rho_c \quad (42)$$

Tajribani o'tkazishda quritilgan urug'lardan foydalanish kerak. Suvning zichligi xona harorati o'zgarishi bilan juda kam miqdorda o'zgarganligidan laboratoriya mashg'ulotida uni doimiy deb, ya'ni $\rho_c = 1 \text{ g/sm}^3$ deb qabul qilish mumkin. Qattiq jismning (41) formula yordamida hisoblangan zichligi taqribiy bo'ladi, chunki bu formulada jismni havoda tortganda og'irligining kamayishini hisobga oluvchi tuzatma kiritilmagan.

Ishni bajarish tartibi. 1. Texnik tarozining to'g'ri o'rnatilganligi tekshiriladi.

2. Piknometrda bo'ynidagi belgisigacha suv quyib, uning quyilgan suv bilan birgalikdagi massasi m_1 tarozida o'lchanadi.

3. Tajribadan oldin suvda cho'kadigan mosh donalaridan 10-15 tasini tarozining chap pallasiga qo'yiladi va massasi m_2 o'lchanadi.

4. Taroziida tortilgan mosh donalari suvli piknometrga tushiriladi. Ularning siqib chiqargan suvini pipetka yoki filtr qog'oz bilan olishni piknometrda qolgan suvning sathi belgigacha pasayguncha davom ettiriladi. Piknometr, qolgan suv va tushirilgan mosh donalarining birgalikdagi massasi m_3 o'lchanadi.

5. Xuddi shu tartibdagi o'lchashlar yana kamida 2 marta takrorlanadi. Tajribalardan aniqlangan m_1 , m_2 va m_3 larning qiymatlari yozib boriladi.

6. Har qaysi tajriba uchun moshning zichligi (42) formula bo'yicha hisoblanadi.

7. Tajribalardan olingan ma'lumotlar asosida modda zichligining o'rtacha qiymati, o'rtacha absolyut va nisbiy xatoliklar $\langle \rho \rangle$, $\langle \Delta \rho \rangle$ va E_ρ hisoblanib 11-jadvalga yoziladi.

11-jadval.

Urug'larning zichligini piknometr yordamida aniqlashda o'lchash
va hisoblash natijalari

Tajribalar	m_1	m_2	m_3	ρ_c	ρ	$\Delta \rho$	E_ρ
1							
2							
3							
O'rtacha qiymat							

8. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$\rho = \langle \rho \rangle \pm \langle \Delta \rho \rangle \quad E_\rho = \dots \%$$

Sinov savollari

1. Piknometrning tuzilishini bayon qiling
2. Piknometr yordamida don mahsulotlarining zichligi qanday usul asosida aniqlanadi?
3. Har qaysi tajribada m_1 , m_2 va m_3 lar qanday aniqlanadi?
4. Mazkur laboratoriya ishini asosiy formulasi (42) qanday chiqariladi?

Eslatma: Yuqoridagi tartibda o'tkazilgan o'lchashlarni tuksizlantirilgan chigit (suvda cho'kadigan) yoki jo'xori donalari bilan ham bajaring.

5-ish. SUYUQLIKNING ZICHLIGINI PIKNOMETR YORDAMIDA ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) tarozi va tarozi toshlari; 2) uchta hajmi teng piknometr; 3) filtr qog'oz; 4) distillangan suv qo'yilgan idish; 5) zichligi aniqlanadigan suyuqlik qo'yilgan idish; 6) termometr.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Mazkur ishda piknometr yordamida biror suyuqlikning zichligini aniqlash zarur. Piknometr haqidagi ma'lumotlar 4-laboratoriya ishida keltirilgan. Shuning uchun ham biz to'g'ridan-to'g'ri usulning nazariyasiga to'xtalamiz. Bo'sh piknometrning massasini m ga teng deb olaylik. Bo'ynidagi belgisigacha distillangan suv qo'yilgan piknometr massasi m_1 , bo'ynidagi belgisigacha tekshiriladigan suyuqlik quyilgan piknometr massasi m_2 ga teng bo'lsin. U holda piknometrdagi tekshiriladigan suyuqlik massasi m_s quyidagiga teng bo'ladi:

$$m_s = m_2 - m \quad (43)$$

Zichligi aniqlanadigan suyuqlikning hajmi piknometr hajmiga teng, bundan bo'ynidagi belgisigacha to'ldirilgan piknometrdagi suv hajmiga teng deb ayta olamiz. Suvning tajriba o'tkazayotgan haroratdagi zichligi ρ_0 ma'lum bo'lganidan, berilgan haroratdagi suv hajmi:

$$V_{suv} = \frac{m_1 - m}{\rho_0} = V_s \quad (44)$$

ga teng. (43) va (44) tengliklardan foydalanib, tekshirilayotgan suyuqlik zichligini quyidagi tenglikdan topamiz:

$$\rho = \frac{m_s}{V_s} = \frac{m_2 - m}{(m_1 - m) / \rho_0} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \cdot \rho_0$$

Demak, izlanayotgan suyuqlik zichligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\rho = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \cdot \rho_0 \quad (45)$$

Biz (45) formula yordamida jismlarni havoda tortganda, ularning og'irligi kamayishini hisobga olmaymiz.

Ishni bajarish tartibi. 1. Ichi va sirti yaxshi quritilgan 1-piknometrni tarozida 3 marta tortib massasi m aniqlanadi.

2. Shu piknometrga bo'ynidagi belgisigacha distillangan suv quyib, tarozida 3 marta tortiladi va piknometrning suv bilan birgalikdagi massasi m_1 aniqlanadi.

3. Piknometrdagi distillangan suv boshqa idishga quyiladi, so'ngra piknometrga tekshiriladigan suyuqlik solinadi. Uning piknometr bilan birgalikdagi massasi m_2 aniqlanadi.

Tekshiriladigan suyuqlik sifatida osh tuzining suvdagi uch xil konsentrasiyalı eritmalaridan foydalaniladi va birinchi tajribada eng kam konsentrasiyalı osh tuzining suvdagi eritmasi ishlatiladi. Shu tartibdagi o'lchashlar kattaroq konsentrasiyalı eritmalar bilan ham o'tkaziladi.

4. Tajribalar har qaysi eritma uchun uch martadan bajariladi va har gal (45) formula yordamida osh tuzining suvdagi eritmasining zichliklari hisoblanadi.

O'lchashlar va hisoblashlar natijalari 12-jadvalga yoziladi:

12-jadval.

Suyuqlik zichligini piknometr yordamida aniqlashda
o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	m	m_1	m_2	ρ_0	ρ	$\Delta\rho$	E ρ
1							
2							
3							
O'rtacha qiymat							

12-jadvaldagi ma'lumotlar biror konsentrasiyalı eritma uchun taaluqli ekanligini unutmash kerak. Mazkur jadvalga muayyan haroratga mos suv zichligi ρ_0 ning qiymati yoziladi.

5. Tajribalardan olingan ma'lumotlar asosida (45) formula yordamida biror eritma uchun tekshirilayotgan suyuqlik zichligining o'rtacha arifmetik qiymati $\langle\rho\rangle$, o'rtacha absolyut xatoligi $\langle\Delta\rho\rangle$ va o'rtacha nisbiy xatoligi E_ρ lar hisoblanadi.

6. Olingan eritma uchun oxirgi natijalar quyidagicha yoziladi:

$$\rho = \langle\rho\rangle \pm \langle\Delta\rho\rangle ; \quad E_\rho = \dots \%$$

Sinov savollari

1. Moddaning zichligi uning haroratiga bog'liqmi?
2. Eritma konsentrasiyasi qanday ta'riflanadi?
3. Mazkur laboratoriya ishining asosiy formulasi (45) qanday chiqariladi?

6-ish. KARTOSHKANING ZICHLIGINI GIDROSTATIK TORTISH USULIDA ANIQLASH VA KRAXMALINI BELGILASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) texnik tarozi va tarozi toshlari; 2) shisha idishlar; 3) turli xil navli kartoshka tugunaklari.

Nazariy ma'lumotlar. Ma'lumki, kartoshka iste'mol qilinadigan asosiy oziq-ovqat mahsulotlaridan biridir. Mamlakatimizning oziq-ovqat balansida g'alladan keyingi ikkinchi o'rinni kartoshka egallaydi.

Fanning tavsiyasiga ko'ra sog'lom odamning sutkalik ovqatlanishida oziq-ovqat moddalardan ajralgan energiyaning 15-20 foizida sabzavotlarning ishtiroki bor.

Sabzavotlar tarkibida suv ko'p, oziq moddalar (oqsil, yog' va uglevodlar) esa kam. Ko'pchilik sabzavotlarning tarkibida odam organizmi uchun zarur bo'lgan energiyaga boy mineral-oziq moddalar ko'p.

Kartoshkaning turli navlarida kraxmalning miqdori 12 % dan 24 % gacha etadi. Kartoshka zahira oziq modda xizmatini o'taydi. SHuning uchun etishtiriladigan yalpi kartoshkaning 45-55 foizi oziq-ovqatga sarflanadi. Kartoshkaning oziq-ovqatlik qiymati tarkibidagi kraxmal, mineral elementlar va hokazolarning ko'pligi bilan belgilanadi. SHuning uchun turli navli kartoshkalardagi kraxmal miqdorini aniqlash katta amaliy ahamiyatga ega. Kartoshkada kraxmal qancha ko'p bo'lsa, uning zichligi ham shunchalik katta bo'ladi.

Mazkur laboratoriya ishida kartoshka tarkibidagi kraxmal miqdori uning zichligiga qarab aniqlanadi.

Usulning nazariyasi va asbobning tavsifi. Kartoshka zichligini aniqlashda gidrostatik tortish usulidan foydalaniladi. Bu usulda kartoshka tugunagining zichligini aniqlashga kirishish uchun dastlab uni havoda tortib olinadi. Kartoshkaning havodagi massasi m bo'lsin. Kartoshka tugunagini suvda tortish uchun uchida ilgagi bor ingichka sim ishlatiladi. Kartoshkaning havodagi sim bilan birgalikdagi massasi m_1 bo'lsin. U holda ularning havodagi og'irligi m_1g ga teng bo'ladi.

Endi kartoshkani ilgakka ilib tarozining chap tomonidagi shayiniga osamiz. So'ngra avvaldan zichligi ρ_0 ma'lum bo'lgan suyuqlik qo'yilgan shisha idishga tushirilgan holda tortamiz, bunda kartoshkaga va simga Arximed qonuniga asosan ularning birgalikda siqib chiqargan suyuqligi hajmining og'irligiga teng ko'tarish kuchi ta'sir qiladi. Kartoshka va simning suyuqlikdagi og'irligi m_2g bo'lsin.

U holda yuqoridagi aytganimizga asosan quyidagi tenglikni yoza olamiz:

$$m_2g = m_1g - \rho_0 (V + V_s) \cdot g \quad (46)$$

bu yerda: g -oligan joydagi erkin tushish tezlanishi; V -kartoshka tugunagining hajmi; V_c -simning suyuqlikka botgan qismining hajmi; ρ_0 - xona haroratidagi suv zichligi (46) tenglikdan ushbu formulani yozamiz:

$$V + V_s = \frac{m_1 - m_2}{\rho_0} \quad (47)$$

Odatda kartoshka tugunagini suyuqlikda tortishda u juda ingichka singa osiladi, bunda simning hajmi kartoshka tugunagining hajmidan juda kichik bo'lgani uchun unga deyarli ahamiyat bermasdan quyidagini yoza olamiz:

$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_0} \quad (48)$$

U holda (48) ni moddalar zichligini ifodalaydigan formulaga qo'yib mazkur ishni bajarishdagi asosiy formulani hosil qilamiz:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{m_1 - m_2} \cdot \rho_0 \quad (49)$$

Bu formulada ρ kartoshkaning zichligini bildiradi.

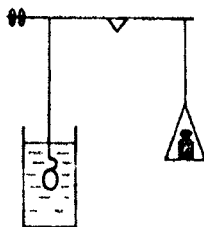
Shunday qilib, bu ishni bajarish uchun dastlab texnik tarozida kartoshka tugunagining massasini aniqlaymiz. So'ngra uni sim bilan tarozi shayinining chap elkasidagi ilmog'iga osib ularning birgalikdagi havodagi massasi m_1 hamda suyuqlikka tushirib, shu suyuqlikdagi massasi m_2 topiladi.

Ishni bajarish tartibi. 1. Biror navli kartoshka tugunagini texnik tarozining chap pallasiga qo'yib tortamiz va uning massasi m ni aniqlaymiz.

2. Bu ishni bajarish uchun chap tomondagi pallasi osilmagan ikkinchi tarozi ham ishlatiladi. Palla osilmagan chap tomonidagi shayin elkasiga qo'shimcha yuklar-gaykalar o'rnatiladi va ularni burash tarozining strelkasi muvozanat vaziyatini ko'rsatguncha davom ettiriladi (19-rasm).

3. Kartoshka tugunagini simning uchidagi ilgakka ilib, tarozining chap elkasiga osib mahkamlaymiz.

So'ngra ularning havodagi massasi m_1 o'lchanadi.



19-rasm. Chap tomondagi pallasi olingan taroziga kartoshkani osish sxemasi.

4. Kartoshka tugunagini idish devorlariga tegmaydigan qilib suvli idishga tushiriladi va suvga botgan holatda tugunakning sim bilan birgalikdagi massasi m_2 aniqlanadi

5. Kartoshka tushirilgan suvning harorati termometr bilan o'lchab aniqlanadi. So'ngra bu haroratdagi suvning zichligi ρ_0 jadvaldan olinadi. Ko'pincha osonlik uchun $\rho_0 = 1 \text{ g/sm}^3$ deb olish ham mumkin.

6. Tajribada m , m_1 va m_2 larning aniqlangan son qiymatlarini (49) formulaga qo'yib, har qaysi tajribadagi kartoshkaning zichliklari ρ hisoblanadi.

7. Tajribalarni biror navdagi har xil o'lchamli kartoshka tugunaklari uchun kamida uch marta takrorlash lozim.

8. Tajribalarda aniqlangan ma'lumotlar asosida $\langle \rho \rangle$, $\langle \Delta \rho \rangle$ va E_ρ lar hisoblab chiqiladi. O'lchash va hisoblashlar natijalari 13-jadvalga yoziladi:

13-jadval.

Kartoshkaning zichligini gidrostatik tortish usulidan aniqlashdagi o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	m	m_1	m_2	$m_1 - m_2$	ρ	$\Delta \rho$	E_ρ	Kraxmal foizi
1								
2								
3								
O'rtacha qiymat								

9. Tajribalardan topilgan ma'lumotlar asosida $\langle \rho \rangle$ ga mos kraxmal foizi 14-jadvaldan aniqlanadi.

14-jadval.

Kartoshkaning zichligi va kraxmal miqdori

Zichligi (g/sm^3)	Kraxmal miqdori (%)	Zichligi (g/sm^3)	Kraxmal miqdori (%)	Zichligi (g/sm^3)	Kraxmal miqdori (%)	Zichligi (g/sm^3)	Kraxmal miqdori (%)
1,0616	10,0	1,0870	15,4	1,1136	21,1	1,1429	27,4
1,0627	10,2	1,0891	15,7	1,1148	21,4	1,1442	27,7
1,0638	10,5	1,0893	15,9	1,1161	21,7	1,1455	28,0
1,0650	10,7	1,0905	16,2	1,1173	21,9	1,1468	28,2
1,0661	11,0	1,0917	16,7	1,1186	22,2	1,1481	28,5
1,0672	11,2	1,0929	16,7	1,1198	22,5	1,1499	28,8
1,0684	11,5	1,0941	17,0	1,1211	22,7	1,1507	29,1
1,0695	11,7	1,0953	17,2	1,1224	23,0	1,1521	29,4

1,0707	11,9	1,0967	17,5	1,1236	23,3	1,1534	29,6
1,0718	12,2	1,0977	17,7	1,1249	23,5	1,1547	29,9
1,0730	12,4	1,0989	18,0	1,1261	23,8	1,1561	30,2
1,0741	12,7	1,1001	18,2	1,1274	24,1		
1,0753	12,9	1,1013	18,5	1,1286	24,3		
1,0764	13,2	1,1025	18,7	1,1299	24,6		
1,0776	13,4	1,1038	19,0	1,1312	24,9		
1,0783	13,7	1,1050	19,3	1,1325	25,2		
1,0799	13,9	1,1062	19,5	1,1338	25,4		
1,0811	14,2	1,1074	19,8	1,1351	25,7		
1,0822	14,4	1,1086	20,1	1,1364	26,0		
1,0834	14,7	1,1099	20,3	1,1377	26,3		
1,0846	14,9	1,1111	20,6	1,1390	26,6		
1,0858	15,2	1,1123	20,8	1,1403	26,8		

10. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$\rho = \langle \rho \rangle \pm \langle \Delta \rho \rangle \quad E_p = \dots \%$$

Sinov savollari

1. Hajmini o'lchab aniqlash qiyin bo'lgan jismlar zichligi qanday aniqlanadi?
2. Hidrostatik tortish usuli bilan jismning zichligini aniqlashda qo'llaniladigan formulani chiqaring.
3. Kartoshka tugunagining hajmi bilan siqib chiqarilgan suv hajmi o'zaro qanday munosabatda bo'ladi?

7-ish. ELASTIKLIK MODULINI QATTIQ JISMNING EGILISH DEFORMASIYASIDAN FOYDALANIB ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) elastiklik modulini aniqlashda ishlatiladigan qurilma; 2) chizg'ich; 3) shtangensirkul; 4) 0,01 mm

aniqlikda o'lcaydigan indikator; 5) massasi 1 kg dan bo'lgan bir necha yuklar.

Nazariy ma'lumotlar. Har qanday qattiq jism tashqi kuch ta'sirida o'z shaklini va hajmini o'zgartiradi, ya'ni deformasiyalanadi. Agar ta'sir etuvchi kuchning miqdori unchalik katta bo'lmasa, kuch ta'siri to'xtashi bilan jism o'zining boshlang'ich shaklini egallaydi. Bunday deformasiyani *elastik deformasiya* deb ataladi.

Agar ta'sir etuvchi kuch miqdori katta bo'lsa, uning vujudga keltirgan deformasiyasi tashqi kuch ta'siri to'xtaganidan keyin ham butunlay yo'qolib ketmaydi, ya'ni qoldiq (plastik) deformasiya ro'y beradi. Plastik deformasiyaning paydo bo'lish chegarasi *elastiklik chegarasi* deb yuritiladi.

Elastik deformasiya turli xil bo'ladi: cho'zilish (yoki eniga siqilish), egilish, siljish, buralish va hokazo. Ta'sir qiluvchi kuch miqdori katta bo'lmagan barcha hollarda deformasiya kattaligi Guk qonuniga bo'ysunadi, ya'ni elastiklik chegarasida deformasiya kattaligi uni vujudga keltirgan elastiklik kuchiga to'g'ri mutanosib bo'ladi.

Deformasiya turlari orasida eng oddiysi jismning cho'zilish deformasiyasidir. Elastiklik chegarasida jismning uzayishi, cho'zuvchi kuch F ga, jismning boshlang'ich uzunligi ℓ ga to'g'ri, va ko'ndalang kesim yuzasi S ga esa teskari mutanosibdir:

$$\Delta \ell = \kappa \cdot \frac{F \cdot \ell}{S} \quad (50)$$

(50) ifodadagi « κ » doimiy son bo'lib, u elastiklik koeffitsienti deb yuritiladi va uning qiymati cho'zilayotgan jismning materialiga bog'liq. Tayoqcha ko'ndalang kesimi yuzasi S ga tik yo'nalishda ta'sir etuvchi kuch F ni xarakterlaydigan kattalikka kuchlanish deb yuritiladi, ya'ni:

$$p = \frac{F}{S} \quad (51)$$

(51) tenglikdagi kuchlanish SI sistemasida $\frac{N}{m^2}$ birlikda, SGS sistemasida esa $\frac{din}{sm^2}$ birlikda o'lchanadi.

Odatda (50) ifodadagi κ o'rniga, unga teskari kattalik $E = \frac{1}{\kappa}$ kiritiladi. Bu ifodadagi E ni elastiklik moduli deb aytiladi. Demak, (50) ifodadagi κ ni E bilan almashtirsak quyidagini yoza olamiz:

$$\Delta \ell = \frac{F \cdot \ell}{E \cdot S} \quad \text{bundan} \quad E = \frac{F \cdot \ell}{S \cdot \Delta \ell} \quad (52)$$

Agar $\Delta \ell = \ell$ deb olinsa, $E=r$ ga tengligi kelib chiqadi. Demak, Yung moduli son jihatdan jismning (masalan, tayoqchanning) uzunligini ikki marta orttirish uchun kerak bo'lgan kuchlanishga teng va jismning o'lchamiga bog'liq emas. Yung moduli SI sistemasida $\frac{N}{m^2}$ birlikda o'lchanadi. Turli moddalar uchun Yung moduli ham har xil qiymatga ega bo'ladi. Masalan, po'lat uchun Yung moduli $2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ (yoki $2 \cdot 10^4 \text{ kg/mm}^2$) ga teng bo'lsa, mis uchun

$$10^{11} \frac{N}{m^2} \text{ ёку } 10^4 \frac{kg}{mm^2} \text{ ga teng.}$$

Quyidagi 15-jadvalda ba'zi o'simlik turlari uchun YUNG moduli E ning qiymatlari berilgan.

15-jadval.

O'simlik turlari uchun Yung modulining qiymatlari

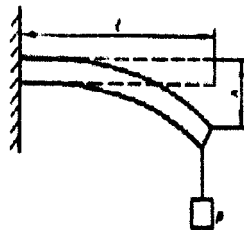
O'simlik turi	O'simlik tolasiga parallel yo'nalish bo'yicha (kg/mm^2)	O'simlik tolasiga tik yo'nalish bo'yicha (kg/mm^2)
Terak	517	73
Qarag'ay	564	98
Eman	921	189
Qora qayin	980	270
Qayin	997	81
Qora qarag'ay	1113	95

15-jadvaldan ko'rinib turibdiki, turli materiallar uchun E ning qiymati har xil bo'ladi va Yung moduli materiallarning elastiklik xossasini xarakterlaydi. Yung modulini egilish deformasiyasidan topish qulay. Shu maqsadda egilish deformasiyasi bo'yicha Yung modulini aniqlashni qarab chiqaylik.

Bizga bir tomondagi uchi mahkamlangan va ikkinchi uchi bo'sh (erkin) tayoqcha berilgan bo'lsin. Tayoqcha bo'sh uchiga yuk osilsa, uning bu uchi yukning og'irligi ta'sirida egiladi (20-rasm).

Tayoqcha bo'sh uchining siljishi *egilish nayzasi* λ deb yuritiladi. Osilgan yuklar qanchalik ko'p bo'lsa, egilish nayzasining miqdori ham shunchalik katta bo'ladi.

Nazariy hisoblashlar ko'ndalang kesimi to'g'ri burchakli tayoqcha uchun deformasiyaning biz qarayotgan turida egilish



20-rasm. Egilish deformasiyasi.

nayzasining qiymatini quyidagicha ifodalanishini ko'rsatadi:

$$\lambda = \frac{k \cdot P \ell^3}{E \cdot a \cdot \epsilon^3}$$

Bu formuladan Yung moduli E ning ifodasini topsak, quyidagini yoza olamiz:

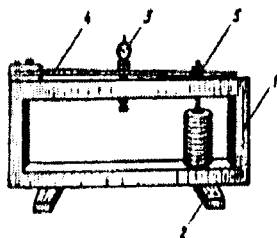
$$E = \frac{k \cdot P \ell^3}{\lambda \cdot a \cdot \epsilon^3} \quad \text{yoki} \quad E = \frac{k \cdot m g \ell^3}{\lambda \cdot a \cdot \epsilon^3} \quad (52)$$

bu yerda: k -elastiklik koeffisienti; m -tayoqcha bo'sh uchiga osilgan yuk massasi; ℓ -tayoqcha uzunligi; a -tayoqcha eni; ϵ -tayoqcha qalinligi; λ -egilish nayzasi.

Elastiklik koeffisientining qiymati tayoqchaga ta'sir etuvchi kuchning qo'yilish nuqtasiga bog'liq. Bir uchi qattiq mahkamlangan va ikkinchi bo'sh uchiga yuk osilgan egilish deformasiyasida $k=4$ ga teng bo'ladi.

Yung modulini aniqlash uchun ishlatiladigan qurilma tayanchlarga o'rnatilgan ramadan iborat bo'lib, uning asosidan ma'lum balandlikda yotiq tayoqcha (metall sterjen) mahkamlangan (21-rasm).

Tayoqchaning biror uzunlikdagi qismi ustiga shtativ yordamida har bir bo'limining qiymati 0,01 mm bo'lgan doiraviy shkalali indikator o'rnatilgan.



21-rasm. Yung modulini aniqlashda ishlatiladigan qurilma.

1-qurilma asosiy qismi, 2-taglik, 3-indikator, 4-Yung moduli aniqlanayotgan metall tayoqcha, 5-osma.

Tayoqchaning uchiga ma'lum og'irlikdagi yuklar osib, indikator yordamida egilish nayzasining har qaysi tajribadagi qiymatini topish mumkin. O'lchashlar vaqtida indikator tayanch prizmati yuklar uchun osma ustiga o'rnatiladi.

Ishni bajarish tartibi. 1. Tayoqchaning mahkamlangan nuqtasidan yuk osilgan nuqtasigacha bo'lgan uzunligi ℓ chizg'ich bilan o'lchanadi.

2. Tayoqchaning eni a va qalinligi ϵ shtangensirkul yordamida o'lchanadi.

3. Tayoqchaning ℓ uzunlikdagi nuqtasiga birdaniga $P=3$ kg (har qaysisi 1 kg dan uchta yuk)ni osamiz. So'ngra tayoqchaning yuk osilgan nuqtasi ustiga indikator o'rnatiladi (bunda indikatorning uchligi-tayanchi tayoqcha sirtiga tegib turishi kerak) va indikator strelkasi

doiraviy shkalaning nolinchi bo'limiga keltiriladi. Osilgan 1 kg massali yuk olinganda tayoqcha uchining ko'tarilishi tufayli indikator tayanchini ko'taradi, natijada indikator strelkasi biror N_i bo'limga og'adi, so'ngra indikator strelkasi ko'rsatgan bo'limlar soni N_i ni uning shkalasining 1 ta bo'limi qiymati 0,01 mm ga ko'paytirilib, egilish nayzasining bu tajribadagi qiymati λ_i ni topamiz.

4. Ikkinchi tajribada osilgan ikkinchi yukni ham olamiz. Bunda indikator strelkasining ko'rsatishi yana ortadi. Strelkaning birinchi yukni olingandagi ko'rsatishiga ikkinchi yukni olingandagi ko'rsatishini qo'shib λ_2 ni topamiz. Uchinchi tajribada esa oxirgi yukni ham olib yuqoridagilarga o'xshash λ_3 ni aniqlaymiz.

5. Har qaysi tajribada (52) formula yordamida E ning qiymati hisoblanadi.

6. Shu tartibda aniqlangan o'lchash va hisoblashlar tayoqchanning yana ikki xil uzunligi uchun takrorlanadi, natijalari esa 16-jadvalga yoziladi:

16-jadval.

Yung modulini aniqlashdagi o'lchash va hisoblash natijalari

Tayoqcha uzunlik-lari	Tajriba-lar	ℓ	m	a	b	λ	ε_1	$\Delta\varepsilon_2$	ε_E
I	1								
	2								
	3								
	O'rtacha qiymat								
II	1								
	2								
	3								
	O'rtacha qiymat								
III	1								
	2								
	3								
	O'rtacha qiymat								

7. Tayoqchanning har qaysi uzunligiga mos tajribalardan olingan ma'lumotlarga asoslanib $\langle\varepsilon\rangle$, $\langle\Delta\varepsilon\rangle$ va ε_E lar hisoblanadi.

8. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$\varepsilon = \langle\varepsilon\rangle \pm \langle\Delta\varepsilon\rangle \quad \varepsilon_E = \dots?$$

Sinov savollari

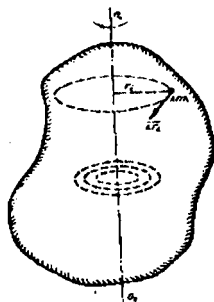
1. Deformasiya deb nimaga aytiladi?
2. Deformasiyaning qanday turlarini bilasiz?
3. Kuchlanish deganda nimani tushunasiz?
4. Guk qonunining ta'rifini izohlang.
5. Yung modulining fizik ma'nosini ayting.
6. Egilish nayzasi deb nimaga aytiladi va u nimalarga bog'liq?
7. Yung modulini topish formulasini yozib, tushuntirib bering.
8. Yung modulini qiymati jism o'lchamlariga qanday bog'liq bo'lar ekan?
9. Yung modulini hayotda, xalq xo'jaligida qaearlarda hisobga olish kerak bo'ladi? Misollar keltiring.

8-ish. AYLANUVCHI QATTIQ JISMNING INERSIYA MOMENTINI ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) Oberbek mayatnigi; 2) bir necha 100-200 grammlik yuklar; 3) uzunligi 1 m ga teng millimetrli chizg'ich; 4) sekundomer; 5) shtangensirkul.

Nazariy ma'lumotlar. Qattiq jismlarning aylanma harakati qishloq xo'jaligida ham keng tarqalgan. Masalan, traktor va avtomobillarning g'ildiraklari, qishloq xo'jalik mashinalaridagi turli vazifalarni bajarishga mo'ljallangan disklar aylanma harakat qiladi.

Qattiq jismning aylanma harakati deb, uning shunday harakatiga aytiladiki, unda qattiq jismning har bir nuqtasi aylanish o'qiga nisbatan har xil radiusli



22-rasm. Qattiq jismning aylanma harakati.

konsentrik aylanalar chizadi va aylanish tekisligi, aylanish o'qi O_1O_2 ga tik bo'ladi (22-rasm).

Aylanma harakat dinamikasining qonunlari ilgarilana ma harakat dinamikasi qonunlariga o'xshaydi. Ammo aylanma harakatni xarakterlash uchun alohida maxsus fizik kattaliklar tushunchasini kiritish kerak.

Aylanma harakat dinamikasi asosiy qonuni bo'yicha aylanuvchi jismga ta'sir qiluvchi tashqi kuch momenti M , qattiq jism inersiya

momenti J va jismning aylanma harakati burchak tezlanishi β larning o'zaro bog'lanishi quyidagicha ifodalanadi, ya'ni:

$$M = J \cdot \beta \quad (53)$$

Agar bu formulani ilgarilanma harakat dinamikasining asosiy qonuni Fqma bilan o'zaro taqqoslasak, ilgarilanma harakatdagi jismga ta'sir etuvchi kuch F , jism massasi m , tezlanishi α lar o'rniga aylanma harakatda tashqi kuch momenti M , jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti J va aylanayotgan jism burchak tezlanishi β larni olinishini ayta olamiz.

(53) formuladagi J ni qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti deb yuritiladi. Ilgarilanma harakatda jismning massasi uning inertligining o'lchovi bo'lsa, aylanma harakatda esa jismning inersiya momenti ham aylanayotgan jism inertligi o'lchovidir. Aylanuvchi jismlarning inersiya momentlari ularning massasidan tashqari shu jismlarning geometrik shakliga ham bog'liq. Bu fikrimizni tasdiqlash uchun turli jismlarning inersiya momentlariga doir bir necha misollar keltiraylik:

1. YUppqa devorli kovak silindr (halqa) ning simmetriya o'qiga nisbatan inersiya momenti (23-rasm, a):

$$J = m r^2 \quad (54)$$

2. YAxlit silindr (disk) ning simmetriya o'qiga nisbatan inersiya momenti (23-rasm, b):

$$J = \frac{1}{2} m r^2 \quad (55)$$

3. SHarning markazidan o'tuvchi istalgan o'qqa nisbatan inersiya momenti (23-rasm, v):

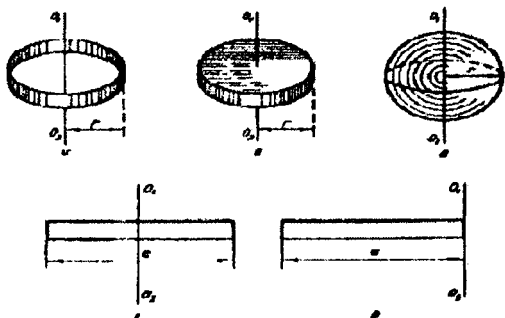
$$J = \frac{2}{5} m r^2 \quad (56)$$

4. Biror ℓ uzunlikdagi tayoqchanning uzunligiga tik ravishda uning o'rtasidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti (23-rasm, g):

$$J = \frac{1}{12} m \ell^2 \quad (57)$$

5. Biror ℓ uzunlikdagi tayoqchanning uzunligiga tik ravishda uning bir uchidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti (23-rasm, d):

$$J = \frac{1}{3} m \ell^2 \quad (58)$$



23-rasm. Turli jismlarning simmetriya o'qi $O_1 O_2$ ga nisbatan inersiya momentlari.

Keyingi ikki misoldan ko'rinadiki, aylanayotgan jismning inersiya momenti uning massasidan tashqari aylanish o'qining jismning

qayeridan o'tishiga ham bog'liq.

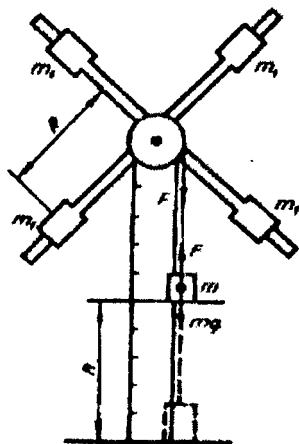
Mazkur ishda aylanuvchi krestovinning xususiy inersiya momentini va krestovinaga o'rnatilgan yuklarning inersiya momentini aniqlash maqsad qilib qo'yilgan.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Ishga doir qurilma-krestovina balandligi 2 m ga yaqin taxtadan tayyorlangan tik shtativning uchiga yaqin qismiga o'rnatilgan yotiq o'q atrofida juda oz ishqalanish bilan aylanuvchi markaziy diskka o'zaro tik ravishda kiritilgan 4 ta tayoqchadan tashkil topgan. Shtativga santimetrli shkala chizilgan. Tayoqchalarga aylanish o'qidan o'zaro teng masofalarda bir xil massali yuklar vintlar yordamida mahkamlanishi mumkin. Krestovinning inersiya momentini o'zgartirish uchun bu yuklarni tayoqchalar bo'ylab siljitish kerak. Qurilmadagi kichkina shkivga ip o'raladi. Shkivga o'ralgan ipning ikkinchi uchiga m massali yuk osiladi va bu yuk pastga tushishida krestovinning aylanma harakatga keltiradi.

Bu laboratoriya ishiga doir qurilma sxematik ravishda 24-rasmda keltirilgan.

Shuni qayd qilish kerakki, ba'zi laboratoriyalarda krestovinning o'qi bevosita devorga mahkamlanadi.

Krestovina tayoqchalariga o'rnatilgan yuklarning massalari m_1 dan iborat bo'lsin. O'z og'irligi bilan pastga tushayotgan yuk krestovinning tekis tezlانuvchan aylanma harakatga keltiradi. Bu harakatni o'rganib, krestovinning inersiya momentini aniqlay olamiz.



24-rasm. Krestovinning tuzilishi.

Yukning tushish balandligini h deb olaylik, uning qiymati krestovina shtatividagi masshtabli shkaladan olinadi, yukning olingan balandlikdan tushish vaqti t sekundomer bilan o'lchanadi.

Krestovinaning inersiya mo-mentini aniqlash uchun qo'llana-digan formulani chiqaraylik.

(53) dan inersiya momenti J ni quyidagicha topamiz:

$$J = \frac{M}{\beta} \quad (59)$$

Aylantiruvchi kuch momenti M ni ipning taranglik kuchi sodir qiladi. Yuk pastga tushayotganda uning harakatiga Nyutonning ikkinchi qonunini quyidagicha yozamiz:

$$mg - F = m\alpha \quad \text{bundan} \quad F = m(g - \alpha)$$

Aylantiruvchi kuch momenti aylanish o'qiga nisbatan

$$M = F \cdot r = mr(g - \alpha) \quad \text{ga teng.} \quad (60)$$

bu yerda: r -shkiv radiusi.

Aylanma harakatning burchak tezlanishi chiziqli tezlanishi bilan o'zaro quyidagicha bog'langan

$$\alpha = \beta \cdot r \quad \text{bundan} \quad \beta = \frac{a}{r} \quad (61)$$

deb yoza olamiz. (60) va (61) ni (59) ga qo'yib ushbuni hosil qilamiz:

$$J = \frac{mr(g - a)}{a/r} = \frac{mr^2(g - a)}{a} \quad (62)$$

Yuk boshlang'ich tezliksiz tekis tezlanuvchan harakat bilan tushayotganligidan uning tezlanishi

$$a = \frac{2h}{t^2} \quad (63)$$

ga teng bo'ladi.

(63) formuladagi tezlanish a ning ifodasini (62) formulaga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$J = \frac{mr^2 \left(g - \frac{2h}{t^2} \right)}{2h/t^2} = \frac{mr^2(gt^2 - 2h)}{2h} \quad (64)$$

Tajriba vaqtida krestovina tayoqchalaridagi yuklarni aylanish o'qidan bir xil masofalarga mahkamlash zarur, shu holdagina krestovinaning aylanma harakati tekis tezlanuvchan bo'ladi. (64) formula yordamida

yuksiz (ya'ni tayoqchalardagi yuklar olingan) krestovinaning xususiy inersiya momenti J_0 ni hamda yuklarni aylanish o'qidan muayyan masofalarga o'rnatib, ularning inersiya momenti J_1 ni aniqlash mumkin.

Agar yuklarni aylanish o'qidan R masofada mahkamlasak, u holda krestovinaning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti J_R o'z navbatida J_0 va J_1 larning yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\mathbf{J}_R = \mathbf{J}_0 + \mathbf{J}_1 \quad (65)$$

bundan quyidagini yozamiz:

$$\mathbf{J}_1 = \mathbf{J}_R - \mathbf{J}_0 \quad (66)$$

Yuklarning inersiya momentini ikki xil usulda aniqlash mumkin:

1. (66) ifodaga ko'ra yuklarning inersiya momenti, yukli krestovina bilan yuksiz krestovina inersiya momentlarining ayirmasiga teng, ya'ni

$$J_1 = \frac{mr^2(gt_2^2 - 2h)}{2h} - \frac{mr^2(gt_1^2 - 2h)}{2h} = \frac{mr^2g}{2h}(t_2^2 - t_1^2) \quad (67)$$

Bu yerda: t_1 -yuksiz krestovinaga osilgan yukning tushish vaqti; t_2 -yukli krestovinaga osilgan yukning tushish vaqti.

2. Yuklarning inersiya momentini moddiy nuqtaning inersiya momenti kabi ham aniqlash mumkin. Biror yukning og'irlik markazidan aylanish o'qigacha masofasini R bilan belgilaymiz va massasi m_1 ni R^2 ga ko'paytirib, ya'ni m_1R^2 ni topsak, u 1 ta yukning inersiya momenti bo'ladi. Demak, bundan aylanish o'qiga nisbatan 4 ta yukning inersiya momenti

$$J_1^1 = 4m_1R^2 \quad (68)$$

ga teng bo'lishi ko'rinib turibdi.

Bu laboratoriya ishida tajriba usulida (67) ifoda yordamida topilgan J_1 ning qiymati, uning (68) yordamida hisoblangan qiymatiga yo'l qo'yilgan xatoliklar chegarasida o'zaro mos tushishi kerak. Bu ishda bunday mos tushishliklarni tayoqchadagi yuklarning aylanish o'qidan yana ikkita vaziyati uchun tekshiriladi. Masalan, 1-tajribada yuklar tayoqchalarning o'rtasida tursa, 2-tajribada aylanish o'qiga eng yaqin vaziyatda, 3-tajribada esa yuklar tayoqchalarning chekkasida turishi kerak.

Ishni bajarish tartibi. 1. Krestovina tayoqchalaridagi m_1 massali yuklar olib qo'yiladi.

2. Ip o'raladigan shkivning diametri d shtangensirkul bilan o'lchanadi, u holda shkiv radiusi $r = \frac{d}{2}$ ga teng bo'ladi.

3. Shkivga o'ralgan yukning ikkinchi uchiga m massali yuk osiladi.

4. Shkivga ip o'ralib yukni yuqoriga ko'taradi. So'ngra osilgan yukning tagi shtativdagi masshtabning qaysi bo'limi ro'parasida turganligini aniqlanib, pastki maydonchagacha balandlik h o'lchanadi.

5. Krestovinaga osilgan yukning tushishi boshlanishi paytida sekundomer yurgiziladi va pastki maydonchaga urilishida to'xtatiladi, so'ngra shu tarzda krestovinaga osilgan yukning tushish vaqti t_1 aniqlanadi.

6. Krestovina tayoqchalarining o'rtasiga har qaysisining massasi m_1 ga teng 4 ta yuklar aylanish o'qidan bir xil masofalarga mahkamlanadi. Agar yuklarning massasi noma'lum bo'lsa, ulardan birini shayinli tarozida tortib m_1 massasi aniqlanadi.

7. 5-punkttdagi o'xshash usulda bu gal ham yukning tushish vaqti t_2 aniqlanadi.

8. (67) formula yordamida yuklarning inersiya momenti J_1 hisoblanadi.

9. Aylanish o'qidan yuklarning o'rtasigacha masofa R o'lchanadi.

10. (68) formula yordamida yuklarning inersiya momenti J'_1 yana hisoblanadi.

11. Yuklarni krestovina tayoqchalariga yana ikkita vaziyatda o'rnatib, har gal yuqoridagi tartibda o'lchash va hisoblashlar takrorlanadi.

12. O'lchash va hisoblashlar natijalari 17-jadvalga o'ziladi:

17-jadval.

Aylanuvchi qattiq jism inersiya momentini aniqlashda
o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	m	m_1	r	h	t_1	t_2	J_1	J'_1	$J_1/J'_1 \cdot 100\%$
1									
2									
3									

13. $\frac{J_1}{J'_1}$ nisbati aniqlanadi va % larda ifodalanadi.

Sinov savollari

1. Qattiq jismning aylanma harakati deb uning qanday harakatiga aytiladi?
2. Kuch momenti va inersiya momentlarini ta'riflab, formulasini yozing.
3. Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasini yozing va tushuntiring.

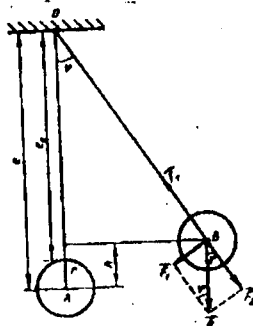
4. Yuksiz (yoki yukli) krestovinaning inersiya momentini aniqlaydigan formula qanday chiqariladi?
5. Yukli krestovina bilan impuls momentining saqlanish qonunini qanday tekshirish mumkin?
6. SI sistemasida kuch momenti va inersiya momentining birliklarini yozing.
7. Qurilmaning tavsifi va ishni bajarish tartibini bayon qiling.

9-ish. ERKIN TUSHISH TEZLANISHINI MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) unchalik katta bo'lmagan metall sharcha; 2) uzunligi 2 m ga yaqin cho'zilmaydigan ip; 3)chizg'ich; 4) shtangensirkul; 5) sekundomer.

Nazariy ma'lumotlar. Kundalik hayotimizda yuqoridan pastga tikkasiga baravar tashlangan bir necha jismlarning har xil vaqtda tushishi hammamizga ayon. Bunga jismlarga Yerning tortish kuchidan tashqari havoning qarshilik kuchi ham ta'sir qilishi sabab bo'ladi.

Jismning faqat Erning tor-tish kuchi sababli tushishini erkin tushish va shu jismning tezlanishi g ni erkin tushish tezlanishi deb yuritiladi. Yer sirtining istalgan nuqtasida barcha jismlarning erkin tushish tezlanishi bir xil bo'ladi. Agar jism yotiq tayanchda muvozanat holatda tursa, uning og'irligi o'z navbatida og'irlik kuchiga teng bo'ladi. Og'irlik kuchi jismning o'ziga, xuddi shu jismning og'irligi esa tayanchga ta'sir qiladi.



25-rasm. Matematik mayatnikning tebranishi.

Yerning turli geografik kengliklardagi nuqtalarida erkin tushish tezlanishining qiymati har xil bo'ladi. Masalan, Yer qutbida uning qiymati 983 sm/s^2 , ekvatorida esa 978 sm/s^2 ga teng.

Og'irlik kuchining tezlanishini matematik mayatnik yordamida aniqlashni ko'rib chiqaylik.

Matematik mayatnik deb, vaznsiz, cho'zilmas ingichka ipga osilgan moddiy nuqtaga aytiladi. Amalda cho'zilmas (aniqrog'i juda ham kam cho'ziladigan) ingichka ipga osilgan kichkina metall sharchani **matematik mayatnik** deb qarash mumkin.

25-rasmdan quyidagini yozamiz:

$$\frac{F_1}{P} = \sin \varphi \quad \text{bundan} \quad F_1 = P \cdot \sin \varphi$$

yoki $F_1 = mg \cdot \sin \varphi$ ni hosil qilamiz. Kuchning bu tashkil etuvchisi sharchani harakatga keltiradi. Agar F_1 kuchning yo'nalishi sharchaning tebranish yo'nalishiga teskariligini e'tiborga olsak, quyidagini yozish mumkin:

$$F_1 = -mg \cdot \sin \varphi \quad (69)$$

Muvozanat vaziyatdan og'ish burchagi kichik bo'lganda, $\sin \varphi$ ni φ bilan almashtirish, mayatnik harakatlanadigan yoyni esa to'g'ri chiziq kesmasi - siljish kattaligi x deb olish mumkin.

U vaqtda:

$$F_1 = -mg \cdot \sin \varphi = -mg \cdot \frac{x}{\ell} \quad (70)$$

Ma'lumki, F_1 ni qaytaruvchi kuch deb yuritiladi.

Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan sharchaga tezlanish berayotgan kuchning kattaligi quyidagiga teng:

$$F_1 = m \alpha = -m \omega^2 x \quad (71)$$

(70) va (71) lardan quyidagini yozamiz: $-mg \frac{x}{\ell} = -m \omega^2 x$ bundan

$\omega^2 = \frac{g}{\ell}$ e'ku $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ga tengligini eslasak, $\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{g}{\ell}$ bundan quyidagini hosil qilamiz:

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} \quad (72)$$

bu yerda: ℓ -matematik mayatnik uzunligi, T -mayatnikning to'la tebranish davri.

Mayatnikning uzunligi ℓ , ipning uzunligi ℓ_0 bilan sharcha radiusi r ning yig'indisiga teng:

$$\ell = \ell_0 + r$$

Tajriba vaqtida mayatnikning biror vaqtda tebranishlari soni N dan foydalanib, tebranish davrini quyidagicha topamiz:

$$T = \frac{\tau}{N}$$

Agar T ning bu ifodasini (72)ga qo'ysak, ushbu formulani keltirib chiqaramiz:

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{\tau^2 / N^2} = \frac{4\pi^2 \ell N^2}{\tau^2} \quad (73)$$

Ishni bajarish tartibi. 1. Chizg'ich yordamida mayatnik ipining tanlab olingan uzunligi ℓ_0 va shtangensirkul bilan sharcha diametri d lar

5 martadan o'lchanadi (bunday holda sharcha radiusi $r = \frac{d}{2}$ ga teng).

2. Har qaysi o'lchashdagi mayatnikning uzunligi $\ell = \ell_0 + r$ lar hisoblanadi.

3. Mayatnikning biror N marta tebranishi uchun ketgan vaqt ham 5 marta o'lchanadi. Aniqlik natijalarni olish uchun mayatnikni 60-100 marta tebrantirish kerak.

4. Olingan ma'lumotlar asosida $\langle \ell \rangle$, $\Sigma \Delta \ell^2$, $\langle \tau \rangle$, $\Sigma \Delta \tau^2$ lar hisoblanadi. O'lchash va hisoblashlar natijalari 18-jadvalga yoziladi.

18-jadval.

Erkin tushish tezlanishini matematik mayatnik yordamida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajriba-lar	ℓ	$\Delta \ell$	$\Delta \ell^2$	τ	$\Delta \tau$	$\Delta \tau^2$	g	Δg	Eg
1									
2									
3									
4									
5									
O'rtacha qiymat									

5. Bevosita o'lchashlarning absolyut xatoliklari quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi:

$$\Delta \ell = t_{p,n} \cdot \sqrt{\frac{\Sigma \Delta \ell^2}{n \cdot (n-1)}}; \quad \Delta \tau = t_{p,n} \cdot \sqrt{\frac{\Sigma \Delta \tau^2}{n \cdot (n-1)}};$$

Bu formulalar asosida hisoblashda ishonchlilikning qiymati $p=0,95$ va $n=5$ deb olinadi.

6. Erkin tushish tezlanishi g ning o'rtacha arifmetik qiymati hisoblanadi:

$$\langle g \rangle = \frac{4\pi^2 \langle \ell \rangle N^2}{\langle \tau \rangle^2}$$

7. Erkin tushish tezlanishini aniqlashdagi nisbiy xatolik quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$E_g = \frac{\Delta g}{\langle g \rangle} = \sqrt{\left(\frac{2\Delta\pi}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\ell}{\langle \ell \rangle}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta\tau}{\langle \tau \rangle}\right)^2}$$

8. Absolyut xatolik esa quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta g = E_g \cdot \langle g \rangle$$

Δg va E_g larning qiymatlari ham 18-jadvalga yoziladi.

9. Oxirgi natijani quyidagicha yoziladi:

$$g = \langle g \rangle \pm \langle \Delta g \rangle; \quad r = 0,95; \quad E_g = \dots\%$$

Sinov savollari

1. Jismlarning qanday harakati erkin tushishi deb aytiladi?
2. Erkin tushish tezlanishi g ning qiymatlari geografik koordinatlarga bog'liqmi? Agar bog'liq bo'lsa sababi qanday?
3. Nima uchun mayatnikning tebranish davrini uning ko'p marta tebranishlari asosida topiladi?
4. Matematik mayatnik tebranish davri formulasi qanday chiqariladi?

10-ish. ERKIN TUSHISH TEZLANISHINI AFDARMA MAYATNIK YORDAMIDA ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) ag'darma mayatnik; 2) 1 m uzunlikdagi chizg'ich; 3) sekundomer; 4) mayatnikning og'irlik markazini aniqlashda ishlatiladigan prizma.

Nazariy ma'lumotlar. Erkin tushish tezlanishi g ni juda katta aniqlik bilan o'lchashlarda har qanday real mayatnikni matematik mayatnik deb qarab bo'lmaydi. Istalgan mayatnikning inersiya momentini ham o'ta aniqlik bilan o'lchash qiyin. Bunday hollarda fizik mayatniklarning alohida turi-ag'darma mayatniklar qo'llaniladi.

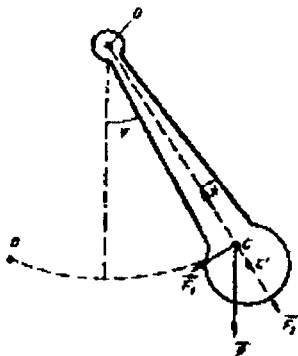
Fizik mayatnik deb, og'irlik markazidan o'tmagan ammo unga parallel holda jisimning ixtiyoriy nuqtasidan o'tuvchi yotik, o'q atrofida og'irlik kuchi ta'sirida tebranadigan jisimga aytiladi. Bizga sxematik ravishda 26-rasmda tasvirlangandek fizik mayatnik berilgan bo'lsin. Uni chizma tekisligiga tik yo'nalgan O yotiq o'q atrofida muvozanat vaziyatdan φ burchakka og'dirib qo'yib yuborsak, og'irlik kuchining F_1 tashkil etuvchisi ta'sirida erkin tebranishlarini davom ettiradi. Agar osish nuqtasida qarshilik kam bo'lsa, mayatnik ancha uzoq vaqt tebranadi.

Mayatnikni muvozanat vaziyatga keltiruvchi kuch vazifasini P og'irlik kuchi emas, balki uning F_1 tashkil etuvchisi o'taydi, ikkinchisi F_2 tebranish o'qining O nuqtasiga qo'yilgan reaksiya kuchi N ga miqdor jihatdan teng, ammo qarama-qarshi yo'nalgan bo'lganidan, ular bir-birini muvozanatlaydi (26-rasm).

Fizik mayatnikning tebranish davri T quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgL}} \quad (74)$$

bu yerda: J -fizik mayatnikning tebranish o'qiga nisbatan inersiya momenti; m -fizik mayatnik massasi; $L=OC$ bo'lib, og'irlik markazi bilan tebranish o'qi (osish nuqtasi) orasidagi masofa.



26-rasm. Fizik mayatnik

Fizik mayatnik bilan bir xil davrli matematik mayatnikning uzunligi shu fizik mayatnikning *keltirilgan uzunligi* deyiladi. Fizik va matematik mayatniklarning tebranish davrlarini ifodalaydigan formulalarni o'zaro solishtirsak, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi qo'yidagiga teng ekanligi chiqadi:

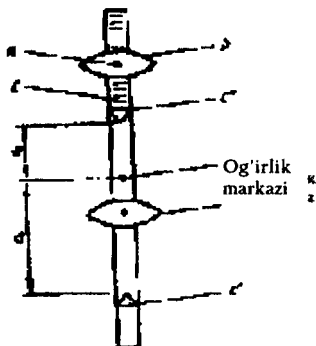
$$\ell_{\kappa} = \frac{J}{mL} \quad (75)$$

(74) formulaga asosan g ni aniqlash uchun fizik mayatnik tebranish davri T , massasi m , inersiya momenti J larni o'lchash kerak. Ammo murakkab shakldagi jismlarning inersiya momentini aniqlash ancha mushkul ish bo'lib, uni etarlicha aniqlik bilan hisoblash qiyin.

Shuning uchun fizik mayatnik yordamida g ni aniqlashning boshqa usullaridan, ya'ni fizik mayatnikning alohida turi-ag'darma mayatnikdan foydalaniladi.

Agar mayatnikning dastlabki tebranish o'qi va og'irlik markazini birlashtiruvchi chiziq bo'ylab tebranish o'qini ko'chira borsak, shunday bir S^1 nuqtani topish mumkinki, bu nuqtaga fizik mayatnikning aylanish o'qini ko'chirganda ham uning tebranish davri o'zgarishsiz qoladi. Bunday xossaga ega S^1 nuqta *tebranish markazi* deyiladi (27-rasm).

Har qanday fizik mayatnikda shunday ikki S^1 va S^{11} nuqtalarni topish mumkinki, unda mayatnikni avval S^1 nuqtaga, keyin ag'darib S^{11} nuqtaga osilganda, mayatnik-ning tebranish davri o'zgar-may qoladi.



27-rasm. Ag'darma mayatnik.

Mayatnik yordamida og'irlik kuchi tezlanishini aniqlash uchun ag'darma mayatniklarning xuddi shu xossasidan foydalaniladi.

Mayatnikni S^I nuqtasidan osganda, uning to'la tebranishlar davri T_1 ga teng bo'lsin. Mayatnikni ag'darib S^{II} nuqtasiga osganda, uning to'la tebranish davri T_2 bo'lsin.

(74) formuladan foydalanib, Shteyner teoremasini nazarda tutgan holda T_1 va T_2 lar uchun ushbu ifodalarni yozamiz:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + ma_1^2}{mga_1}}; \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + ma_2^2}{mga_2}};$$

bu yerda: J_0 - mayatnikning 0 o'qqa nisbatan inersiya momenti.

Bu tengliklarni birgalikda echib og'irlik kuchi tezlanishi g ni aniqlash uchun quyidagi formulani olamiz:

$$g = \frac{2\pi^2 \cdot \ell_k}{T_1^2 + T_2^2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{T_1^2 - T_2^2}{T_1^2 + T_2^2} \cdot \frac{\ell_k}{a_1 - a_2}} \quad (76)$$

Og'irlik kuchi tezlanishini ag'darma mayatnik yordamida aniqlashda qo'llaniladigan (76) tenglikni Bessel formulasi deb yuritiladi. Bu formula yordami bilan ag'darma mayatnikning tebranish davrlari bir-biriga taxminan teng bo'lganda g ning qiymatini etarlicha aniqlik bilan topish mumkin.

Qurilma tavsifi. Eng oddiy ag'darma mayatnik S^I va S^{II} nuqtalardagi tayanch prizmalar hamda qo'zg'almas Q va qo'zg'aluvchan D disklarga ega metall tayoqchadan iborat (27-rasm). Disk D ni shkala bo'ylab siljitish va kerakli vaziyatda K vint bilan mahkamlash mumkin.

Ag'darma mayatnikni devorga o'rnatilgan kronshteyndagi ilish joyiga S^I prizma orqali osiladi. Mayatnikning osish nuqtasini o'zgartirishda mayatnikni ag'darib S^{II} prizma orqali osib qo'yiladi. Tayanch prizmalar orasidagi masofa o'zgarmas bo'lib,

$$\ell_k = a_1 + a_2 = 730 \text{ mm} = 73 \text{ sm} \text{ ga teng.}$$

Ishni bajarish tartibi. 1. Mayatnikni ustidagi stol uch oyoqli prizмага yotiq holatda joylashtiriladi va mayatnik tayoqchasini o'ngga yoki chapga surib, og'irlik markazi (S nuqta) aniqlanadi.

2. Aniqlangan og'irlik markazidan S^1 va S^{11} prizmalargacha bo'lgan masofalar a_1 va a_2 lar o'lchanadi. Yoki S nuqtadan S^{11} prizmagacha masofa a_2 ni o'lchab, S nuqtadan S^1 prizmagacha masofani $a_1 = \ell_k - a_2$ deb yoza olamiz.

3. Mayatnikni S^1 prizмага o'rnatib, so'ngra muvozanat vaziyatidan 4-5^o ga chetlashtiramiz. Mayatnikning 3-4 marta tebranishini o'tkazib yuborgandan keyin sekundomer yurgiziladi va to'la tebranishlar uchun sarflangan vaqtni hisoblash boshlanadi.

4. Mayatnikning N marta to'la tebranishi uchun ketgan vaqt τ_1 ni o'lchab, bir marta to'la tebranish uchun ketgan vaqt $T_1 = \frac{\tau_1}{N}$, ya'ni to'la tebranish davri T_1 hisoblanadi. Bu xildagi o'lchashlar kamida 3 marta takrorlanadi.

5. Mayatnikni ag'darib S^{11} prizмага osilgandagi to'la tebranish davri $T_2 = \frac{\tau_2}{N}$ aniqlanadi.

27-rasmdagi $\ell_k = a_1 + a_2$ fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi ekanligini e'tiborda saqlash lozim.

6. Tajribalardagi ℓ_k , a_1 , a_2 , T_1 va T_2 larning qiymatlarini (76) formulaga qo'yib olingan joydagi og'irlik kuchi tezlanishi g ning qiymatlari hisoblanadi.

O'lchash va hisoblashlar natijalari 19-jadvalga yoziladi.

19-jadval.

Erkin tushish tezlanishini ag'darma mayatnik yordamida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajibalar	N	τ_1	T_1	τ_2	T_2	a_1	a_2	g	Δg	E_g
1										
2										
3										
O'rtacha qiymat										

7. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$g = \langle g \rangle \pm \langle \Delta g \rangle \quad E_g = \dots \%$$

Sinov savollari

1. Garmonik tebranma harakat deb qanday harakatga aytiladi?
2. Matematik mayatnik deb qanday mayatnikka aytiladi?

3. Fizik mayatnik deb qanday mayatnikka aytiladi?
4. Fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi deb nimaga aytiladi?
5. Bessel formulasi qanday izohlanadi?
6. Ag'darma mayatnikning qanday xossasi bor?
7. g ni fizik mayatnikda aniqlashning matematik mayatnik yordamida aniqlashdan qanday afzalligi bor?

11-ish. SUYUQLIKNING ICHKI ISHQALANISH KOEFFISIENITINI SHARCHANING TUSHISH USULI BILAN ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) uzunligi 100 sm ga yaqin va diametri 5-6 sm shisha idish; 2) tekshiriladigan suyuqlik; 3) mikrometr; 4) sekundomer; 5) metall sharchalar; 6) masshtabli chizg'ich.

Nazariy ma'lumotlar. Suyuqliklarning ikki xil: qatlamli (laminar) va uyurmali (turbulent) oqimlari mavjudligini bilamiz. Suyuqliklarning qatlamli oqimida turli qatlamlar aralashmasdan, bir-biriga nisbatan sirpanib oqadi va bunday oqim suyuqlik harakati tezligi kam bo'lganda kuzatiladi. Suyuqlikning tezligi ortib borishi bilan qatlamli oqim uyurmali oqimga aylanib, suyuqlik qatlamlari aralashib ketadi.

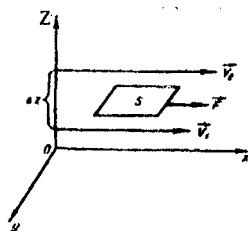
Masalan, anhor suvlarining oqish tezligi anhor qirg'og'ida turgan kishiga unchalik katta emasday tuyuladi. Ammo yoz oylarida unda cho'miluvchilar suvning ichkari qismi tezroq oqishini bemalol bilishlari mumkin. Anhor yuzining sekinroq oqishining sababi suyuqlikning sirtqi qatlamining havo hamda anhor yon sirlari bilan ishqalanishidir.

Shunday qilib, suyuqlikning bir qatlami ikkinchi qatlamiga nisbatan ko'chganda bu qatlamlar orasida ichki ishqalanish kuchlari vujudga keladi. YA'ni tezroq harakat qilayotgan suyuqlik molekulalari tomonidan sekinroq harakat qilayotgan molekulalarga tezlashtiruvchi kuch va aksincha, sekin harakat qilayotgan molekulalar tezroq oqayotgan molekulalarga sekinlashtiruvchi kuch bilan ta'sir qiladi.

Natijada bu molekulalar joylashgan qatlamlar orasida, shu qatlamlar sirtiga urinma yo'nalgan ichki ishqalanish kuchlari vujudga keladi.

Yuzalari S dan iborat suyuqlikning bir-biridan ΔZ masofada joylashgan ikki qatlami tezliklari $\vec{v}_1$ va $\vec{v}_2$ ga teng va $\vec{v}_2 > \vec{v}_1$ deb olaylik (28-rasm).

Bu qatlamlar tezliklarining ayirmasi $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ ning suyuqlik harakatiga tik yo'nalishda olingan qatlamlar orasidagi masofa ΔZ ga nisbatini, ya'ni $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta Z}$ nisbatni *tezlik gradienti* deb yuritiladi.



28-rasm. Suyuqlikda ichki ishqalanish.

Demak, tezlik gradienti oqim tezligiga tik yo'nalishda bir qatlamdan boshqa qatlamga o'tganda, tezlikning uzunlik birligida qanchalik o'zgarishini ko'rsatadi.

I.Nyuton tekshirishlari ko'rsatdiki, suyuqlik qatlamlari orasida hosil bo'luvchi ichki ishqalanish kuchi $\bar{F}$, bir-biriga tegib turuvchi qatlamlar yuzi S ga va bu qatlamlar orasidagi tezlik gradienti $\frac{\Delta v}{\Delta Z}$ ga to'g'ri mutanosib bo'ladi va ichki ishqalanish kuchining modul qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$F = \eta \cdot \frac{\Delta v}{\Delta Z} \cdot S \quad (77)$$

(77) formuladagi η koeffisientni suyuqlikning ichki *ishqalanish koeffisienti* yoki *dinamik qovushoqlik koeffisienti* deyiladi. Uning fizik ma'nosini tushuntirish uchun (77) formulani quyidagicha yozamiz:

$$\eta = \frac{F}{(\Delta v / \Delta Z) \cdot S} \quad (78)$$

Agar $\frac{\Delta v}{\Delta Z} = 1$ va $S=1$ deb olinsa, (78) formuladan $\eta = F$ kelib chiqadi.

Demak, dinamik qovushoqlik koeffisienti tezlik gradienti bir birlikka teng bo'lganda, o'zaro tegib turuvchi qatlamlarning yuza birligiga ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchiga son qiymati jihatidan tengdir. Dinamik qovushoqlik koeffisientining SI sistemasidagi birligini aniqlaylik. Agar (78) formulada

$$F = 1H, \frac{\Delta v}{\Delta Z} = 1 \frac{m/s}{m} = 1s^{-1} \text{ deb olsak, ushbuni hosil qilamiz:}$$

$$\frac{1N}{1s^{-1} \cdot 1m^2} = 1Pa \cdot s$$

Bu birlik Paskal-sekund deb yuritiladi. Shunday qilib, $1Pa \cdot s$ suyuqlikning shunday ichki ishqalanish koeffisientiki, bunda tezlik gradienti ($1s^{-1}$) ga teng bo'lganda, qatlamlarning $1m^2$ yuziga ta'sir qiladigan ishqalanish kuchi $1N$ ga teng bo'ladi.

Ichki ishqalanish koeffisientining SGS sistemasidagi birligini fransuz olimi J.L.M.Puazeyl sharafiga Puaz (Pz) deb yuritiladi. Chunki Puazeyl birinchilardan bo'lib (1842) suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffisientining qiymatini ancha aniq topgan.

Suyuqlikning ichki ishqalanish koeffisienti birligi $1Pz$ ni quyidagicha ifodalaymiz:

$$1P_3 = \frac{1 \text{ din} \cdot s}{1 \text{ sm}^2}$$

Demak, 1 puaz suyuqlikning shunday ichki ishqalanish koefisientiki, bunda tezlik gradienti $1 \cdot s^{-1}$ ga teng bo'lganda, qatlamlarning 1 sm^2 yuziga ta'sir qiladigan ishqalanish kuchi 1 din ga teng bo'ladi.

Suyuqlikning ichki ishqalanish koefisientining 1 Pa·s va 1 Pz birliklari orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$1Pa \cdot s = \frac{1N \cdot 1s}{1m^2} = \frac{10^5 \text{ din} \cdot 1s}{10^4 \text{ sm}^2} = 10 \text{ din yoki } 1Pa \cdot s = 10P_3$$

Suyuqlikning harorati ortishi bilan ichki ishqalanish koefisienti kamaya boradi. Masalan, suv uchun 0°S da $\eta = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot s$, 50°S da $\eta = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot s$ va 90°S da esa $\eta = 3 \cdot 10^{-4} \text{ Pa} \cdot s$ ga teng bo'lib qoladi, boshqacha aytganda suvning harorati 0°S dan 90°S gacha oshganda, uning ichki ishqalanish koefisienti 6 marta kamayadi.

Biz yuqorida suyuqliklardagi ichki ishqalanish koefisienti haqida to'xtab o'tdik. Undagi mulohazalar gazlar uchun ham taaluqlidir. Biroq gazlarning ichki ishqalanish koefisientining qiymati suyuqliknikidan ancha kam. Bundan tashqari gazlarning harorati ko'tarilishi bilan esa ichki ishqalanish koefisienti ortadi.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Ichki ishqalanish koefisientini aniqlashning turli usullari mavjud. Biz shu usullar orasidan ingliz fizigi va matematigi D.G. Stoks tomonidan (1850 y) taklif qilingan qovushoq suyuqlikda sharchaning tushishi usulini qarab chiqamiz.

Ho'llaydigan qovushoq suyuqlik ichida qattiq jism harakatlanganida, suyuqlikning jismni ho'llagan qatlami uning yuziga yopishib olib, u bilan birga harakat qiladi. Natijada harakatlanayotgan qatlam bilan tinch turgan qatlam orasida ishqalanish kuchi sodir bo'ladi. Buning oqibatida suyuqlikda harakatlanayotgan qattiq jism ichki ishqalanish kuchiga teng qarshilikka uchraydi. Biror qovushoq suyuqlik (gliserin yoki kanakunjut moyi) qo'yilgan shisha idishga sharcha shaklidagi qattiq jismni tushiraylik. Agar sharchaning o'lchami va tezligi uncha katta bo'lmasa hamda sharcha tushayotganda, uning ketida uyurma paydo bo'lmayotgan bo'lsa, sharchaga Stoks qonuniga ko'ra quyidagi ichki ishqalanish kuchi F ta'sir qiladi:

$$\vec{F} = 6\pi\eta \cdot r \cdot \vec{v} \quad (79)$$

bu yerda: r - sharcha radiusi; v - sharchaning barqarorlashgan harakatidagi tezligi; η - suyuqlikning ichki ishqalanish (qovushoqlik) koefisienti.

Tushayotgan bir jinsli qattiq sharchaning radiusi r ga va massasi m ga teng bo'lsin. SHarcha qovushoq suyuqlikda tik tushayotganda unga 3 ta kuch ta'sir qiladi:

1) sharchaga ta'sir qilayotgan og'irlik kuchi $\vec{P} = m\vec{g}$ ga teng bo'lib, bu kuch tik pastga yo'nalgan.

Sharcha massasi m , hajmi V , zichligi ρ orasidagi $m = \rho \cdot V$ va sharchaning hajmi $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$ ga tengligini e'tiborga olsak, sharchaga ta'sir qilayotgan og'irlik kuchini quyidagicha ifodalaymiz:

$$\vec{P} = m\vec{g} = \rho V \vec{g} = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \vec{g} = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho \vec{g} \quad (80)$$

2) tushayotgan sharchaga Arximed qonuniga ko'ra ta'sir qiladigan ko'tarish kuchi tik yuqoriga yo'nalgan bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{F} = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot \rho_1 \cdot \vec{g} \quad (81)$$

bu yerda: ρ_1 - suyuqlikning zichligi.

3) suyuqlikning ichki ishqalanish kuchi $\vec{F} = 6\pi\eta r\vec{v}$

Sharchaga $\vec{F}$ va $\vec{F}_1$ kuchlar tik holatda yuqoriga yo'nalishda ta'sir qiladi (29-rasm).

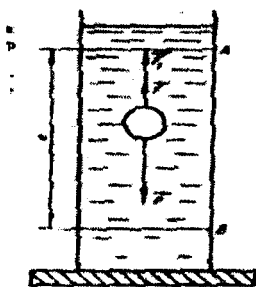
Tushayotgan sharcha uchun Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan harakat tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$\vec{F} + \vec{F}_1 + \vec{P} = m\vec{a}$$

Bu tenglamaning tik o'qdagii proeksiyasi quyidagicha yoziladi:

$$F + F_1 + P = ma \quad (82)$$

Sharcha tushayotganda



29-rasm. Qovushoq suyuqlikda tushayotgan sharchaga ta'sir qiluvchi kuchlar.

dastlab havoda tekis tezlanuvchan harakat qiladi.

Sharcha suyuqlikka kelib tushgandan keyin yuqorida qayd qilingan kuchlar ta'sirida suyuqlikning ma'lum qatlamida tekis sekinlanuvchan harakat qiladi. So'ngra unga ta'sir qiluvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'lgan paytdan boshlab sharcha suyuqlik ichida tekis harakat qila boshlaydi (demak, harakat tezlanishi $a=0$ ga teng bo'lib qolganda). Sharcha doimiy tezlik bilan tushayotganida (82) formula quyidagicha ifodalanadi:

$$F + F_1 - mg = 0$$

yoki

$$F = mg - F_1$$

Agar F , P va F_1 larning (79), (80), (81) lardagi ifodalarini (83) ga qo'ysak,

$$6\pi\eta r v = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_1 g = \frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho - \rho_1)$$

yoki bundan $\eta = \frac{2}{9} r^2 \cdot g \frac{(\rho - \rho_1)}{v}$ ni hosil qilamiz.

Agar bu tenglikdagi va $v = \frac{\ell}{\tau}$ va $r = \frac{d}{2}$ ligini e'tiborga olsak, quyidagi ifodani keltirib chiqaramiz:

$$\eta = \frac{1}{18} d^2 \cdot g \tau \cdot \frac{\rho - \rho_1}{\ell} \quad (84)$$

bu yerda: d -sharcha diametri; ℓ -shisha idishdagi A va B belgilar orasidagi masofa (bu oraliqda sharcha tekis harakat qiladi), τ - sharchaning belgilar orasidagi masofani o'tish vaqti.

Agar g , ρ , ρ_1 va ℓ larning tajriba vaqtida o'zgarmasligini hisobga olsak, quyidagicha belgilashni kirita olamiz:

$$\kappa = \frac{1}{18} \cdot g \frac{\rho - \rho_1}{\ell} \quad (85)$$

u holda (84) ni o'zgartirib, quyidagi natijaviy formulani hosil qilamiz:

$$\eta = \kappa d^2 \tau \quad (86)$$

Uzunligi 1 m ga yaqin va diametri 5-6 sm bo'lgan silindrik shisha idish olib, unga A va B belgilar qo'yiladi (yoki rezina halqani shishaga kiydirib qo'yiladi). Bu silindrik idish taglikka mahkamlanadi, so'ngra taglik vintlari va shoqul yordamida idishning tik holatdali tekshiriladi. Silindr ichiga sig'adigan qilib yasalgan uchida mayda to'rtli g'alviri bor cho'michni ishni bajarishdan oldin idish tagiga tushirib qo'yiladi, bu yordamida suyuqlikka tushirilgan sharchalar olinadi. A belgidan 3-4 sm yuqori sath hosil qilib bu o'rnatilgan idishga tekshiriluvchi qovushoq suyuqlik quyilib qurilma ishga tayyorlanadi.

Ishni bajarish tartibi. 1. Sharchalar zichligi ρ , tajriba o'tkazilayotgan xona haroratidagi suyuqlik zichligi ρ_1 va og'irlik kuchi tezlanishi g ning qiymatlari jadvallardan olinadi.

2. Masshtabli chizg'ich bilan A va B belgilar orasidagi masofa ℓ o'lchanadi.

3. (85) bo'yicha κ koeffisient hisoblanadi.

4. 3 ta sharcha tanlab olinadi. Dastlabki tajribada 1-sharchaning har xil joylaridan mikrometr bilan 5 marta diametri o'lchanadi.

5. Shu sharchani tekshirilayotgan suyuqlikka tushirib, A va B belgilar orasidan o'tish vaqti τ sekundomer bilan o'lchanadi. Sharchani idishdan olib, yaxshilab artib ikkinchi marta tushish vaqti o'lchanadi va shu tarzda o'lchashlar 5 marta takrorlanadi.

6. O'lchashlardan olingan ma'lumotlar asosida $\langle \tau \rangle$, $\langle d \rangle$ lar hisoblanadi:

7. Ichki ishqalanish koefitsientining o'rtacha arifmetik qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$\langle \eta \rangle = k \cdot \langle d^2 \rangle \cdot \langle \tau \rangle$$

8. Sharchaning diametrini va suyuqlikda tushish vaqtini o'lchashdagi absolyut xatoliklar quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta d = t_{p,n} \sqrt{\frac{\Sigma \Delta d^2}{n \cdot (n-1)}} \quad \Delta \tau = t_{p,n} \sqrt{\frac{\Sigma \Delta \tau^2}{n \cdot (n-1)}}$$

Qo'llanma jadvallardan: $p=0,95$ va $n=5$ ga mos Styudent koefitsienti aniqlanadi.

9. Ichki ishqalanish koefitsienti η ni aniqlashdagi nisbiy xatolik quyidagicha aniqlanadi:

$$E_r = \frac{\Delta \eta}{\langle \eta \rangle} = \sqrt{\left(2 \frac{\Delta d}{\langle d \rangle} \right)^2 + \left(\frac{\Delta \tau}{\langle \tau \rangle} \right)^2}$$

10. η ni o'lchashdagi absolyut xatolik quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\Delta \eta = E_\eta \cdot \langle \eta \rangle$$

11. O'lchash va hisoblash natijalari 20-jadvalga yoziladi:

20-jadval.

Suyuqlikning ichki ishqalanish koefitsientini sharchaning tushishi usulida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajriba-lar	ρ	p_1	g	ℓ	τ	$\Delta \tau$	$\Delta \tau^2$	d	Δd	Δd^2	η	$\Delta \eta$	E_η
1													
2													
3													
4													
5													
O'rtacha qiymat													

12. Oxirgi natija esa quyidagicha yoziladi.

$$\eta = \langle \eta \rangle \pm \langle \Delta \eta \rangle ; \quad p = 0,95 ; \quad E_r = \dots \%$$

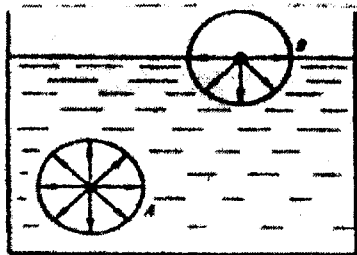
Sinov savollari

1. Suyuqliklarning qanday harakati laminar va turbulent oqim deb ataladi?
2. Ichki ishqalanish kuchlarining vujudga kelishi qanday tushuntiriladi?
3. Ichki ishqalanish kuchining kattaligi haqidagi Nyuton formulasini izohlang.
4. Ichki ishqalanish koeffisienti deb nimaga aytiladi? U qanday birliklarda o'lchanadi?
5. Ichki ishqalanish koeffisienti Stoks usuli bilan qanday aniqlanadi?
6. Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffisienti kattaligi suyuqlik haroratiga qanday bog'langan?

12-ish. SUYUQLIKNING SIRT TARANGLIK KOEFFISIENITINI HALQANI SUYUQLIK SIRTIDAN UZISH USULI BILAN ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) prujinali tarozi; 2) tarozi toshlari; 3) tekshiriladigan suyuqlik quyilgan idish; 4) shtangensirkul; 5) sovin eritmasi; 6) filtr qog'oz.

Nazariy ma'lumotlar. Suyuqliklar ham qattiq va gazsimon moddalar singari molekulalardan tashkil topgan bo'lib, ular orasida tutinish kuchlari mavjud. Suyuqlikning har bir molekulasiga, uni o'rab turgan va $1,5 \cdot 10^{-9}$ m gacha masofada joylashgan shu suyuqlikning boshqa molekulalari ta'sir qiladi. Shuning uchun olingan molekula atrofida radiusi $R = 1,5 \cdot 10^{-9}$ m ga teng sfera chizsak bunga molekulyar ta'sir sferasi deyiladi, molekula shu sferaning ichidagi molekulalar bilangina o'zaro ta'sirda bo'la oladi. Suyuqlik ichidagi biror A molekulaning boshqa molekulalar bilan o'zaro ta'sirini qaraylik. (30-rasm).



30-rasm. Suyuqlik sirtida molekulyar bosimning hosil bo'lishi

Suyuqlik ichidagi A molekula atrofida chizilgan molekulyar ta'sir sferasi-ning ichida shu suyuqlikning juda ko'p molekulalari mavjud. Olingan A molekulani hamma tomondan shu suyuqlikning bir xil sondagi boshqa molekulalari o'rab olgan.

Bu molekulalarning A molekulaga ta'sir kuchlari qarama-qarshi tomonlarga yo'nalganidan, o'rtacha hisobda o'zaro kompensasiyalashadi. Demak, olingan molekulaga shu molekula atrofidagi molekulyar ta'sir sferasining ichidagi barcha molekulalarning ta'sir kuchlari yig'indisi nolga teng.

Suyuqlik sirtiga juda yaqin joylashgan B molekulaning qo'shni molekulalar bilan ta'sir kuchi boshqacha ro'y beradi. Bu holda molekulyar ta'sir sferasining yarmisi suyuqlikdan yuqoriga chiqqan. B molekula o'ng va chap tomonidan, pastidan suyuqlik molekulalari bilan o'zaro ta'sir qilsa, yuqorisidan esa shu suyuqlik bug'lari molekulalari va gaz molekulalari bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. Natijada molekulyar ta'sir sferasining ichida yon tomonlarda joylashgan molekulalarning ta'siri qarama-qarshi yo'nalishlarda bir xil bo'lganidan bir-birini kompensasiyalaydi.

Olingan molekulaning pastdan shu suyuqlik molekulalari bilan ta'sir kuchi, yuqorisidan bug' va gaz molekulalari bilan ta'sir kuchidan ortiq. Shuning uchun suyuqlik sirtidagi har bir molekula suyuqlik ichiga tomon tortilib turadi.

Shunday qilib, suyuqlikning sirtidagi qalinligi taxminan $1,5 \cdot 10^{-9}$ m sirt qatlami alohida holatda turadi va bu qatlamning pastki qatlamlarga bo'lgan bosimi *molekulyar bosim* deyiladi.

Aniqrog'i sirt qatlamdagi molekulalarni pastga tortuvchi kuchlarning sirt qatlamning 1 m^2 sirtiga to'g'ri kelgan qiymati ichki yoki molekulyar bosim deb ataladi. Uning qiymati ancha katta. Masalan, suv uchun molekulyar bosim taxminan $11 \cdot 10^8$ Pa ga teng.

Molekulaning suyuqlik ichkarisidan sirt qatlamga o'tishi suyuqlikning ichki qatlamlarida joylashgan molekulalarning tortish kuchiga teskari yo'nalishda ro'y beradi. Demak, sirt qatlamga o'tishda uning holat energiyasi molekulyar kuchlarga qarshi bajarilgan ish hisobiga oshadi. Shuning uchun suyuqlikning sirtida turgan molekulalar boshqa qatlamlarga nisbatan ortiqcha potensial (erkin) energiyaga ega bo'ladi. Bu energiya muvozanat holatda minimal qiymat olishga intiladi yoki suyuqlik sirtini eng qisqa (tarang) holda saqlaydi va bu suyuqlik sirtiga urinma ravishda yo'nalgan sirtni taranglovchi kuchlar mavjudligini bildiradi. Bu kuchlar *sirt taranglik kuchlari* deb yuritiladi.

Suyuqlikning sirtida ro'y beradigan bu hodisani xarakterlash uchun sirt taranglik koefitsienti tushunchasini kiritiladi.

Suyuqlik sirtini chegaralovchi chiziqning uzunlik birligiga ta'sir etuvchi kuchni xarakterlaydigan kattalik sirt taranglik koefitsienti deyiladi. Agar sirt taranglik kuchini F , suyuqlik sirt qatlami chegarasining uzunligini ℓ desak, sirt taranglik koefitsienti quyidagicha:

$$\alpha = \frac{F}{\ell} \quad (87) \text{ teng bo'ladi.}$$

Sirt taranglik koeffisienti SI sistemasida N/m , SGS sistemasida esa din/sm birliklarda o'lchanadi.

Turli suyuqliklarning sirt taranglik koeffisienti ham har xil bo'ladi. Ba'zi suyuqliklarning harorati 20° S ga teng bo'lganda sirt taranglik koeffisientlarining qiymatlari quyidagi 21-jadvalda keltirilgan.

21-jadval.

Turli suyuqliklarning sirt taranglik koeffisientlari

Suyuqlik turi	Sirt taranglik koeffisienti	
	SGS, din/sm	SI, N/m
Suv	73	$73 \cdot 10^{-3}$
Kerosin	24	$24 \cdot 10^{-3}$
Simob	470	$47 \cdot 10^{-2}$
Spirt, 1 % li	21	$21 \cdot 10^{-3}$
Sovun eritmasi	40	$4 \cdot 10^{-2}$

Suyuqliklarning sirt taranglik koeffisienti suyuqlikning haroratiga ham bog'liq. Suyuqlik harorati ortishi bilan sirt taranglik koeffisienti kamaya boradi va shu suyuqlikning kritik haroratida nolga teng bo'lib qoladi. Masalan, suvning 0°S dagi sirt taranglik koeffisienti 75,5 din/sm, 10°S dagisi 74 din/sm, 20°S dagisi 73 din/sm, 60°S dagisi 66 din/sm, 80°S da esa 62,3 din/sm ga teng bo'ladi.

Usulning nazariyasi va qurilma tavsifi. Suyuqlikning sirt taranglik koeffisientini aniqlash usullaridan biri suyuqlikdan halqani uzishdir.

Ichki diametri d_1 va tashqi diametri d_2 ga teng metall halqani ho'llaydigan suyuqlikka tekkizsak, suyuqlik molekulalari bilan halqa molekulalarining o'zaro ta'siri natijasida halqa suyuqlikning sirtiga tortiladi.

Bu halqaning ichki va tashqi aylanasi sirti bo'ylab joylashgan molekulalari bilan suyuqlik molekulalarining o'zaro ta'siridan yuzaga keluvchi tutinish kuchi tufayli hosil bo'ladi.

Agar halqani suyuqlikdan ajratmoqchi bo'lsak, bunga suyuqlik va halqa molekulalari orasidagi tutinish kuchlari qarshilik ko'rsatadi. Bu kuch halqaning ichkarisidan va tashqarisidan tegib turgan suyuqlikning sirt taranglik kuchiga teng bo'ladi. Halqa suyuqlikka ichki va tashqi sirti bo'ylab tegib turgani uchun umumiy uzunligi ℓ quyidagiga teng:

$$\ell = \pi d_1 + \pi d_2 = \pi(d_1 + d_2) \quad (88)$$

bu yerda: d_1 - halqaning ichki diametri;

d_2 - halqaning tashqi diametri.

Halqani suyuqlikdan uzib olgan kuch $P = \alpha \cdot \ell$ bo'lsa, (88) ifoda quyidagicha yozamiz:

$$P = \alpha \ell = \alpha(\pi d_1 + \pi d_2) = \pi \cdot \alpha(d_1 + d_2) \quad (89)$$

bundan sirt taranglik koeffisienti α ni topsak:

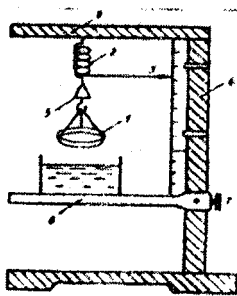
$$\alpha = \frac{P}{\pi(d_1 + d_2)} \quad (90)$$

Cuyuqlik (masalan, suv) ning sirt taranglik koeffisientini aniqlash uchun prujinali tarozi qo'llaniladi (31-rasm).

Metall halqa 1, prujina 2 ning yotiq strelkasi 3 bilan birgalikd asbob tepasidagi taxta 8 ga osilgan.

Halqaning ustiga tarozi toshlarini qo'yish uchun yupqa plastinka ham prujinaning pastki qismiga o'rnatilgan. Suvli idishni joylashtiris uchun stolcha (taxta) 6 xizmat qiladi. Uni vint 7 yordamida yuqorik ko'tarish va pastga tushirish mumkin. Asbobning prujinasi yuqor tomondan tayoqcha 4 ning tepasidan yotiq holatda o'rnatilgan taxta 8 g mahkamlangan va tik tayoqchaning o'ziga millimetrli chizg'icl yopishtirilgan.

Suvli idishni taxtaga qo'yilgach, uni vint yordamida halqaning yuzi botguncha ko'tariladi. Shu holatda suv halqaning ichki va tashqi sirtlarini ho'llaydi. Shundan keyin vintni burab suvli idishni asta pastga tushirish mumkin. Ishni bajarish tartibi. 1. Halqaning har xil joyidan shtan-gen-sirkul yordamida 5 martadan o'lchab, ichki diametri d_1 va tashqi diametri d_2 larni aniqlanadi.



31-rasm. Prujinali tarozi:

1-metall halqa, 2-prujina, 3-nayza, 4-tayoqcha, 5-yupqa plastinka, 6-taxta, 7-vint, 8-qurilma tepasidagi taxta.

Suvning halqani ho'llashiga to'sqinlik qiladigan, tajriba o'tkazuvchining qo'li tegishidan halqa sirtida yog' parda hosil bo'lishi mumkin. Buni ketkazish uchun halqa sovun eritmasida yuviladi. So'ngra toza suv bilan chayqab dokada artiladi va tarozi prujinasiga osiladi.

2. Tarozi taxtasiga suvli idish qo'yiladi va suvning sathi halqaga tekkuncha vint yordamida asta ko'tariladi.

3. Taxta 6 ni pastga asta-sekin tushira borganda unga qo'yilgan idishdagi suvning sathi pasaya borib, prujinani cho'zadi, prujinaning pastki uchiga o'rnatilgan yotiq strelka tik joylashgan chizg'ich shkalasi bo'yicha pastga siljiy boshlaydi. Prujinaning cho'zilishi ma'lum holatga etgach, halqa suvdan uziladi va boshlang'ich vaziyatiga ko'tariladi. Prujina cho'zilayotganda 3 strelkaning harakati kuzatila borib, uning halqaning suyuqlikdan uzilish paytida tik chizg'ichdan shkalaning nechanchi bo'limi ro'parasiga to'g'ri kelishi aniqlanadi va natija yozib olinadi.

4. Suvli idish taxta 6 dan olinadi, halqani filtr qog'oz bilan artib suv tomchilaridan tozalanadi.

5. Strelka halqani suyuqlikdan uzilish paytidagi shkala bo'limi ro'parasida turishiga erishilguncha halqa ustidagi plastinkaga tarozi toshlari qo'yib boriladi va qo'yilgan toshlarning og'irligi R aniqlanadi. Xuddi shu holatda toshlarning og'irligi sirt taranglik kuchiga teng bo'ladi:

$$F = P$$

6. Shu tarzda o'lchashlar 5 marta takrorlanadi va har gal P aniqlanadi.

7. Tajribalarda olingan ma'lumotlar asosida $\langle d_1 \rangle$, $\langle d_2 \rangle$ va $\langle P \rangle$ larni hamda sirt taranglik koeffisientining o'rtacha arifmetik qiymati hisoblanadi:

$$\langle \alpha \rangle = \frac{\langle P \rangle}{\pi(\langle d_1 \rangle + \langle d_2 \rangle)}$$

8. d_1 , d_2 va P larni o'lchashdagi absolyut xatoliklarni quyidagicha topiladi:

$$\Delta d_1 = t_{p,n} \cdot \sqrt{\frac{\sum \Delta d_1^2}{n \cdot (n-1)}}; \quad \Delta d_2 = t_{p,n} \cdot \sqrt{\frac{\sum \Delta d_2^2}{n \cdot (n-1)}};$$

$$\Delta P = t_{p,n} \cdot \sqrt{\frac{\sum \Delta P^2}{n \cdot (n-1)}};$$

Bunda ishonchlilik $\rho=0,95$ va $n=5$ deb ularga mos Styudent soni $t_{p,n}$ qo'llanma jadvaldan olinadi.

9. Sirt taranglik koeffisientini topishdagi nisbiy xatolik ushbuga teng:

$$E_a = \frac{\Delta \alpha}{\langle \alpha \rangle} = \sqrt{\left(\frac{\Delta P}{\langle P \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta d_1 + \Delta d_2}{d_1 + d_2}\right)^2}$$

Biz bu yerda π sonini doimiy deb oldik.

10. Sirt taranglik koeffisienti α ni aniqlashdagi absolyut xatolik quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta\alpha = E_{\alpha} \cdot <\alpha>$$

11. O'lchash va hisoblash natijalari 22-jadvalga yoziladi:

22-jadval.

Suyuqliklarning sirt taranglik koeffisientini halqani suyuqlik sirtidan o'zish usulida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajriba-lar	d_1	Δd_1	Δd_1^2	d_2	Δd_2	Δd_2^2	P	ΔP	ΔP^2	α	$\Delta\alpha$	E_{α}
1												
2												
3												
4												
5												
O'rtacha qiymat												

12. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$\alpha = <\alpha> \pm <\Delta\alpha>; \quad p=0,95; \quad E_{\alpha} = \dots \%$$

Sinov savollari

1. Sirt taranglik kuchi qanday hosil bo'ladi?
2. Sirt taranglik koeffisienti deb nimaga aytiladi?
3. Suyuqlik sirtining erkin energiyasi deganda nimani tushunasiz?
4. Sirt taranglik koeffisienti SI sistemasida qanday birlikda o'lchanadi?
5. Sirt taranglik koeffisientini aniqlashning qanday usullari bor?
6. Nima uchun suyuqlik harorati o'zgarganda sirt taranglik koeffisienti ham o'zgaradi?
7. Sirt taranglik koeffisientini aniqlashning o'simliklar hayotida qanday ahamiyati bor?

13-ish. QATTIQ JISMNING SOLISHTIRMA ISSIQLIK SIG'IMINI ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) kalorimetr; 2) termometr; 3) tekshiriladigan qattiq jism; 4) texnik tarozi va tarozi toshlari; 5) elektr plitasi 6) metall idishlar.

Nazariy ma'lumotlar. Ma'lumki, m massali jismni t_1 dan t_2 haroratgacha isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori Q quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = cm(t_2 - t_1) \quad (91)$$

bu yerda: s - moddaning solishtirma issiqlik sig'imi.

Moddaning *solishtirma issiqlik sig'imi* deb, uning birlik massasi haroratini $1^\circ S$ ga oshirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoriga aytiladi.

Agar (91) dan s ni topsak:

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} \quad (92)$$

Solishtirma issiqlik sig'imi SI sistemasida $\frac{J}{kg \cdot K}$ birlikda o'lchanadi, amalda uning sistemaga kirmagan $\frac{kcal}{kg^\circ S}$, $\frac{kcal}{g^\circ S}$ birliklari ham keng tarqalgan. Moddalarning solishtirma issiqlik sig'imining ta'rifiga asosanib quyidagilarni ayta olamiz:

1. Massalari o'zaro teng turli xil moddalarni bir xil haroratgacha isitilganda, ular turlicha issiqlik miqdori oladilar.

2. Turli moddalarning solishtirma issiqlik sig'implari bir-biridan farq qiladi.

3. Massalari o'zaro teng turli xil moddalar biror haroratgacha soviganida, ulardan ajraladigan issiqlik miqdori ham har xil bo'ladi. Bundan solishtirma issiqlik sig'imi katta moddalardan ko'proq issiqlik miqdori ajraladi degan xulosaga kelamiz.

Metallarning solishtirma issiqlik sig'imi boshqa moddalarga nisbatan kichik bo'ladi. Qishloq xo'jaligi mutaxassislari tuproq va shag'allarning solishtirma issiqlik sig'implari qiymatlarini bilishlari zarur.

Shag'al (tosh bo'laklari) ning solishtirma issiqlik sig'imi $922 \frac{J}{kg^\circ S}$,

tuproqniki esa $(838 \div 1257) \frac{J}{kg^\circ S}$ atrofida bo'ladi.

Metallarning solishtirma issiqlik sig'imi normal sharoit atrofida o'zgarmas bo'ladi, tuproqning solishtirma issiqlik sig'imi esa uning tarkibidagi suv miqdoriga bog'liq ravishda o'zgaradi. Agar tuproq nam va tarkibida havo oz bo'lsa, solishtirma issiqlik sig'imi katta bo'ladi. qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida solishtirma issiqlik sig'imi katta moddalar (suv, tuproq, shag'allar) dan issiqxonalarni, chorvachilik binolarini isitishda foydalaniladi.

Masalan, suvning solishtirma issiqlik sig'imi eng katta bo'lganidan, suv soviganida boshqa moddalarga nisbatan ko'p issiqlik ajraladi.

Shuning uchun issiq suvdan qish paytida uylarni, ishlab chiqarish binolarini hamda issiqxonalarni isitishda foydalanadilar.

Tekshirishlar ko'rsatadiki, biror moddaning solishtirma issiqlik sig'imi uning agregat holatiga bog'liq. Masalan, muzning solishtirma issiqlik sig'imi, xuddi shu muzning erishidan hosil bo'lgan suvnikidan ikki marta kam.

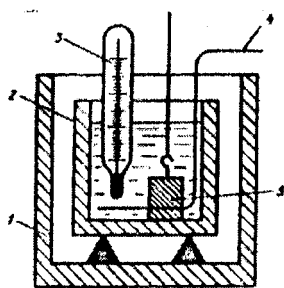
Qattiq jismlarning harorati unchalik katta bo'lmagan o'zgarishlarida s ning o'zgarishi ham oz bo'lganidan, bu o'zgarishni e'tiborga olinmasa ham bo'ladi va s ni doimiy deb qarash mumkin.

Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash uchun haroratlari har xil bo'lgan jismlarni o'zaro aralashtirish usulidan foydalaniladi.

Bu usulda qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imi s ni aniqlash uchun kalorimetr qo'llaniladi.

Usulning naza-riyasi va qurilmaning tavsifi. Kalorimetrning tuzilish sxemasi 32-rasmda keltirilgan.

Eng oddiy kalorimetr silindr shaklidagi kattaroq metall stakan 1 ning ichiga joylashtirilgan kichik metall stakan 2 dan tashkil



32-rasm. Kalorimetr:

1-tashqi metall stakan, 2-ichki metall stakan, 3-termometr, 4-aralashtirgich, 5-tekshiriladigan jism.

topgan. Bunda kichik stakaning tagida po'kakdan maxsus taglik qo'yilgan. Natijada ikkala stakan orasida havo qatlami hosil bo'ladi. Po'kak va havoning issiqlik o'tkazuvchanligi juda oz, shuning uchun kalorimetrning tashqi muhit bilan issiqlik almashinishi juda kam bo'ladi.

Ichki stakanga suv qo'yiladi va suvning barcha joyida harorati bir xil bo'lishini ta'minlash uchun aralashtirgich 4 ishlatiladi.

Suvning harorati simobli termometr 3 bilan o'lchanadi, tekshiriladigan jism 5 ichki idishga tushiriladi.

Kalorimetr ichki idishining va aralashtirgichning massasi m_1 , solishtirma issiqlik sig'imi s_1 , kalorimetrga qo'yilgan suv massasi m_2 va suvning solishtirma issiqlik sig'imi s_2 bo'lsin. Kalorimetr va suvning boshlang'ich harorati t_1 ga teng. Elektr plitasi ustiga qo'yilgan boshqa idishdagi suvga qattiq jism joylashtiriladi va suv qaynaguncha isitilgan qattiq jism harorati t_2 , massasi m va solishtirma issiqlik sig'imi s bo'lsin.

Qaynatilgan suvdagi harorati t_2 ga teng qattiq jismni sovuq suvli kalorimetrga solsak, qattiq jism soviydi, kalorimetr va suv esa isiydi. Aralashmaning haroratini t ga teng deb olaylik.

Kalorimetr va suvning isishda olgan issiqlik miqdorlari yig'indisi quyidagiga teng:

$$Q_1 + Q_2 = c_1 m_1 (t - t_1) + c_2 m_2 (t - t_1) = (c_1 m_1 + c_2 m_2) (t - t_1) \quad (93)$$

Solishtirma issiqlik sig'imi topilayotgan qattiq jismning sovishida ajralgan issiqlik miqdori:

$$Q = cm(t_2 - t) \quad (94)$$

ga teng bo'ladi.

Energiyaning saqlanish qonuniga asosan suv va kalorimetrning isishda olgan issiqlik miqdorlari yig'indisi ($Q_1 + Q_2$), qattiq jismning sovishida ajralgan issiqlik miqdori Q ga teng bo'lib, issiqlik balans tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$Q_1 + Q_2 = Q$$

yoki (93) va (94) tengliklardan foydalanib, ushbuni yozamiz:

$$(c_1 m_1 + c_2 m_2) \cdot (t - t_1) = cm(t_2 - t)$$

Bundan tekshiriluvchi qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash uchun quyidagi natijaviy formulani hosil qilamiz:

$$c = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2) \cdot (t - t_1)}{m(t_2 - t)} \quad (95)$$

Ishni bajarish tartibi. 1. Tekshiriluvchi qattiq jism massasi m texnik tarozida tortib aniqlanadi.

2. So'ngra bu qattiq jismni elektr plitasiga qo'yilgan idishdagi suvga solib, suvni qaynaguncha isitiladi va harorati t_2 ni termometr yordamida o'lchanadi.

3. Texnik tarozi bilan kalorimetr ichki stakani va aralashtirgichning birgalikdagi massasi m_1 aniqlanadi.

4. Kalorimetr ichki stakanining $2/3$ qismigacha suv qo'yiladi. Ichki stakan, aralashtirgich va suvning massasi M bo'lsin, u vaqtda suvning massasi $m_2 = M - m_1$ ga teng bo'ladi.

5. Termometr bilan kalorimetr va suvning boshlang'ich harorati t_1 o'lchanadi. So'ngra qaynayotgan suvdagi tekshiriluvchi jismni olib kalorimetrdagi sovuq suvga solinadi.

6. Aralashtirgich yordamida suvni qo'zg'ab turib, haroratining ko'tarilishi kuzatiladi. Aralashmaning eng yuqori harorati t , ya'ni

termometr ko'rsatishi o'zgarmay qolgan holda uni ko'rsatishi yozib olinadi.

7. Tajriba kalorimetrdagi suv miqdorini o'zgartirish yo'li bilan kamida uch marta takrorlanadi. Har qaysi tajribada kattaliklarning o'lchangan qiymatlarini va ilovadagi qo'llanma jadvallardan olingan ma'lumotlarni (95) formulaga qo'yib s lar hisoblanadi.

O'lchash va hisoblash natijalari 23-jadvalga yoziladi.

23-jadval.

**Qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlashda
o'lchash va hisoblash natijalari**

Tajribalar	m_1	c_1	m_2	c_2	m	t_1	t_2	t	c	Δc	E_c
1											
2											
3											
O'rtacha qiymat											

8. Tajribalardan olingan ma'lumotlar asosida $\langle c \rangle$, $\langle \Delta c \rangle$, E_c hisoblanadi.

9. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$s = \langle c \rangle \pm \langle \Delta c \rangle; \quad E_c = \dots\%$$

Sinov savollari

1. Moddalarning solishtirma issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi?
2. Solishtirma issiqlik sig'imining qanday birliklarini bilasiz?
3. Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini kalorimetrik usul bilan aniqlash nimaga asoslangan?
4. Qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlashda ishlatiladigan natijaviy (95) formula qanday chiqariladi?
5. Nima uchun o'lchash vaqtida suyuqlikni aralashtirib turish kerak?
6. Mazkur laboratoriya ishda solishtirma issiqlik sig'imining o'rtacha qiymati aniqlandimi yoki haqiqiy qiymatimi?

**14-ish. SUYUQLIKNING SOLISHTIRMA BUFLANISH
ISSIQLIGINI ANIQLASH**

Kerakli asbob va materiallar: 1) kalorimetr; 2) termometr; 3) elektr plitasi; 4) texnik tarozi va uning toshlari; 5) kondensor.

Nazariy ma'lumotlar. Biz suyuqlikning harorati uning molekulari harakati tezligiga bog'liq ekanligini bilamiz. Suyuqlik molekulari

harakatining o'rtacha tezligi qanchalik katta bo'lsa, shu suyuqlikning harorati ham shunchalik yuqori bo'ladi. Ammo suyuqlik molekulalarining barchasi o'rtacha tezlik bilan harakatlanmaydi, ba'zilari o'rtacha tezlikdan katta, ba'zilari esa aksincha, o'rtacha tezlikdan kichik tezlik bilan harakatlanadi. Suyuqlik molekulalari tartibsiz harakatda bo'lgani uchun ular orasidagi shunday molekulalarni topish mumkinki, ular suyuqlikdan uning ustidagi gazsimon muhit tomon harakatlanadi. Ammo bunday molekulalarning hammasi sirt qatlamdagi suyuqlikning ichiga tomon yo'nalgan molekulyar kuchlar ta'sirini engib chiqib keta olmaydi.

Bunda kinetik energiyasi katta bo'lgan molekulalar, ya'ni «tez» molekulalargina sirt qatlamdan chiqib keta oladi. Natijada suyuqlik sirtida uning bug'i hosil bo'ladi.

Molekulalarning suyuqlikdan bug' fazasiga o'tish hodisasiga *bug'lanish* deyiladi. Bug'lanish faqat suyuqlikning erkin sirti bo'ylab ro'y beradi. Tekshirishlar ko'rsatadiki, bug'lanishning tezligi suyuqlik turiga, haroratiga va suyuqlik bug'lanayotgan sirtning kattaligiga bog'liq bo'ladi.

Suyuqlikdagi molekulalarning bug'ga o'tishi bilan bir vaqtda teskari jarayon ham ro'y beradi. Molekulalarning bug'dan suyuqlikka o'tishi *kondentsasiya* deyiladi.

Suyuq fazadan bug' fazasiga o'tayotgan molekulalar soni bilan kondensasiyalanib, suyuq fazaga o'tuvchi molekulalar soni o'zaro teng bo'lgandagi bug'ga, ya'ni o'z suyuqligi bilan dinamik muvozanatdagi bug'ga to'yingan bug' deb yuritiladi. To'yingan bug'ning bosimi hajmga emas, faqat haroratiga bog'liqdir.

Agar ochiq idishdagi suyuqlikni qaynaguncha isitib, yana isitishni davom ettirsak, suyuqlikning harorati o'zgarmaydi. Bunga shu suyuqlikka (suv yoki spirtga) tushirilgan termometrning ko'rsatishi o'zgarmayotganligini kuzatib ishonch hosil qilamiz.

Suyuqlik qaynayotganida haroratning o'zgarmasligiga sabab, bunda tashqaridan berilgan issiqlik miqdorining suyuqlikni bug'lantirishga sarflanishidir. Bug'lanish ishi ikki qismdan: molekulyar tutinish kuchlariga qarshi bajariladigan ishdan va bug'ning kengayishi uchun tashqi bosimga qarshi bajarilgan ishlardan iborat.

Odatda bu ikki ishning yig'indisini *umumiy bug'lanish issiqligi* yoki *yashirin bug'lanish issiqligi* deb yuritiladi. 1 kg suyuqlikning haroratini o'zgartirmay bug'ga aylantirib yuborish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori *solishtirma bug'lanish issiqligi* deb aytiladi.

Bug'lanishning solishtirma issiqligi 1 kg modda suyuq holatdan haroratini o'zgartirmay bug'ga aylanishida uning energiyasi qancha ortishini ko'rsatadi. Masalan, 100°S dagi 1 kg suv bug'ining energiyasi 100°S dagi 1 kg suv energiyasidan 2300 kJ ortiq.

Agar solishtirma bug'lanish issiqligini λ , m massali suyuqlikni bug'lantirib yuborish uchun ketgan issiqlik miqdorini Q bilan belgilasak quyidagini yoza olamiz:

$$\lambda = \frac{Q}{m} \quad (96)$$

Colishtirma bug'lanish issiqligi SI sistemasida J/kg birlikda va sistemaga kirmagan kkal/kg, kal/g birliklarda o'lchanadi. Quyidagi 24-jadvalda ba'zi suyuqliklarning normal bosimda va qaynash haroratida solishtirma bug'lanish issiqligi qiymatlari keltirilgan.

Yuqorida biz bug' kondensasiyalanganda energiya ajralishini aytib o'tdik. Suyuqlik izotermik sharoitda bug'lanayotganda, qancha energiya yutilgan bo'lsa, bug' kondensasiyalanganda xuddi shuncha energiya ajraladi.

24-jadval.

Turli suyuqliklarning solishtirma bug'lanish issiqligi

Suyuqlik turi	Solishtirma bug'lanish issiqligi	
	J/kg	kkal/kg yoki kal/g
Suv	$2,3 \cdot 10^6$	539
Ammiak (suyuq)	$1,4 \cdot 10^6$	327
Spirt	$0,9 \cdot 10^6$	216
Efir	$0,4 \cdot 10^6$	85
Simob	$0,3 \cdot 10^6$	70

Mazkur laboratoriya ishida suvning solishtirma bug'lanish issiqligi bug'ning kondensasiyasi vaqtida ajraladigan issiqlik miqdoridan foydalanilib aniqlanadi.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Mazkur usul suv bug'ining kondensasiyalanishida ajraladigan issiqlikni kalorimetr yordamida o'lchashga asoslangan.

Faraz qilaylik, m massali bug', massasi m_2 bo'lgan suvga qo'shilgan bo'lsin. Kalorimetr ichki idishining va aralashtirgichning massasini m_1 deb olaylik. Kondensasiyalanadigan bug' harorati (yoki suvning berilgan atmosfera bosimida qaynash harorati) t_2 bo'lsa, shu bug'dan hosil bo'lgan suv biror t haroratgacha sovigan bo'lsin.

Bug'ning kondensasiyalanganda ajralgan issiqlik miqdori

$$Q_1 = \lambda m \quad (97)$$

Bu bug'dan hosil bo'lgan suvning t haroratgacha sovishida ajralgan issiqlik miqdorini quyidagicha ifodalaymiz:

$$Q_2 = cm(t_2 - t) \quad (98)$$

bu yerda: s-suvning solishtirma issiqlik sig'imi.

Bug'ning kondensasiyalanishida va bunda hosil bo'lgan suvning sovishida ajralgan issiqlik miqdorlari hisobiga kalorimetr va undagi suv t_1 dan t haroratgacha isiydi.

Kalorimetrning olgan issiqlik miqdori

$$Q_3 = c_1 m_1 (t - t_1) \quad (99)$$

bu yerda: c_1 - kalorimetr moddasining solishtirma issiqlik sig'imi.

Kalorimetrdagi suvning olgan issiqlik miqdori esa ushbuga teng:

$$Q_4 = cm_2 (t - t_1) \quad (100)$$

Bu holda issiqlik balans tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$$

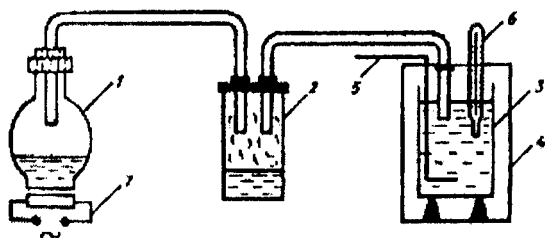
yoki

$$\lambda m + cm(t_2 - t) = c_1 m_1 (t - t_1) + cm_2 (t - t_1)$$

bundan λ ni topsak quyidagi natijaviy formulani yoza olamiz:

$$\lambda = \frac{(c_1 m_1 + cm_2)(t - t_1) - cm(t_2 - t)}{m} \quad (101)$$

Mazkur ishni bajarish uchun zarur qurilma suv qaynatiladigan idish 1, bug' quritgich 2, kalorimetr (ichki 3, tashqi 4 idishlar) va naychalardan tashkil topgan. Kalorimetr usti yopiq metall idishdan iborat bo'lib, uning qopqog'ida bug' kiritish va termometr uchun teshiklar qo'yilgan. Kalorimetrdagi suvga aralashtirgich 5 va termometr 6 lar tushirilali (33-rasm).



33-rasm. Suyuqlikning solishtirma bug'lanish issiqligini aniqlashda ishlatiladigan qurilma. 1-suv qaynatiladigan idish, 2-bug' quritgich, 3 va 4-kalorimetr ichki va tashqi idishlari, 5-aralashtirgich, 6-termometr, 7-elektr plitasi.

Suv qaynatiladigan idishni elektr plitasi 7 yordamida isitiladi. Bug' quritgich nay devorlarida kondensasiyalanadigan suvlarni yig'ib oladi, natijada nay devorlarida kondensasiyalangan suvlar kalorimetrga tushmaydi.

Ishni bajarish tartibi. 1. Elektr plitasini elektr tarmog'iga ulab, idishdagi suv qaynatiladi.

2. Kalorimetr ichki idishini va aralashtirgichni birgalikda texnik tarozida tortib massasi m_1 aniqlanadi.

3. Kalorimetrga suv solinib, suvli kalorimetr massasi m_3 o'lchanadi. U holda kalorimetrdagi suv massasi $m_2 = m_3 - m_1$ ga teng.

4. Kalorimetrdagi isitiladigan suvning boshlang'ich harorati t_1 o'lchanib, uning ichiga naycha yordamida bug' kiritish boshlanadi.

5. Kalorimetrdagi bug' kiritilgan suvning harorati 40- 50°S ga etgach, bug' keladigan naychani suvdan chiqarib olinadi va suvni aralashtirgich bilan qo'zg'ab turib harorati o'zgarishi kuzatiladi va haroratning pasaya boshlashi bilan yozishga kirishiladi.

6. Suvning qaynash harorati t_2 o'lchanadi yoki tajriba o'tkazilayotgan sharoitdagi atmosfera bosimi uchun qo'llanma jadvallardan olinadi. Atmosfera bosimi esa xonadagi barometr-aneroid yordamida aniqlanadi.

7. Kalorimetrni boshlang'ich suvi va bug'dan hosil bo'lgan suv bilan birgalikda yana tortib massasi m_4 ni aniqlanadi va suvga aylangan bug'ning massasi topiladi.

$$m = m_4 - m_3$$

8. Tajriba kamida uch marta takrorlanadi. Har qaysi tajriba uchun λ hisoblanadi. O'lchash natijalari 25-jadvalga yoziladi:

25-jadval.

Suyuqlikning solishtirma bug'lanish issiqligini aniqlashda
o'lchash va hisoblash natijalari

Tajriba-lar	m_1	c_1	m_2	c	t_1	t_2	t	m_3	m_4	m	λ	$\Delta \lambda$	E_λ
1													
2													
3													
4													
O'rtacha qiymat													

9. Tajribalardan olingan ma'lumotlar asosida $\langle \lambda \rangle$, $\langle \Delta \lambda \rangle$ va E_λ lar hisoblanadi.

10. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$\lambda = \langle \lambda \rangle \pm \langle \Delta \lambda \rangle; \quad E_\lambda = \dots \%$$

Sinov savollari

1. Suyuqlikning bug'lanishi deb nimaga aytiladi?
2. Nima uchun katta energiyali molekullargina suyuqlikning sirt qatlamidan chiqib keta oladi?
3. Nima uchun bug'lanayotgan suyuqlik soviydi?
4. Kondensasiya deb nimaga aytiladi?
5. To'yingan bug' deb nimaga aytiladi?
6. Solishtirma bug'lanish issiqligi deb nimaga aytiladi?
7. Mazkur laboratoriya ishidagi issiqlik balans tenglamasini keltirib chiqaring, so'ngra undan λ ni topish formulasini yozing.
8. Ishni bajarish tartibini izohlab bering.

15-ish. GAZLARNING ISSIQLIK SIG'IMLARI NISBATINI ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) hajmi 10-20 l bo'lgan jo'mrakli shisha ballon; 2) suyuqlik manometri; 3) nasos.

Nazariy ma'lumotlar. Gazlarning issiqlik sig'implari ikki xil bo'ladi:

1. Solishtirma issiqlik sig'imi
2. Molyar issiqlik sig'imi

Birlik massali (1 kg yoki 1 g) gazni 1 K ga isitish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori solishtirma issiqlik sig'imi deyiladi va s harfi bilan belgilanadi. Gazlarning solishtirma issiqlik sig'imi SI sistemasida

$\frac{J}{kg \cdot K}$ yoki sistemaga kirmagan $\frac{kcal}{kg \cdot ^\circ S}$ va $\frac{kal}{g \cdot ^\circ S}$ birliklarda o'lchanadi.

Gazlarda solishtirma issiqlik sig'imidan tashqari molyar issiqlik sig'imi tushunchasi ham mavjud.

1 mol gazni 1 K ga isitish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoriga molyar issiqlik sig'imi deb aytiladi va S harfi bilan belgilanadi. Molyar

issiqlik sig'imi SI sistemasida $\frac{J}{K \cdot mol}$ birlikda o'lchanadi.

Gazlarning molyar issiqlik sig'imi va solishtirma issiqlik sig'implari o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$C_M = \mu c$$

bu yerda: μ -moddaning molyar massasi

Gazlarning issiqlik sig'implari ularning qanday sharoitda isitilishiga bog'liq, aniqrog'i o'zgarmas hajmdagi molyar issiqlik sig'imi C_v , o'zgarmas bosimdagi molyar issiqlik sig'imi C_p dan farq qiladi.

1 mol gazni o'zgarmas hajmda 1 K ga isitish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoriga o'zgarmas hajmdagi molyar issiqlik sig'imi C_v deb

aytiladi. Bu holda tashqaridan berilgan issiqlik miqdori gazning ichki energiyasini oshirishga sarflanadi. Yani:

$$C_v = \frac{\Delta U_{\mu}}{\Delta T} \quad (102)$$

Agar 1 mol gazning ichki energiyasi $U_{\mu} = \frac{i}{2} \cdot RT$ ga tengligini e'tiborga olsak, gazning ichki energiyasi o'zgarishi ushbuga teng bo'lib qoladi:

$$\Delta U_{\mu} = \frac{i}{2} R \cdot \Delta T \quad \text{bundan} \quad \frac{\Delta U_{\mu}}{\Delta T} = \frac{i}{2} \cdot R \quad \text{ga teng. Shunday qilib:}$$

$$C_v = \frac{\Delta U_{\mu}}{\Delta T} = \frac{i}{2} R \quad (103)$$

bu yerda: i -gaz molekulalarining erkinlik darajasi soni; R -gazlarning universal doimiysi.

1 mol gazni o'zgarmas bosimda 1 K ga isitish uchun kerak bo'lgan C_p issiqlik miqdoriga o'zgarmas bosimdagi molyar issiqlik sig'imi deb aytiladi. Bu holda uzatilgan issiqlik miqdori gazning ichki energiyasining oshishiga va gazning tashqi kuchlarga qarshi kuchlarga qarshi bajargan ishiga sarflanadi:

$$C_p = C_v + A \quad (104)$$

isbot qilish mumkinki, 1 mol gazni o'zgarmas bosimda 1 K ga isitganda, gazning kengayish ishi son qiymati jihatidan gazning universal doimiysiga teng:

$$A = R \quad (105)$$

u holda (104) tenglikni quyidagicha o'zgartiramiz:

$$C_p = C_v + R \quad (106)$$

bu tenglikka S_v ning qiymatini qo'ysak,

$$C_p = \frac{i}{2} R + R = \frac{i+2}{2} R \quad (107)$$

ni hosil qilamiz.

Agar $\frac{C_p}{C_v} = \gamma$ deb belgilasak, (103) va (107) lardan

$$\gamma = \frac{i+2}{i} \quad (108)$$

ni hosil qilamiz.

Tajribalarda C_p yoki C_v ning o'zini aniqlash qiyin. Shuning uchun bevosita C_p yoki C_v larni aniqlashdan ko'ra ularning nisbati $\frac{C_p}{C_v} = \gamma$ ni aniqlash oson.

Bundan tashqari gazlarda molyar issiqlik sig'im-larining nisBati, solishtirma issiqlik sig'imlarining nisbati kabi bo'ladi:

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{c_p}{c_v} = \gamma \quad (109)$$

γ koeffisient gaz, suyuqlik va qattiq jismlarning termodinamikasini Bayon etishda katta rol o'ynaydi. Gazlarda oqish tezligi ham γ qiymatiga bog'liq.

Molyar issiqlik sig'imlarining nisBati adiaBatik jarayon uchun S.D.Puasson tenglamasidagi V ning darajasidan iborat, ya'ni:

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \quad (110)$$

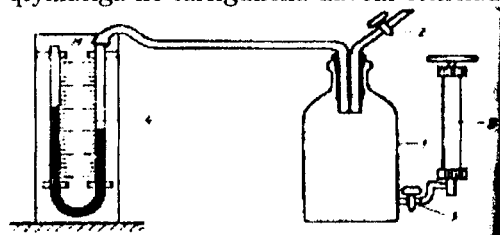
Adiabatik jarayon deb shunday jarayonga aytiladiki, unda gaz hajmining o'zgarishi tashqi muhit bilan issiqlik almashmasdan yuz beradi. bu jarayonda gaz faqat ichki energiya hisobiga ish bajaradi.

Mazkur laboratoriya ishida γ ni aniqlashda havoning adiabatik kengayishidan foydalaniladi.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi.

Havoning adiabatik kengayishidan foydalanib, uning issiqlik sig'imlari nisbatini aniqlashda ishlatiladigan qurilma 34-rasmda keltirilgan. Qurilma ikkita jo'mrakli hajmi 20 litrcha shisha ballon, suvli manometr va nasosdan tashkil topgan.

Tajribani boshlashda 2 jo'mrakni yopib, 3 jo'mrakni esa ochiq holda qo'yiladi. So'ngra nasos yordamida shisha ballonga havo haydaladi va bu manometrning chap tirsagidagi suyuqlik ustuni shkalaning biror qiymatiga ko'tarilguncha davom ettiriladi.



34-rasm. Gazlarning
issiqlik sig'imlarini
aniqlashda
ishlatiladigan qurilma.
1-shisha ballon, 2 va 3-
jo'mraklar, 4-suvli
manometr, 5-nasos.

So'ngra 3 jo'mrak yopiladi. bunda ballon ichidagi havoning bosimi va harorati ortadi. Lekin biroz vaqtdan keyin ballondagi havo harorati xona harorati T_1 bilan tenglashadi. Bu vaqtda ballondagi havo bosimi atmosfera bosimidan yuqori bo'ladi, ya'ni:

$$P_1 = P_0 + h_1 \quad (111)$$

bu yerda: P_0 -atmosfera bosimi; h_1 -qo'shimcha bosim bo'lib, manometr tirsaklaridagi suv ustunlarining farqi (ayirmasi) ga teng.

Shunday qilib, issiqlik muvozanati o'rnatilgan ballondagi havoning holati (I holat) quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi:

$$P_1, V_1, T_1$$

Endi 2 jo'mrakni ozgina vaqtga ochiladi (1-2 sekundga) va tez yopiladi. Shu qisqa vaqt ichida idishdagi havoning adiabatik ravishda kengayishi, uning bosimi atmosfera bosimi P_0 ga tenglashguncha davom etadi. Bunda idishdagi havoning harorati xona haroratiga nisbatan pasayib T_2 ga teng bo'lib qoladi (chunki, havo ichki energiyasi hisobiga kengayishida atmosfera bosimiga qarshi ish bajaradi).

Adiabatik kengayishning oxirida (II holatda) parametrlar P_0, V_2, T_2 ga teng bo'lib qoladi va $T_2 < T_1$.

Havoning I va II holatlari uchun Puasson tenglamasi (110) ni qo'llab, quyidagilarni yoza olamiz:

$$(P_0 + h_1)V_1^\gamma = P_0V_2^\gamma$$

bundan

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = \frac{P_0}{P_0 + h_1} \quad (112)$$

2 jo'mrakni berkitish bilan ballondagi havoning bosimi osha boshlaydi va issiqlik almashinuv sababli harorati T_1 ga ko'tarilguncha havo isiydi, bunda havoning bosimi P_2 qiymatgacha oshadi:

$$P_2 = P_0 + h_2 \quad (113)$$

bu yerda: h_2 -manometr tirsaklaridagi suv ustunlarining keyingi farqi. Gaz hajmi o'zgarmay V_2 holicha qolganligidan havoning bu holati (III-holat) ushbu parametrlar bilan xarakterlanadi:

$$P_2 = P_0 + h_2, V_2 \text{ va } T_1$$

I va III holatlarda havo harorati bir xil bo'lganligidan (jarayon izotermik bo'lgani uchun) Boyle-Mariott qonunini qo'llash mumkin:

$$(P_0 + h_1) \cdot V_1 = (P_0 + h_2) \cdot V_2$$

bundan

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_0 + h_2}{P_0 + h_1}$$

Tenglikning ikkala tomonini γ darajaga ko'tarsak:

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = \left(\frac{P_0 + h_2}{P_0 + h_1}\right)^\gamma \quad (114)$$

(112) va (114) tengliklarning chap tomonlari o'zaro teng bo'lganligidan o'ng tomonlarini ham o'zaro tenglashtirish mumkin:

$$\frac{P_0}{P_0 + h_1} = \left(\frac{P_0 + h_2}{P_0 + h_1} \right)^\gamma \quad (115)$$

(115) tenglikni logarifmlab γ ga nisbatan echsak, ushuni hosil qilamiz.

$$\gamma = \frac{\lg(P_0 + h_1) - \lg P_0}{\lg(P_0 + h_1) - \lg(P_0 + h_2)} \quad (116)$$

Bu tenglikdagi $\lg(P_0 + h_1)$ va $\lg(P_0 + h_2)$ larni Teylor qatoriga yoyib va ikkita birinchi hadlari bilan chegaralanamiz (h_1 va h_2 larning qiymati P_0 ga nisbatan juda kichik bo'lganidan shunday qilish mumkin):

$$\lg(P_0 + h_1) = \lg P_0 + \frac{h_1}{P_0} \lg e + \dots$$

$$\lg(P_0 + h_2) = \lg P_0 + \frac{h_2}{P_0} \lg e + \dots$$

$\lg(P_0 + h_1)$ va $\lg(P_0 + h_2)$ larning bu qiymatlarini (116) ga qo'yib quyidagi ifodani yozamiz:

$$\lambda = \frac{\lg P_0 + \frac{h_1}{P_0} \lg e - \lg P_0}{\lg P_0 + \frac{h_1}{P_0} \lg e - \lg P_0 - \frac{h_2}{P_0} \lg e} = \frac{h_1 / P_0}{h_1 / P_0 - h_2 / P_0} = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (117)$$

Shunday qilib, gazlarning issiqlik sig'implari nisbatini aniqlashni manometrdagi suyuqlik ustunlarining farqini o'lchashlarga keltirish mumkin.

Ishni bajarish tartibi: 1. 2 jo'mrakni berkitib, 3 jo'mrakni ochib nasos yordamida 1 idishga havo haydaladi. Bu ish manometr chap tirsagidagi suvning sathi shkalaning ma'lum bo'limiga ko'tarilguncha davom ettiriladi.

2. 3 jo'mrakni yopiladi va manometr shkalasidan suv sathlarining ayirmasi o'zgarishsiz qolguncha (3-4 minut) kutiladi. So'ng-ra suv sathlarining o'zgarishsiz qolgandagi ayirmasi h_1 yozib olinadi.

3. 2 jo'mrak qisqa vaqtga ochiladi, bunda havoning tashqariga chiqayotgan tovushi eshitiladi. Tovush eshitilmay qolganda, 2 jo'mrakni berkitiladi, bu vaqtda ballon ichidagi havo bosimi tashqi atmosfera bosimiga tenglashadi.

4. 2 jo'mrak berkitilgandan keyin manometr ko'rsatishi kuzatiladi. Idishdagi havo bosimi yana osha boshlaydi va nihoyat biror qiymatga erishadi. Xuddi shu vaqtda manometrdagi suv ustunlari

muvozanatlashgan bo'lib, ularning sathlarining ayirmasi h_2 ga teng bo'ladi.

5. Tajriba kamida 5 marta takrorlanishi ksrak. Har qaysi tajribada aniqlangan h_1 va h_2 larning qiymatlari asosida (117) formula yordamida γ ning qiymatlari hisoblanadi.

O'lchash va hisoblash natijalari 26-jadvalga yoziladi:

26-jadval.

Havonng issiqlik sig'irlari iisbatini adiabatik kengayish usuli yordamida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	h_1	h_2	γ	$\Delta\gamma$	E_γ
1					
2					
3					
4					
5					
O'rtacha qiymat					

6. Tajribada aniqlangan ma'lumotlar asosida $\langle\gamma\rangle$, $\langle\Delta\gamma\rangle$ va E_γ lar hisoblanadi.

7. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$\gamma = \langle\gamma\rangle \pm \langle\Delta\gamma\rangle; \quad E_\gamma = \dots \%$$

Sinov savollari

1. Solishtirma va molyar issiqlik sig'imlarini ta'riflang.
2. Nima uchun gazning o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi, o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imidan farq qiladi?
3. Gaz molekulalarining erkinlik darajasi soni deb nimaga aytiladi?
4. Adiabatik jarayon deb qanday jarayonga aytiladi?
5. Puasson tenglamasi qanday chiqariladi?
6. Adiabatik jarayonda gazning ichki energiyasi qanday o'zgaradi?
7. Tajribada γ ni aniqlashda qo'llaniladigai formulani keltirib chiqaring.

Talabalarga maslahat va ko'rsatmalar

Elektr va magnetizm haqidagi ta'limot qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi uchun muhim ahamiyatga ega. Ilmiy-texnika taraqqiyotining yutuqlarini qishloq xo'jaligiga joriy qilishda ishlab chiqarishni kompleks mexanizasiyalashtirish, avtomatlashtirish va elektrlashtirish yo'nalishlarini birinchi galda amalga oshirish lozim. Lekin bu yo'nalishlarning har qaysisining asosida fizik jarayonlar va qonunlar yotadi.

Hozirgi kunda qishloq xo'jaligi texnika vositalari bilan ta'minlanishi darajasi bo'yicha sanoat korxonalaridan qolishmaydi. SHuning uchun qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi sohasida muvaffaqiyatli ishlash uchun oddiy ishchidan tortib yuqori malakali agronomlargacha, qishloq xo'jaligi texnikasi va texnologiyasini, ayniqsa o'zi ishlayotgan tarmoqdagi intensiv texnologiya yo'nalishlarini, elektr o'lchov asboblari va umuman elektrik qurilmalar bilan muomala qila bilishi, undan to'g'ri foydalanishi, qishloq xo'jaligini elektrlashtirish haqida puxta bilimlarga ega bo'lishlarni kerak. SHuning uchun ham bo'lg'usi mutaxassislar "Elektr va magnetizm" bo'limidan qo'yilgan laboratoriya ishlarini qunt bilan bajarishlari kerak bo'ladi. Oliy maktabni isloh qilish yo'nalishlarida talabalarining mustaqil tayyorgarligini oshirish ta'kidlanadi. Fizikadan laboratoriya ishlarini bajarish talabalarining fizik qonunlarni chuqurroq o'rganishiga, o'lchov asboblari bilan ishlash malakasini oshirishiga, o'zlashtirilgan nazariy bilimlarini ongli ravishda amalda qo'llashga yordam beradi. Talabalar laboratoriya ishlarini bajarish jarayonida fizik qonunlarning ob'ektivligini o'zlari tekshirib ishonch hosil qiladilar. Mazkur bo'limdan laboratoriya ishlarini bajarish ma'ruzalar jarayonida o'tilmagan, ammo amaliy ahamiyatga ega bo'lgan materiallarni o'rganish, talabalarni elektr va magnit kattaliklarni o'lchashning asosiy usullari, shuningdek eng sodda elektr zanjirlari bilan ishlash malakasini hosil qilishni nazarda tutadi.

Fizikadan laboratoriya mashg'uloti vaqtida "Elektr va magnetizm" bo'limidan talaba muayyan ishni bajarishdan oldin ishning mazmuni bilan tanishishi, kerakli asboblarni tanlashi va o'rganishi, olingan ishda berilgan prinsipial sxemaga binoan elektr zanjirini tuzish qoidalarini puxta bilishlari talab etiladi.

Prinsipial sxema bo'yicha elektr zanjirini tuzishda quyidagi qoydalarga rioya qilish zarur:

1. Talaba har qaysi ishda berilgan sxema bo'yicha elektr zanjirini tuzishni mustaqil bajarishlari shart.

2. Elektr zanjiriga oid sxemani yig'ishni tok manbaining biror qutbidan boshlab, oxirini boshqa qutbi bilan tugatish lozim. O'qituvchi tuzilgan elektr zanjirini tekshirmaguncha talaba o'zining tuzgan zanjirini tok manbaiga ulashga ruxsat etilmaydi. Ishni bajargandan so'ng zanjirni yig'ishtirib qo'yishda dastlab mazkur zlekt zanjirini tok manбайдan uzish kerak.

3. Elektr sxemani tuzish ulash simlari yordamida amalga oshiriladi. Bu simlar butun va izolyasiyasi shikastlanmagan hamda oxirgi uchlari yaxshilab tozalangan bo'lishi lozim.

4. Zanjirning barcha qismlaridagi ulash joylarida kontaktlar zich bo'lishi lozim. Ulash simlarining buralib qolishiga yo'l qo'ymaslik kerak.

5. Mazkur ishda o'lchashlarni boshlashdan oldin reostatlarni maksimal qarshilikka qo'yiladi. Zanjirni uzishda kalitlar uzoq holda bo'lishi ta'minlanadi.

6. Zanjirni tok manбайдan uzishda simdan ushlab tortib ajratmasdan, balki vilkadan ushlab tortish kerak.

7. Zanjirni ochiq (izolyasiyasi yo'q) simlar bilan tok manbaiga ulash mutlaqo ta'qiqlanadi.

8. Talabalar o'zlari tuzgan zanjirni o'zgaruvchan yoki o'zgarmas tok manbaining qaysi biriga ulash kerakligini juda yaxshi bilishlari kerak.

Laboratoriya mashg'uloti vaqtida elektr zanjirlari bilan ishlashda xavfsizlik texnikasining qoidalariga rioya qilish zarur. Elektr qurilmalari bilan ehtiyotsizlikda ishlagan shaxslar jiddiy shikastlanishi mumkin.

Elektr kundalik turmushda va mehnat faoliyatimizda yaxshi yordamchidir, ammo u bilan noto'g'ri yoki mensimay munosabatda bo'lsak, hayot uchun xavfli bo'lib qoladi.

Organizmdan o'tgan tok kuchi, qo'yilgan kuchlanishga va inson badanining tok o'tayotgan qismi qarshiligiga bog'liq, qarshilikning o'zi esa o'z navbatida terining holatiga bog'liq. Masalan, toza yoki iflos, quruq yoki ho'l qo'llarning qarshiligi ham har xil bo'ladi.

Biz odatda elektrik o'lchashlarda 50 Gs chastotali o'zgaruvchan tokdan foydalanamiz. Uning xavfsiz deb qaraladigan eng katta qiymati 10 mA ga teng. Agar 50 mA tok o'tayotgan ochiq simga qo'l tegsa, uni shikastlangan kishining o'zi ajratib ololmaydi. Laboratoriyalarda 10 V dan oshiq bo'lmagan kuchlanishni xavfsiz deb qarash mumkin. Yuqoridagilardan ko'rinadiki, elektr zanjirlari bilan ishlashda talabalar ehtiyot bo'lishlari shart va quyidagi xavfsizlik qoidalariga rioya qilishlari kerak:

1. O'qituvchining ruxsatini olmasdan kalit va rubilniklarni ulash mumkin emas.

2. Zanjir bilan ish boshlashdan oldin sxemada kuchlanishning yo'qligiga ishonch hosil qilish kerak.

3. Elektr sxemasi bilan ishlashda qo'llar doimo quruq holda bo'lishi shart.

4. Zanjir kuchlanishda bo'lganda sxemaning qismlarini o'zgartirish yoki o'tkazgichlarni o'zgartirib ulash mutlaqo man etiladi.

5. Sxemani tuzishda klemmalar, ochiq simlarning ulangan joyi va ba'zan zanjirning ayrim qismlari izolyasiyalanmagan bo'lishi mumkin. Ochiq simlarga va klemmalarga qo'l tekkizish mumkin emas.

6. Sxemani o'zgartirish lozim bo'lsa, uni dastlab tok manбайдan uzib qo'yib, keyin bajarish kerak.

7. Elektr zanjiridan tok o'tib turganida, uni nazoratsiz qoldirish mumkin emas.

8. 220 V kuchlanishli elektr zanjirlarida o'lchash ishlari o'qituvchi ishtirokida bajariladi.

9. Zanjirda o'ramlari ko'p g'altaklar yoki kondensatorlar hamda tok transformatorlari bo'lganida juda ham ehtiyot bo'lish kerak. Ketma-ket ulangan induktivlik g'altagi va kondensatordan tashkil topgan o'zgaruvchan tok zanjirlari bilan ishlashda ayniqsa ehtiyot bo'lish lozim, chunki ba'zi hollarda zanjirdagi kuchlanish manba kuchlanishidan oshib ketishi mumkin.

10. Laboratoriya ishini bajarayotganda o'lchov asboblari ishlamay qolganda, ayrim asboblarning qizishi yoki tutun hidi sezilganda yoki o'lchov asbobining strelkasi shkaladan chiqib ketganda zanjir darhol tok manбайдan uziladi.

Har bir talaba asboblarni ishlatayotganda biror kamchiligini yoki xavfsizlik texnikasi qoidalari buzilganini sezsa, darrov o'qituvchini xabardor qilishi kerak.

Har qaysi laboratoriya ishini bajarishda kuzatish va o'lchash natijalari alohida daftarga yozib boriladi. So'ngra har bir mavjud bo'lgan asosiy formulaga kiruvchi kattaliklarning o'lchangan son qiymatlarini qo'yib hisoblashni bajaradilar.

O'lchash va hisoblash natijalarini o'qituvchi tekshirib, mazkur laboratoriya ishining to'g'ri bajarilganligini tasdiqlaganidan va ish bo'yicha xisobot topshirilganidan keyingina boshqa ishni bajarishga o'tish mumkin.

16-ish. KONDENSATORLAR SIG'IMINI AMPERMETR VA VOLTMETR YORDAMIDA ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) ikkita kondensator; 2) o'zgaruvchan tok ampermetri; 3) o'zgaruvchan tok voltmetri; 4) reostat; 5) ulash simlari.

Nazariy ma'lumotlar. Yakkalangan o'tkazgich zaryadining potentsialiga nisbati bilan o'lchanadigan kattalik *o'tkazgichning elektr sig'imi* deb ataladi.

O'tkazgichning elektr sig'imi S , potentsiali φ va zaryadi Q bilan quyidagicha bog'lanadi:

$$C = \frac{Q}{\varphi} \quad (118)$$

Elektr sig'imining SI birliklar sistemasidagi birligi farad (F). O'tkazgichdagi zaryad 1 Kl ga o'zgarganda, potentsiali 1V ga o'zgarsa, bunday o'tkazgich elektr sig'imi (yoki sig'imi) 1 F ga teng bo'ladi.

$$1\Phi = \frac{1Kl}{1V}$$

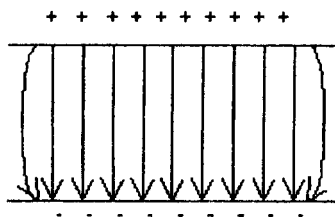
1 Kl juda katta zaryad, shuning uchun 1 F ga teng sig'im ham juda katta bo'ladi. Amalda ko'pincha bu birlikning ulushlari mikrofarad (mkF), nanofarad (nF) va pikofarad (pF) lar ishlatiladi:

$$1mkF=10^{-6} F; \quad 1nF=10^{-9} F \quad \text{va} \quad 1pF=10^{-12} F$$

Texnikada katta miqdordagi zaryadlarni to'plash uchun kondensatorlar qo'llaniladi.

Bir-biridan yupqa dielektrik qatlami bilan ajratilgan va qarama-qarshi ishorali zaryadlangan ikkita o'tkazgich *kondensator* deb ataladi. Odatda bu o'tkazgichlar *kondensator qoplamalari* deb yuritiladi. Eng oddiy kondensator bir-biriga yaqin qilib qo'yilgan ikkita bir xil parallel plastinkadan iborat bo'lib, uni yassi kondensator deb qaraladi (35-rasm).

Bu plastinkalarning zaryadi modul jihatidan o'zaro teng, ammo qarama-qarshi ishorali bo'lganidan elektr maydoni shu plastinkalar orasida to'plangan bo'ladi.



35-rasm. Yassi kondensator elektr maydoni.

Kondensatordan foydalanib, ikki o'tkazgichning elektr sig'imi ta'rifini chiqaraylik.

Kondensatorning elektr sig'imi deb, kondensator qoplamalarining biridagi zaryad Q ning qoplamalar orasidagi potentsiallar ayirmasi $U=\varphi_1-\varphi_2$ ga nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi, ya'ni:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad (119)$$

Agar qoplamalar orasidagi masofa o'zgarmas bo'lsa, zaryad har qancha bo'lganda ham kondensator sig'imi o'zgarmaydi. Tekshirishlar ko'rsatadiki, yassi kondensator elektr sig'imi qoplamalarning yuzi S ga va qoplamalar orasidagi masofa d ga bog'liq, ya'ni:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{d} \quad (120)$$

Kondensator qoplamalari orasiga biror dielektrik qatlami joylashtirilsa, shu kondensatorning sig'imi ortadi. Agar bu kiritilgan moddaning nisbiy dielektrik singdiruvchanligini ϵ bilan belgilasak, u holda (120) ni quyidagicha yozamiz:

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad (121)$$

bu yerda ϵ_0 - elektr doimiysi.

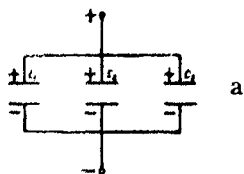
(121) dan ko'rinadiki, yassi kondensator sig'imi uning qoplamalarining materialiga bog'liq bo'lmaydi. Kondensatorning sig'imi qoplamalar orasidagi moddaning dielektrik xossasiga, qoplama yuziga to'g'ri va qoplamalar orasidagi masofaga teskari mutanosib ravishda o'zgaradi.

Kondensator qoplamalarida zaryad to'plash jarayoni *kondensatorni zaryadlash* deyiladi. Kondensatorni zaryadlash uchun qoplamalarining birini elektr mashinasining, masalan, akkumulyatorlar batareyasining musbat qutbiga, ikkinchi qoplamasini esa batareyaning manfiy qutbiga ulash kerak. Bundan tashqari, kondensatorning zaryadi deyilganda biz uning qoplamalarining biridagi zaryadning absolyut qiymatini tushunamiz.

35-rasmdan ko'rinadiki, yassi kondensatorning elektr maydoni uning qoplamalari orasidagi fazoda joylashgan. Shuning uchun yassi kondensatorning elektr sig'imi uning atrofida boshqa jismlarning hor-yo'qligiga bog'liq emas

Har qaysi kondensator faqat sig'imi bilan emas, balki yana maksimal ishlash kuchlanishi bilan ham xarakterlanadi. Bizga bir necha kondensatorlar berilgan bo'lsa, kerakli ish kuchlanishida istalgan sig'im olish uchun kondensatorlarni bir-biriga batareya qilib ulanadi.

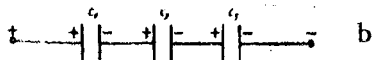
Sig'imni orttirish uchun kondensatorlar bir-biriga parallel ulanadi. Agar barcha kondensatorlarning musbat qoplamalarini bir o'tkazgichga, manfiy qoplamalarini esa boshqa o'tkazgichga ulansa, bunday ulash *kondensatorlarni parallel ulash* deb yuritiladi (36-rasm, a).



36-rasm.

a) Kondensatorlarni o'zaro parallel ulash.

b) Kondensatorlarni o'zaro ketma-ket ulash



Tekshirishlar parallel ulangan kondensatorlar batareyasining umumiy sig'imi C_n har qaysi kondensator sig'implari yig'indisiga tengligini ko'rsatadi:

$$C_n = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i \quad (122)$$

Sig'imni kamaytirish uchun kondensatorlar bir-biriga ketma-ket ulanadi. Bunda birinchi kondensatorning manfiy qoplamasini ikkinchi kondensatorning musbat qoplamasi bilan, ikkinchi kondensatorning manfiy qoplamasi uchinchi kondensatorning musbat qoplamasi bilan ulanadi (36-rasm b). Bunday ulashda bir xil kondensatorlarni ulab, hosil qilingan batareyaning sig'imi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{1}{C_{k-t}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} \quad (123)$$

Kondensatorlar ketma-ket ulanganda har bir kondensator sig'implarining teskari qiymatlaridan yig'indi olinadi. Kondensatorlar radiotexnikada keng miqyosda qo'llanadi. Ular turli xil elektr zanjirlarida zaryadni o'zgartirish hisobiga kuchlanishni ma'lum miqdorda o'zgartirish uchun ishlatiladi.

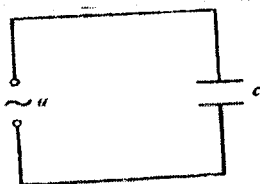
Kondensator energiyani biror muddat davomida to'playdi, qarshiligi oz bo'lgan zanjir orqali zaryadsizlanganda esa o'zidan energiya berishi juda qisqa vaqt davom etadi.

Masalan, yorug'likning kvant manbai bo'lgan lazerlar gaz razryad trubkasi vositasida ishlaydi. Ularda qo'llanilgan elektr sig'imi katta kondensatorlar batareyasi juda qisqa vaqtda zaryadsizlanganidan gaz razryad trubkasi yarq etib yonadi.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Bizga qutblaridagi kuchlanishi sinus qonuniga ko'ra o'zgaradigan tok manbai berilgan bulsin:

$$U = U_m \cdot \sin \omega t \quad (124)$$

bu yerda: U -kuchlanish-ning oniy qiymati; U_m - kuchlanishning amplituda (maksimal) qiymati; ω o'zgaruvchan tok doiraviy chastotasi; t -vaqt.



37-rasm. Kondensatorni o'zgaruvchan manbaiga ulash.

Endi shu o'zgaruvchan tok manbaiga sig'imi C ga teng kondensatorni ulaylik (37-rasm).

Bu holda kondensatordagi tok ham xuddi shu chastota bilan o'zgaradi. Tarkibida faqat kondensator bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjirida, o'tkazgichlarning va kondensator qoplama-

larining qarshiligi hisobga olinmasa bo'ladigan darajada oz bo'lsa, tok kuchining vaqt o'tishi bilan o'zgarishi quyidagicha ifodalanadi:

$$I = U_m \cdot C \cdot \omega \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (125)$$

bu yerda: I -tok kuchining oniy qiymati, U_m -kuchlanishning maksimal (amplituda) qiymati.

Demak, tok kuchining tebranishlari kondensatordagi kuchlanishning tebranishlaridan $\frac{\pi}{2}$ ga qadar oldinda boradi. Buni kondensator zaryadlana boshlagan paytda tok kuchi eng katta, kuchlanish esa nolga teng bo'ladi, kuchlanish eng katta qiymatga erishganda esa tok kuchi nolga teng bo'ladi deb tushunishimiz kerak.

Tok kuchining amplituda qiymati I_m quyidagiga teng:

$I_m = U_m \cdot C \cdot \omega$ yoki bu ifodani tok kuchi va kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatlari orqali ifodalasak, quyidagini yozamiz:

$$I = U \cdot C \cdot \omega \quad (126)$$

bu yerda: I va U tok kuchi va kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatlari. Tok kuchi I va kuchlanish U larning ta'sir etuvchi qiymatlari, ularning amplituda qiymatlari bilan quyidagicha bog'langanligini bilamiz:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad (127)$$

O'zgaruvchan tok zanjirida ishlatiladigan asboblarning o'lchanayotgan kattalikning ta'sir etuvchi qiymatlarini ko'rsatadi. Yuqorida keltirilgan (126) tenglikni quyidagicha yozish ham mumkin:

$$I = \frac{U}{1/\omega C} = \frac{U}{X_c} \quad \text{yoki} \quad X_c = \frac{U}{I} \quad (128)$$

bu yerdagi $\frac{U}{I}$ kattalik Om birlikda o'lchanadi va X_c bilan belgilanib *sig'im qarshilik* deb yuritiladi. Shunday qilib sig'im qarshilik quyidagicha ifodalanadi:

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

Agar $\omega = 2\pi\nu$ ga tengligini e'tiborga olsak, ushbuni yozamiz ($\nu=50$ Gs o'zgaruvchan tok chastotasi):

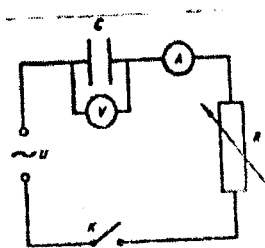
$$X_c = \frac{1}{2\pi\nu C} \quad (129)$$

Bundan kondensator sig'imini aniqlash uchun zarur asosiy formulani hosil qilamiz:

$$C = \frac{1}{2\pi\nu X_c} \quad (130)$$

Mazkur ishni bajarish uchun tekshiriluvchi kondensator, o'zgaruvchan tok ampermetri, voltmeteri va reostatdan iborat elektr zanjirini tuzamiz (38-rasm).

Ampermetr va voltmeter ko'rsatishi va (128) formuladan X_c aniqlanadi.



38-rasm. Ampermetr va voltmeter yordamida kondensator sig'imini aniqlashga doir elektr zanjiri.

So'ngra kondensator sig'imini berilgan X_c larda (130) formula yordamida hisoblanadi.

Ishni bajarish tartibi. 1. 38-rasmida ko'rsatilgan elektr zanjir tuziladi. Dastlab elektr zanjiriga kondensatorlarning birinchisi ulanadi. 2. Tuzilgan elektr zanjiri o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanadi.

Ampermetr va voltmeter ko'rsatishlari reostat qarshiligining ikki xil qiymati uchun yozib olinadi. O'lchash natijalari 27-jadvalga yoziladi.

3. (128) formula buyicha sig'im qarshilik X_c , so'ngra (130) formula bo'yicha esa elektr sig'imi C hisoblanadi.

4. Tajriba ikkinchi kondensator bilan ham xuddi shu usulda bajariladi.

Kondensatorlar sig'iminn ampermetr va voltmeter yordamida
aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	Zanjirga ulanadi	Asboblarning ko'rsatishi		Sig'im qarshilik (Om) birlikda	Kondensator sig'imi	Batareya sig'imi
		A	V			
1.	Birinchi kondensator					
2.	Ikkinchi kondensator					
3.	Ikkita kondensator ketma-ket ulangan					$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ ni tekshirish
4.	Ikkita kondensator parallel ulangan					$C_n = C_1 + C_2$ ni tekshirish

5. Kondensatorlarni ketma-ket va parallel ulangan hollarda ham yana shu o'lchashlar bajariladi

6. O'lchash natijalari bo'yicha parallel ulangan ikkita kondensatorlar-ning sig'im qarshiligi va sig'imi hisoblanadi. Bu hisoblar (122) formula hisoblari bilan solishtiriladi. So'ngra ikkita kondensator ketma-ket ulanadi, sig'im qarshiligi va sig'imi hisoblanadi. Bu hisoblar (123) formula bo'yicha hisoblar bilan solishtiriladi.

Sinov savollari

1. Elektr sig'imi deb nimaga aytiladi?
2. Elektr sig'imi SI sistemasida qanday birlikda o'lchanadi?
3. Kondensator qanday tuzilgan?
4. Kondensatorlar qanday maqsadlarda qo'llaniladi?
5. Kondensatorlarni qanday ulashda batareyaning sig'imi ortadi?
6. Sig'im qarshilik nima?

17-ish. O'TKAZGICHNING SOLISHTIRMA QARSHILIGINI AMPERMETR VA VOLTMETR YORDAMIDA ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) o'zgarmas tok manbai; 2) uzunligi 1 m ga yaqin silindr shaklidagi metall o'tkazgich (sim); 3) ampermetr; 4) millivoltmetr; 5) kalit; 6) ulash simlari.

Nazariy ma'lumotlar. Ma'lumki, ko'ndalang kesimining yuzi o'zgarmas bo'lgan silindr shaklidagi metall o'tkazgich (sim) ning qarshiligi R shu o'tkazgichning uzunligi ℓ ga to'g'ri mutanosib, ko'ndalang kesimining yuzi S ga teskari mutanosib va o'tkazgichning materialiga bog'liq, ya'ni:

$$R = \rho \frac{\ell}{S} \quad (131)$$

ga teng. Bu formuladagi mutanosiblik koeffisienti ρ qarshilikning o'tkazgich materialiga bog'liqligini ifodalaydi va *solishtirma qarshilik* deb ataladi. (131) formuladan ρ ni topsak:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{\ell} \quad (132)$$

Endi solishtirma qarshilikning ta'rifini keltiramiz. O'rta maktab fizika kursidan solishtirma qarshilikning quyidagi ta'rifini bilamiz:

Uzunligi 1 m va ko'ndalang kesimining yuzi 1 mm² bo'lgan o'tkazgichning qarshiligi *solishtirma qarshilik* deb ataladi. Bu ta'rif asosida solishtirma qarshilikning elektrotexnikada ko'p ishlatiladigan

birliqi $1 \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ ni tushuntirish oson.

Oliy o'quv yurtlarining fizikadan o'quv qo'llanmalarida solishtirma qarshilikning ta'rifi SI sistemasiga asoslanib berilgan.

Biror moddadan yasalgan qirrasining uzunligi 1 m bo'lgan kubdan tok uning qirralaridan biriga parallel o'tayotganda shu o'tkazgichning Om hisobida ko'rsatayotgan qarshiligi *solishtirma qarshilik* deyiladi va SI sistemasida 1 Om.m birlikda o'lchanadi. Bu birliklar orasida quyidagi o'zaro munosabatni yoza olamiz:

$$1 \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} = \frac{1 \text{Om} \cdot 10^{-6} \text{m}^2}{\text{m}} = 10^{-6} \text{Om} \cdot \text{m} \quad \text{yoki}$$

$$1 \text{Om} \cdot \text{m} = 10^6 \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Qarshiligi (131) formula bilan ifodalangan o'tkazgichlar rezistorlar deb ham yuritiladi. Metallarning solishtirma qarshiligi juda oz, dielektriklarning solishtirma qarshiligi esa ancha katta.

Yarimo'tkazgichlar solishtirma qarshiligining qiymatlari metallar va dielektriklarning solishtirma qarshiliklari qiymatlari orasida bo'ladi.

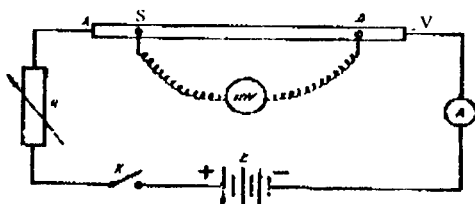
28-jadval.

Ba'zi moddalarning 20°S haroratdagi solishtirma qarshiligi

Modda turi	Solishtirma qarshilik	
	$\frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{m}$ birlikda	Om.m birlikda
Kumush	0,016	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Mis	0,017	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Alyuminiy	0,028	$2,8 \cdot 10^{-8}$
Temir	0,10	10^{-7}
Nikelin (qotishma)	0,40	$4 \cdot 10^{-7}$
Kremniy	10^9	10^3
SHisha	$10^{12} - 10^{21}$	$10^6 - 10^{15}$

Fikrimizning dalili sifatida 28-jadvalda ba'zi moddalarning 20°S haroratdagi solishtirma qarshiligi keltirilgan.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. O'tkazgichning solishtirma qarshiligi (132) formula bo'yicha aniqlanadi. Buning uchun tekshiriluvchi o'tkazgichning ixtiyoriy ikki nuqtasi (masalan, S va D orasidagi qarshiligini topish kerak (39-rasm)



39-rasm. O'tkazgichning solishtirma qarshiligini aniqlash uchun elektr zanjiri.

Shu maqsadda zanjirning bir qismi uchun Om qonunidan foydalanamiz:

$$R = \frac{U}{I} \quad (133)$$

O'tkazgich kesimining yuzi esa $S = \frac{\pi d^2}{4}$ formulasi bilan aniqlanadi.

O'zgarmas tok manbai, ampermetr, tekshiriluvchi o'tkazgich sim, jilgichli reostat va kalitlarni bir-biriga simlar vositasida ketma-ket ulab 39-rasmdagi elektr zanjirni tuzamiz.

O'tkazgichning S va D nuqtalariga millivoltmetr parallel ulanadi, bu nuqtalar orasidagi kuchlanish juda oz bo'lganidan tajribada millivoltmetrdan foydalanilgan. O'lchash vaqtida millivoltmetr ko'rsatishini $1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}$ yordamida 1 V ning ulushiga aylantiriladi.

Ishni bajarish tartibi. 1. 39-rasmda ko'rsatilgan elektr zanjir tuziladi.

2. Jilgichni reostatning muayyan qarshiligiga moslab qo'yiladi.

3. S va D nuqtalar orasidagi simning uzunligi ixtiyoriy tanlanadi va o'lchanadi.

4. O'tkazgich simning diametri d mikrometr bilan o'lchanadi.

5. Simning kesim yuzi $S = \frac{\pi d^2}{4}$ bo'yicha hisoblanadi.

6. Kalit K bilan zanjir ulanadi. Ampermetr va millivoltmetr ko'rsatishi yozib olinadi.

7. O'tkazgichning S va D nuqtalari orasidagi qarshilik $R = \frac{U}{I}$ hisoblanadi.

8. Reostatning qarshiligini, S va D nuqtalar orasidagi o'tkazgich uzunligini o'zgartirish bilan tajriba kamida 3 marta takrorlanadi va har qaysi tajribada (132) formula yordamida ρ larning qiymatlari hisoblanadi.

9. Kuzatish va hisoblash natijalarini 29-jadvalga yoziladi;

29-jadval.

O'tkazgichning solishtirma qarshiligini ampermetr va voltmeter yordamida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	ℓ	d	$S = \frac{\pi d^2}{4}$	U	I	$R = \frac{U}{I}$	ρ	$\Delta \rho$	E_ρ
1									
2									
3									
O'rtacha qiymat									

10. O'lchashlarning o'rtacha absolyut xatoligi $\langle \Delta \rho \rangle$ va o'rtacha nisbiy xatoligi E_ρ hisoblanadi va 29-jadvalga yoziladi.

11. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$\rho = \langle \rho \rangle \pm \langle \Delta \rho \rangle; \quad E_\rho = \dots \%$$

Sinov savollari

1. O'tkazgichning solishtirma qarshiligini ta'riflang.

2. Solishtirma qarshilikning SI sistemasidagi va sistemaga kirmagan birligi orasidagi munosabatni yozib tushuntiring.
3. Nima uchun mazkur elektr zanjirida millivoltmetr ishlatilgan?

18-ish. O'TKAZGICH KARSHILIGINI O'ZGARMAS TOK KO'PRIGI YORDAMIDA ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) galvanometr; 2) qarshiliklar magazini; 3) reoxord; 4) o'zgarmas tok manbai; 5) kalit; 6) qarshiliklari aniqlanadigan o'tkazgichlar (ikkita g'altak); 7) ulash simlari.

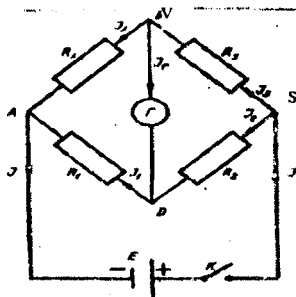
Nazariy ma'lumotlar. O'tkazgichlarning qarshiligini aniqlashning juda ko'p usullari mavjud. Ulardan biri o'zgarmas tok ko'prigi usulidir. Bu usulni 1844 yilda ingliz fizigi Ch.Uitston kiritgan. O'tkazgichning qarshiligini Uitston ko'prigi usuli bilan aniqlash qarshilikni o'lchashning aniq usullaridan biri bo'lib, turli xil laboratoriyalarda juda kup ishlatiladi.

Masalan, ko'prik sxemalar biologik tadqiqotlarda tirik to'qimalarning qarshiligini o'lchashda keng foydalaniladi.

To'qimalarning qarshiligi turli patologik ja-rayonlarda o'zgarganligidan qarshilikni o'lchash asosida teri, asab sistemasi va hokazo kasalliklari haqida xulosa qilish imkonini yaratadi.

Uitston ko'prigi yopiq turtburchakni tashkil qiladigan R_1 , R_2 , R_3 ma'lum qarshiliklardan va 1 ta noma'lum qarshilik R_x dan iborat (40-rasm).

Mazkur elektr zanjirning diagonalidan biri (V va D tugunlar)ga galvanometr ulanadi, boshqasi A va S tugunlar o'zgarmas tok manbai E ga ulanadi. Ko'prikning ishlashi uchun katta kuchlanish kerak emas. Odatda tok manbai sifatida cho'ntak fonarlarining batareyasi yoki tarmoqdagi tokni kuchlanishi 12 V gacha pasaygan o'zgarmas tokka aylantirib



40-rasm. Uitston ko'prigi

beradigan to'g'rilagichdan foydalanish kerak. Eslatib o'tish kerakki, tirik organizmlarning R-qarshiligini o'lchanganda kuchlanish 2-4V bo'lishi maqsadga muvofiqdir. Aks holda hujayra to'qimalarining isishi ro'y beradi. 40-rasmdan ko'rinadiki, AVSDA yopiq kontur bo'lib, 4ta tarmoqlanish tugunlari bor.

Bunday zanjirning turli qismlarida toklar miqdor va yo'nalish jihatdan har xil bo'lishi mumkin. SHuning uchun tarmoqlangan zanjirning turli qismlaridagi toklarni hisoblashda Kirxgofning quyidagi

qonunlaridan foydalanamiz:

1. Tarmoqlangan zanjir tugunlaridagi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng.

2. Tarmoqlangan zanjir yopiq konturida tok manbalari elektr yurituvchi kuchlarining algebraik yig'indisi, bu kontur ayrim qismlaridan o'tayotgan toklarning shu qismlar qarshiliklariga ko'paytmalarining algebraik yig'indisiga teng.

Kirxgof qonunlarini murakkab zanjir tarkibiga kiradigan tarmoqlanish nuqtalari va turli yopiq konturlarga tatbiq qilib, barcha noma'lum toklarni aniqlash uchun tenglamalar tuziladi. Bunda olinadigan mustaqil tenglamalar soni noma'lum toklar soniga doim teng bo'lishi kerak. 40-rasmdagi Uitston ko'prigidan 4 ta tarmoqlanish tuguni bor. Endi A, V va D tugunlari uchun Kirxgofning birinchi qonunini qo'llaymiz:

$$1. \text{ A tugun uchun } I_x + I_1 - I = 0 \quad (134)$$

$$2. \text{ V tugun uchun } I_3 - I_x - I_g = 0 \quad (135)$$

$$3. \text{ D tugun uchun } I_g + I_2 - I_1 = 0 \quad (136)$$

Kirxgofning ikkinchi qonunidan foydalanishda konturni soat strekasi bo'ylab hisoblashni musbat deb olaylik. U holda AVDA kontur uchun Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan ushbuni yozamiz:

$$-I_x R_x + I_r R_r + I_1 R_1 = 0 \quad (137)$$

VSDV yopiq kontur uchun esa:

$$-I_3 R_3 + I_2 R_2 - I_g R_g = 0 \quad (138)$$

Bu yerda I_r -galvanometrda o'tadigan tok kuchi; R_r -galvanometr qarshiligi.

Konturlarni tashkil qilgan qarshiliklarni o'zgartirishlar va tanlashlar yo'li bilan VD diagonal bo'yicha tok o'tmaydigan holatga erishamiz. Bunda galvanometr ko'rsatishi $I_r = 0$ ga teng bo'lib qoladi. Boshqacha aytganda V nuqtaning potentsiali φ_V , D nuqtaning potentsiali φ_D ga teng bo'lganda galvanometrda tok o'tmaydi.

U vaqtda (135), (136), (137) va (138) tenglamalardan quyidagilarni yoza olamiz:

$$I_3 = I_x \quad (139)$$

$$I_2 = I_1 \quad (140)$$

$$I_1 R_1 = I_x R_x \quad (141)$$

$$I_2 R_2 = I_3 R_3 \quad (142)$$

(139) va (140) ni e'tiborga olib (141)ning (142) ga nisbatini topsak, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_x}{R_3} \quad \text{bundan} \quad R_x = R_3 \frac{R_1}{R_2} \quad (143)$$

ga teng bo'lib qoladi.

(143) formuladan ko'rinadiki, ko'priknining uchta elkasi qarshiligini bilganimiz holda to'rtinchi elkasidagi noma'lum qarshilikni aniqlashimiz mumkin.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Amalda qarshilikni o'lchash uchun Uitston ko'prigining 41-rasmda ko'rsatilgan sxemasidan foydalaniladi. Bu yerda noma'lum qarshilik R_x ko'priknining bitta elkasini tashkil qiladi. Ikkinchi elkasi qarshilik magazinidan iborat. Uning qarshi ligini o'zgartirish mumkin.

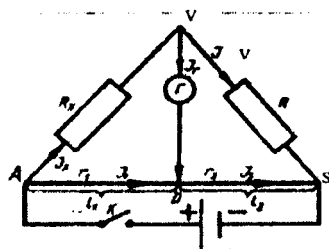
Reoxord millimetrlarga bo'lingan, uzunligi 1 m chamasidagi yog'ochdan qilingan chizg'ich ustidan tarang tortilgan nikelin (yoki nixrom) simga o'rnatilgan D kontakt (jilgich)dan tashkil topgan. (41-rasm).

Kalit K ni ulanganda kontur elkarlaridan 41-rasmda ko'rsatilgan yo'nalishlardagi toklar o'tadi. Bunda galvanometrda o'tadigan tok yo'nalishi V va D nuqtalarning potensialiga bog'liq. Agar V nuqtaning potentsiali D nuqtanikidan katta bo'lsa, 41-rasmda ko'rsatilgan yo'nalishda tok o'tadi.

D jilgichni reoxord shkalasi bo'ylab o'ngga yoki chapga surish bilan AD va DS elkalarning qarshiliklarini o'zgartirib shunday holatga erishamizki, unda galvanometr strelkasi shkalaning nolini ko'rsatadi. Bu holatda avval aytganimizdek $\varphi_V = \varphi_D$ bo'ladi va bu holat uchun (143) tenglamani quyidagicha yoza olamiz:

$$R_x = R \frac{r_1}{r_2} \quad (144)$$

Bu yerda: r_1 -simning D jilgichdan chap tomondagi ℓ_1 uzunlikdagi qismining qarshiligi; r_2 -simning D jilgichdan o'ng tomondagi ℓ_2 uzunlikdagi qismining qarshiligi. Simning kesimi o'zgarmas bo'lgani va bir xil moddadan tayyorlanganidan r_1 va r_2 lar uchun quyidagini olamiz.



41-rasm. Reoxordli Uitston ko'prigi.

$$r_1 = \rho \frac{\ell_1}{S} \quad \text{va} \quad r_2 = \rho \frac{\ell_2}{S}$$

Bu yerdagi r_1 ning r_2 ga nisbati elkalarning nisbatiga o'xshashdir:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\ell_1}{\ell_2} \quad (145)$$

(145) ni e'tiborga olgan holda (144) tenglikni quyidagicha o'zgartiramiz:

$$R_x = R \frac{r_1}{r_2} = R \frac{\ell_1}{\ell_2} \quad (146)$$

(146) tenglikdan ko'rinadiki, galvanometrda tok o'tmayotganda R_x qarshilikni aniqlash uchun R qarshilikni, ℓ_1 va ℓ_2 elkalarning uzunligini o'lchash kerak. Reoxord shkalasidan ℓ_1 va ℓ_2 uzunliklarni 1 mm aniqlikda olish mumkin.

Ishni bajarish tartibi. 1. 41-rasmda ko'rsatilgan sxema bo'yicha elektr zanjiri tuziladi.

2. Tuzilgan zanjirning to'g'riligini o'qituvchi tekshiradi.

Zanjir to'g'ri tuzilgan bo'lsa, kalit K ulanadi. Kalitni ulash oldidan D jilgich reoxordning o'rtasiga yaqin vaziyatda bo'lishi kerak.

3. D jilgichni chap yoki o'ngga surish bilan galvanometr strelkasining nolinci bo'limni ko'rsatishiga erishiladi. Agar bunga jilgich chekkaroqda turganida erishilsa, R qarshilikni o'zgartirish kerak va nihoyat D jilgich reoxordning o'rtasiga yaqin turganida galvanometr ko'rsatishi nolga teng bo'lishiga erishish o'rinlidir. Xuddi shu holatda ℓ_1 va ℓ_2 elkalarning uzunliklari o'lchanadi. Olingan ma'lum qarshilik R ni qarshilik magazinidan hisob qilinadi. So'ngra ℓ_1 , ℓ_2 va R larning qiymatlarini (146) ga qo'yib birinchi g'altakning noma'lum qarshiligi R_{x1} hisoblanadi. Tajriba R ning yana ikki xil qiymati uchun takrorlanadi va har qaysi tajribada R_{x1} qiymati hisoblanadi. O'lchash va hisoblash natijalari 30-jadvalga yoziladi.

4. O'tkazilgan tajribalardan aniqlangan R'_{x1} , R''_{x1} va R'''_{x1} qiymatlari asosida ularning o'rtacha arifmetik qiymati $\langle R_{x1} \rangle$ hisoblanadi, ya'ni:

$$\langle R_{x1} \rangle = \frac{R'_{x1} + R''_{x1} + R'''_{x1}}{3}$$

5. Tajribani ikkinchi qarshilik (g'altak) uchun ham uch marta takrorlanadi va ikkinchi qarshilikning o'rtacha arifmetik qiymati $\langle R_{x2} \rangle$ hisoblanadi, ya'ni:

$$< R_{x_2} > = \frac{R^I_{x_2} + R^{II}_{x_2} + R^{III}_{x_2}}{3}$$

6. Faltaklar bir-biriga ketma-ket ulanadi va zanjirga R_x o'rniga kiritiladi. Ularning qarshiligini yana uch marta aniqlanadi va umumiy qarshilikning o'rtacha arifmetik qiymati $<R_{k-k}>$ hisoblanadi.

7. Tajriba yo'li bilan topilgan $<R_{k-k}>$ ning qiymati, g'altaklar qarshiligining algebraik yig'indisiga qariyb teng bo'lishi kerak:

$$< R_{k-k} > = < R_{x_1} > + < R_{x_2} >$$

8. Ikkala g'altak parallel ulanadi va yuqoridagi kabi ishlar bajariladi. Bunda $<R_n>$ qarshilik quyidagi formula bo'yicha hisoblangan qarshilikka yaqin bo'lishi kerak:

$$\frac{1}{< R_n >} = \frac{1}{< R_{x_1} >} + \frac{1}{< R_{x_2} >}$$

30-jadval.

O'tkazgich qarshiligini o'zgarmas tok ko'prigi yordamida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Qarshiliklar (g'altaklar)	Tajribalar	R	ℓ_1	ℓ_2	R_x	$<R_x>$
Birinchi g'altak	1					
	2					
	3					
Ikkinchi g'altak	1					
	2					
	3					
Faltaklar ketma-ket ulangan	1					
	2					
	3					
Faltaklar parallel ulangan	1					
	2					
	3					

Eslatma. Tajribani bajarishda zanjirni tok manbaiga uzoq vaqt ulab quyish kerak emas, kalitni esa o'lchash paytlaridagina ulash kerak.

Sinov savollari

1. Uitston ko'prigi sxemasini chiziig va tushuntiring.
2. Uitston ko'prigi yordamida noma'lum qarshilikni hisoblash formulasi (146) qanday chiqariladi?
3. Reoxord qanday tuzilgan?
4. Nnma uchun elkalarni o'lchash galvanometrning ko'rsatishi nolga tent bo'lganda bajariladi?

5. Qarshilikni ampermetr va voltmeter yordamida aniqlash usuliga qaraganda ko'prik usulining qanday afzalliklari bor?

19-ish. ELEKTR ISITGICH ASBOBLARNING FOYDALI ISH KOEFFISIENTINI ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) elektr plitasi; 2) o'zgaruvchan tok ampermetri; 3) o'zgaruvchan tok voltmeteri; 4) tarozi va uning toshlari; 5) suvli idish; 6) metall idishlar; , 7) termometr; 8) soat.

Nazariy ma'lumotlar. Elektr isitgichning foydali ish koefitsienti (FIK) η deb, olinayotgan foydali issiqlik miqdori Q_f ning elektr isitgich asboblardan ajralayotgan issiqlik miqdori Q ga nisbatiga aytiladi:

$$\eta = \frac{Q_f}{Q} \quad (147)$$

Isitgichning foydali ish koefitsienti amalda har doim $\eta < 1$ bo'ladi, chunki isitgichdan ajralgan issiqlik miqdori Q ning ma'lum qismi foydasiz sarflanadi (atrofdagi havoni va boshqa jismlarni isitishga ketadi).

Odatda foydali ish koefitsienti foizlarda ifodalanadi, shuning uchun (147) formulani quyidagicha yozish ham mumkin:

$$\eta = \frac{Q_f}{Q} \cdot 100\% \quad (148)$$

Elektr isitgich asbob sifatida elektr plitasini olish mumkin. Demak, endi elektr plitaning FIK ini suvli idishni isitish usulida aniqlab ko'ramiz.

Aytaylik, bizga massasi m_1 , solishtirma issiqlik sig'imi s_1 bo'lgan bo'sh metall idish (stakan) berilgan bo'lsin. Uning ichiga massasi m_2 suv quyaylik, suvning solishtirma issiqlik sig'imi s_2 ga teng. Elektr plitada turgan suvli idish biror vaqtda t_1 dan t_2 haroratgacha isisin. U holda idish va suvning olgan issiqlik miqdorlari Q_1 va Q_2 quyidagilarga teng bo'ladi:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1) \quad (149)$$

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_1) \quad (150)$$

Tajriba vaqtida suv va idishning olgan issiqlik miqdori foydali issiqlik miqdori bo'lganidan quyidagini yozamiz:

$$Q_f = c_1 m_1 (t_2 - t_1) + c_2 m_2 (t_2 - t_1) = (c_1 m_1 + c_2 m_2) (t_2 - t_1) \quad (151)$$

Elektr plitaning spiralidan o'tayotgan tok $A = IUt$ ga teng ish bajaradi. Elektr tokining ishi issiqlikka aylangan elektr energiyasining o'lchovi bo'lganidan ushbuga teng bo'ladi:

$$A=kQ=kJU t \quad \text{yoki} \quad Q=kIU t \quad (152)$$

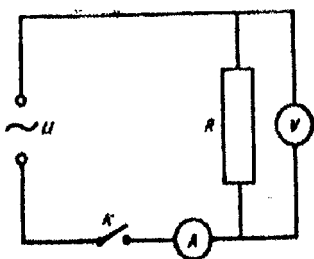
Bu yerda: I-o'zgaruvchan tokning ta'sir etuvchi qiymati;

U-kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymati; t-tokning o'tish vaqti; $k=0,24 \text{ kal/J}$.

(152) va (151) ni (148) ga qo'yib elektr plitaning foydali ish koefitsientini aniqlaymiz:

$$\eta = \frac{Q_f}{Q} \cdot 100\% = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(t_2 - t_1)}{\kappa IU t} \cdot 100\% \quad (153)$$

Ishni bajarish tartibi. 1. Quyidagi sxema bo'yicha elektr zanjiri tuziladi (42-rasm).



42-rasm. Elektr plitaning foydali ish koefitsientini aniqlashga doir elektr zanjiri.

Zanjirda ampermetr va qarshilik R (elektr plita), ka-litlar ketma-ket ulangan. Volt-metr esa qarshilikka parallel ulangan. Zanjirning to'g'ri tuzilganligini o'qituvchi tekshir-ganidan so'ng uni elektr toki manbaiga ulash mumkin.

2. Idishning massasi m_1 texnik tarozida tortiladi.

3. Idishga suv quyib, uning

massasi M aniqlanadi, u holda suvning massasi $m_2=M-m_1$ bo'ladi.

4. Termometr bilan idishdagi suvning boshlang'ich harorati t_1 o'lchanadi.

5. Elektr zanjirni ulab elektr plita 10-15 minut davomida qizdiriladi. So'ngra suvli idish elektr plita ustiga qo'yiladi.

6. Qo'yilgandagi vaqt darhol qayd etiladi.

7. Idishdagi suvning harorati t_2 ga etgach soatdan tokning o'tish vaqti (yoki suvning isish vaqti) aniqlanadi.

8. Tajriba turli massali suvlar bilan uch marta o'tkaziladi. Har qaysi tajribada elektr plitaning FIK η hisoblanadi.

O'lchash va hisoblash natijalari 31-jadvalga yoziladi:

Elektr isitgich asbobning foydali ish koeffitsientini aniqlashda
o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	m_1	m_2	c_1	c_2	t_1	t_2	t	η	$\Delta\eta$	E_η
1										
2										
3										
4										
O'rtacha qiymat										

9. Tajribalarda topilgan ma'lumotlar asosida $\langle\eta\rangle$, $\langle\Delta\eta\rangle$ va E_η lar hisoblanadi.

10. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$\eta = \langle\eta\rangle \pm \langle\Delta\eta\rangle; \quad E_\eta = \dots\%$$

Sinov savollari

1. Elektr isitgichlardan xalq xo'jaligi jumladan qishloq xo'jaligining qaysi sohalarida foydalaniladi? Misollar keltiring.
2. Elektr isitgichning FIK deb nimaga aytiladi?
3. Elektr isitgich FIK ining formulasini chiqaring va izohlang.
4. O'zgaruvchan tok zanjiridagi ampermetr va voltmترلar tok kuchi va kuchlanishning qanday qiymatini ko'rsatadi?

20-ish. TERMOJUFTNI DARAJALASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) ikkita bir xil mis-konstantan termojuft; 2) sezgirligi $10^{-6} - 10^{-7} \frac{A}{bo'lim}$ bo'lgan galvanometr; 3) 0-100°S li ikkita termometr; 4) suv quyiladigan idish; 5) kalit; 6) massasi 400-500 g muz.

Nazariy ma'lumotlar. Ma'lumki, ikki xil metall o'tkazgichning ikkala uchini o'zaro kavsharlab, tarmoqlarning biriga galvanometr ulab va ikkita kavsharlangan uchlarning birini qizdirganimizda bu yopiq elektr zanjiridan tok o'tadi. Bu tokning hosil bo'lishiga turli xil o'tkazgich simlar kavsharlangan uchlarning birini qizdirganda zanjirda EYUK ning vujudga kelishi sabab bo'ladi.

Bu hodisani 1821 yilda T.Zeebek kashf qilgan va u *termoelektr effekt* deb yuritiladi.

Tajribalar va nazariy tekshirishlar shuni ko'rsatadiki, kavsharlangan uchlar haroratlarining farqi unchalik katta bo'lmaganda hosil bo'luvchi termo EYUK ning kattaligi ikkala kavsharlangan uchlarining haroratlari ayirmasiga va tarmoqlarda ishlatilgan moddalarning fizik va kimyoviy xossalriga bog'liq bo'ladi, ya'ni:

$$E = k \cdot (t_2 - t_1) \quad (154)$$

Bu yerda E —termo EYUK kattaligi; k —solishtirma termo EYUK koeffisienti, t_1 —isitilmayotgan kavshar harorati; t_2 —isitilayotgan kavshar harorati.

Ikkala uchi o'zaro kavsharlangan ikki xil metall o'tkazgichlar *termojuft* yoki *termoelement* deyiladi. SHunday qilib, termojuft (yoki termoelement) kavsharlangan uchlarining birini isitishga uzatilgan issiqlik miqdori hisobiga elektr energiya olishga mo'ljallangan asbobdir.

Termojuftlarda kavsharlangan uchlar harorati ayirmasi 1°S ga teng bo'lganda hosil bo'luvchi termo EYUK miqdori *solishtirma termo EYUK koeffisienti* k deb yuritiladi va odatda $\frac{m\text{KB}}{\text{grad}}$ birlikda o'lchanadi.

Solishtirma termo EYUK ning qiymati termojuft tarmoqlarida ishlatilgan moddalarning xossasiga va kavsharlar harorati ayirmasiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun termojuft tarmoqlari moddalarining o'zgarishi bilan k ning qiymatlari ham o'zgaradi.

Termojuftlarning har gal ikkita tarmog'ining moddasini ko'rsatish o'rniga jadvallarda bitta tarmoqni doim qo'rg'oshin olishga kelishilgan. Xuddi shu prinsipda tuzilgan quyidagi 32-jadvalda ba'zi metall termojuftlar uchun $0-100^\circ\text{S}$ harorat intervalidagi k ning qiymatlari ko'rsatilgan.

32-jadval.

Ba'zi metall termojuftlar uchun solishtirma
termo EYUK koeffisientlari

Modda	k (mkV/grad)
Surma	+ 43
Temir	+ 15
Mis	+ 3,2
Rux	+ 3,1
Platina	- 4,4
Alyuminiy	- 17,3
Konstantan	- 38
Vismut	- 68

Bu jadvaldagi musbat (+) ishora olingan modda uchun tokning issiq kavsharlangan uchdan boshlab o'tishini ko'rsatadi.

Agar termojuftning biror tarmog'i uchun qo'rg'oshin o'rniga boshqa modda olinsa, termojuftning solishtirma termo EYUK koeffisienti, tarmoqlarda ishlatilgan moddalarning qo'rg'oshinga nisbatan solishtirma termo EYUK koeffisientlarining ayirmasi tarzida aniqlanadi. Masalan, temir-konstantan termojuftlarda

$$\kappa = +15 \frac{mkV}{grad} - (-38) \frac{mkV}{grad} = 53 \frac{mkV}{grad}$$

Mis-konstantan termojuftlarda esa

$$\kappa = +3,2 \frac{mkV}{grad} - (-38) \frac{mkV}{grad} = 41,2 \frac{mkV}{grad} \text{ ga teng bo'ladi.}$$

Bunday termojuftlarning issiq kavsharlangan uchida tok termo EYUK koeffisienti katta bo'lgan metallardan kam tomonga yo'naladi. Masalan, mis-konstantan termojuftning kavsharlangan uchida tok konstantandan mis tomon yo'nalgan.

Termojuftning FIK deb termojuftdan olingan elektr energiyasining kavsharlangan uchlardan birini isitishda sarflangan issiqlik miqdoriga nisbatiga aytiladi, ya'ni:

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

bu yerda η -termojuftning FIK; E-nagruzkada ajralgan elektr energiya; Q-kavsharlardan birini isitishga sarflangan issiqlik miqdori.

Metall termojuftlarning FIK 1 % ga ham etmaydi. SHuning uchun xam metall termojuftlardan elektr toki manbai sifatida foydalanilmaydi. Hozirgi vaqtda metallardan yasalgan termojuftlar haroratni o'lchovchi asboblari (termometrlar) sifatida keng qo'llaniladi.

O'lchanadigan harorat intervaliga qarab, turli moddalardan tayyorlangan termojuftlar ishlatiladi, Masalan, k si $5,3 \times 10^{-5} \frac{V}{grad}$ ga

teng temir-konstantan termojuftlar yordamida 500°S gacha bo'lgan muhit haroratini o'lchash mumkin. Platina-platina rodiiy qotishmali termojuft

yordamida ($k=6 \cdot 10^{-6} \frac{B}{2pa\partial}$) 1600°S gacha haroratni o'lchash

mumkin. Platina- platina rodiiy qotishmali termojuft yordamida

($k=6 \cdot 10^{-6} \frac{V}{grad}$) 1600°S gacha haroratni o'lchash mumkin. Simobli yoki

spirtli termometrlarga qaraganda termojuftlarning afzalliklari quyidagilardir;

1) metall termojuftlarning sezgirligi katta bo'lganidan haroratning juda kichik (10^{-3} gradusgacha) o'zgarishlarini ham seza oladi; 2)

o'lchanayotgai ob'ekt haroratini ancha masofadan turib ham o'lchash mumkin; 3) haroratni juda keng intervalda o'lchay oladi.

Termojuftlar yordamida haroratni o'lchash uchun uning shkalasi to'g'ridan-to'g'ri graduslarda darajalangan bo'lishi kerak.

Termo EYUK E ni biror tashqi qarshilik R ga ulangan termoelement zanjiridan o'tadigan tok miqdori orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$E = I(R_i + R) = IR_0 \quad (155)$$

bu yerda: R_i -termoelementning ichki qarshiligi; R -zanjirning tashqi qarshiligi; R_0 -zanjirning umumiy qarshiligi.

Agar termoelementning ichki qarshiligi R_i tok o'tayotgan mazkur zanjir tashqi qarshiligi R dan etarlicha kichik bo'lsa, isitishda R_i ning o'zgarishi, zanjirning umumiy qarshiligi R_0 ga deyarli ta'sir qilmaydi. Bu holda tok kuchini elektr yurituvchi kuchga mutanosib deyishimiz mumkin.

Termoelektr yurituvchi kuch E ning miqdori har ikkala kavsharlar haroratlari ayirmasiga (154) formuladagi kabi to'g'ri mutanosib ravishda ortadi.

Agar termoelement sezgir galvanometr bilan ulansa, u holda galvanometr strelkasining tokka mutanosib og'ishi (154) va (155) tengliklar bajarilgan holda kavsharlar haroratlari ayirmasiga to'g'ri mutanosib bo'ladi.

Haroratni o'lchashning termoelektrik usuli xuddi shu xossaga asoslangan. Shu maqsadda termojuft kavsharlaridan birining harorati doimiy tutilgan holda ikkinchisini harorati o'lchanadigan ob'ektga kiritiladi va galvanometrning ko'rsatishi qayd qilinadi.

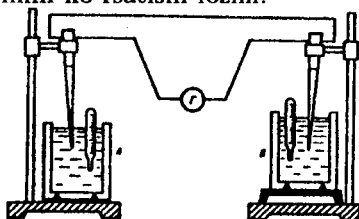
Haroratni graduslarda o'lchash uchun termojuft darajalangan bo'lishi, ya'ni galvanometrda o'tuvchi tokning termojuft kavsharlari haroratlari ayirmasiga bog'liqligi aniqlangan bo'lishi kerak.

Termojuftni darajalashda galvanometrda o'tuvchi tokning kavsharlar haroratlari ayirmasiga bog'liqligi grafigi tarzida ifodalanadi: Termojuftlar qishloq xo'jaligida tuproqning turli chuqurlikdagi haroratini o'lchashda qo'llanadi.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Bu ishdan maqsad termojuftni darajalash va u yordamida biror muhitning, masalan, tuproqning haroratini o'lchashdan iborat. Ishda ikkita bir xil mis-konstantan termojuftlar olingan. Har qaysi termojuftning bir uchi o'zaro kavsharlangan.

Termojuftni darajalash uchun sxemasi 43-rasmda keltirilgan qurilmadan foydalaniladi. Qurilma ikkita shtativga o'rnatilgan termojuftlardan iborat. Termojuftlarning kavsharlari muz solingan idishlarga tushirilgan. Bitta idishdagi muzning haroratini o'zgarmas saqlanadi. Ikkinchisini esa elektr plita yordamida isitiladi.

Isitilmasdan oldin ikkala idishdagi muz (yoki suvning) va deniak kavsharlarning haroratlari Bir xil bo'lishi shart. Bu holda galvanometr strelkasi nolnchi bo'limni ko'rsatishi lozim.



43-rasm. Termojuftni darjalarash uchun qurilma.

Juda ko'pchilik termojuftlar uchun haroratlarning ancha katta intervalida (154) tenglikdagi E o'rniga tok kuchi I ni olish mumkin, ya'ni:

$$I = k (t_2 - t_1) \quad (156)$$

bu yerda: k -mutanosiblik koeffisienti (solishtirma termo EYUK koeffisienti).

Agar $c = \frac{1}{k}$ koeffisientni kiritsak, (156) ni quyidagicha yozamiz:

$$I = \frac{1}{c} (t_2 - t_1) \quad \text{bundan} \quad c = \frac{t_2 - t_1}{I} \quad (157)$$

(157) dagi s —galvanometr bitta bo'limining graduslarda ifodalangan qiymati bo'ladi. Tajriba ma'lumotlariga asoslanib s ni topish mumkin. Bu holda $t_1 = \text{const}$ (ma'lum harorat) ga asoslanib:

$$t_2 = t_1 + c \cdot I \quad (158)$$

tenglama yordamida ob'ekt haroratini bilish mumkin.

Shunday qilib, bu ishda termotokning kavsharlar haroratlari ayirmasiga bog'liqligini grafik holda chizish kerak.

Ishni bajarish tartibi. 1. 43-rasmdagi sxema bo'yicha qurilma yig'iladi.

2. Ikkala A va V idishga ham muz solamiz. Termojuftlar kavsharlarini va ikkita simobli termometrni shu muzlarga tushirib, biroz vaqt o'tgach, haroratini o'lchaymiz. Bunda termometrlar 0°S ni ko'rsatishi, ikkala kavshar harorati bir xil bo'lganidan galvanometr ko'rsatishi ham nolga teng bo'lishi kerak.

3. V muzli idish turgan zlektir plitani tok manbaiga ulab, ikkinchi idishdagi muzni isitib eritiladi, bunda hosil bo'lgan suv isiy boradi. Birinchi A idishdagi suvning haroratini esa o'zgarmas holda saqlash kerak (buniig uchun unga muz qo'shib turish kerak).

4. Isitilayotgan suvning harorati har 5°S ga oshganida galvanometr ko'rsatishlari n ni yozib borish kerak.

Suvni isitishni $60-70^{\circ}\text{S}$ gacha davom ettirish tavsiya qilinadi. Kavsharlar haroratlari ayirmasi katta bo'lmaganida termotokning miqdori haroratlar ayirmasiga mutanosib o'zgaradi.

Eslatma. Agar laboratoriya mashg'uloti sharoitida muz topish iloji bo'lmasa, ikkala termojuftni ham bir xil haroratli suvli idishlarga tushiriladi va ularning boshlang'ich harorati t_1 ni yoziladi. Galvanometr strelkasining nolinci bo'limni ko'rsatishiga erishiladi. Shundan keyin ikkinchi suvli idishni isita borib, haroratining har 5°S ga oshganida galvanometrning ko'rsatishlari n larni yozib boriladi.

5. Tajribalar bir necha marta takrorlanadi va har gal aniqlanayotgan t_1 va t_2 larning qiymatlarini hamda galvanometr ko'rsatishlari n larni 33-jadvalga yoziladi.

33-jadval.

Termojuftlar yordamida o'lchashlar

Tajribalar	t_1	t_2	$(t_2 - t_1)$	Shkala bo'limi soni	$C \left(\frac{\text{grad}}{\text{bo'lim}} \right)$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
O'rtacha qiymat					

6. Ordinata o'qiga I ning qiymatlarini, abssissa o'qiga $t_2 - t_1$ qiymatlarini qo'yib, termotokning haroratlar ayirmasiga bog'liqligi grafigi chiziladi. Har qaysi tajriba uchun s qiymati aniqlanadi va $<c>$ hisoblanadi.

7. Gultuvakdagi tuproqning haroratini o'lchash uchun issiq suvdagi kavsharni olib artiladi va tuproqqa kiritiladi.

Birozdan keyin galvanometr ko'rsatishi yoziladi. (158) formula va avval chizilgan grafik asosida tuproqning harorati aniqlanadi.

Sinov savollari

1. Kontakt potentsiallar ayirmasi qanday vujudga keladi?
2. Kontakt potentsiallar ayirmasi nimalarga bog'liq?
3. Termo EYUK ning hosil bo'lishi sababi qanday?
4. Termo EYUK nimalarga bog'liq?
5. Solishtirma termo EYUK deb nimaga aytiladi?
6. Termojuftni darajalashning mohiyati qanday tushuntiriladi?
7. Metall termojuftlarning qo'llanishiga misollar keltiring.

21-ish. MISNING ELEKTROKIMYOVIY EKVIVALENTINI VA ELEKTRON ZARYADINI ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) o'zgarmas tok manbai; 2) mis sulfat tuzi suvdagi eritmasi qo'yilgan idish; 3) ikkita mis plastinka; 4) ampermetr; 5) soat; b) jilgichli reostat; 7) dempferli yoki reyterli analitik tarozi; 8) filtr qog'oz; 9) ulash simlari.

Nazariy ma'lumotlar. Kimyoviy toza suyuqliklarning ko'pchiligi dielektrikdan iborat, ya'ni elektr tokini yomon o'tkazadi. Masalan, distillangan suv, shakar va gliserinning suvdagi eritmaları dielektriklar hisoblanadi.

Tuz, kislota va ishqorlarning suvdagi va boshqa suyuqliklardagi eritmaları elektr tokini yaxshi o'tkazadi. Masalan, sulfat kislota (H_2SO_4) ning yoki mis sulfat tuzi ($CuSO_4$) ning suvdagi eritmaları elektr tokini yaxshi o'tkazgichlar hisoblanadi. Bunday eritmalaridan elektr toki o'tganda elektrodalarda, ya'ni eritmadan tokni o'tkazish uchun tushirilgan plastinkalarda modda ajralishi ro'y beradi.

Elektr tokini o'tkazadigan va elektr tokining o'tishi jarayonida kimyoviy parchalanadigan moddalar-elektrolitlar yoki ikkinchi tur o'tkazgichlar, elektrolitdan elektr toki o'tganida elektrodalarda moddaning ajralishi hodisasiga esa *elektroliz* deb yuritiladi.

Elektroliz texnikada juda ko'p maqsadlarda qo'llaniladi. Bir metallning sirtini boshqa metallning yupqa qatlami bilan elektrolitik usulda qoplanadi. Masalan, metallardan yasalgan uy-ro'zg'or asboblarning sirti elektrolitik usulda nikellanadi. Yoki metallarni turli aralashmalardan tozalashda ham elektroliz qo'llaniladi, Masalan, rudadan toza misni ajratishda, boksitlar qotishmasidan alyuminiyni olishda elektroliz qo'llaniladi. Bunday misollarni ko'plab keltirish mumkin.

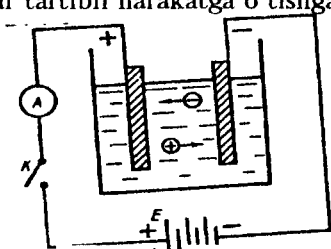
Erituvchi ta'sirida erigan modda molekularining ionlar ga ajralishi *elektrolitik dissosiasiya* deb ataladi. Mis kuporosining suvdagi eritmasida, uning ixtiyoriy molekulası musbat ikki zaryadli Su^{2+} va manfiy SO_4^{2-} ionlarga ajraladi. Mis kuporosi molekularining suvdagi dissosiasıalanishini quyidagicha ko'rsata olamiz:



Bu yerda strelkalarning yo'nalishlari jarayonning ikkala yo'nalishda o'tishini, dissosiasiya bilan bir qatorda eritmalarida qarama-qarshi ishorali ionlarning o'zaro birikib neytral molekulaga aylanishi-rekombinasiyasi ham mavjudligini ko'rsatadi.

Elektrolitlarda ionlar parchalanish jarayonida hosil bo'lib, eritma hajmi bo'ylab xaotik harakatda bo'ladi. Endi miskuporosining suvdagi eritmasiga ikkita ko'mir plastinka tushirib, ularni tok manbaining qutblariga ulaylik (44-rasm).

Kalit K ni ulab, bu zan-jirdan elektr toki o'tayotga-nini ampermetrning strel-kasi og'ishidan bilamiz. Bunda ko'mir plastinkalar orasida hosil bo'lgan poten-siallar ayirmasi hisobiga elektr maydoni vujudga keladi. Elektr maydonning ta'sir kuchi sababli erit-madagi ionlar tartibli harakatga o'tishga majbur bo'ladi.



44-rasm. Elektr maydoni ta'sirida ionlarning harakati.

Bunda musbat Su^{2+} ionlari manfiy zaryadlangan plastinkakatodga tomon harakatlanadi va unga tekkach, ortiqcha elektronlari ko'p bo'lgan katoddan ikkita elektron olib neytral mis atomiga aylanadi va bu plastinka yuziga o'tirib qoladi.

Manfiy SO_4^{2-} ionlari esa ortiqcha elektronlarga ega bo'lib, anodga tomon harakatga tushadi, unga etgach ortiqcha elektronlarini beradi va qoldiq sifatida ajraladi. Bir necha minut tok o'tgandan keyin eritmadan plastinkalarni chiqarib olib, katodda mis ajralganini ko'ramiz. U ko'mirning qora fonida yaxshi ko'rinadi va bu elektroliz vaqtida katodda modda ajralishini ko'rgazmali ravishda namoyish qiladi.

Olingan tajribada ko'mir plastinkalari eritma bilan reaksiyaga kirishmaydi, ya'ni elektrolitda erimaydi. SHuniig uchun tok o'tishi bilan eritmaning kimyoviy tarkibi o'zgara boradi.

Endi xuddi shu tajribada mis kuporosining suvdagi eritmasiga ko'mir plastinkalari o'rniga mis plastinkalar tushiraylik. Zanjirdan tok o'tganda avvalgi misolimizdagiga o'xshash musbat Cu^{2+} ionlari elektr maydonning ta'sir kuchi sababli katodga tomon harakatga tushadi va unga tekkach, katoddan etishmagan elektronlarini olib misning neytral atomlariga aylanadi hamda katod yuziga ajralib chiqadi.

Tok qanchalik ko'p vaqt o'tsa, katodda o'shancha ko'p mis ajraladi. Manfiy SO_4^{2-} ionlari elektr maydon ta'sirida anodga tomon harakatlanadi. Anod qilib olingan mis plastinka musbat zaryadlanganidan eritmadagi manfiy SO_4^{2-} ionlarining ta'sirida bu plastinkada musbat mis ionlarining chiqishi osonlashadi, boshqacha aytganda bu mis plastinka elektrolitda eriy boradi.

Anoddan mis ionlari eritmaga o'tadi va buning natijasida anodning massasi tok o'tish vaqtida kamaya boradi.

Butun jarayon davomida eritmadan katodga qancha mis ioni o'tsa, anoddan o'shancha mis ioni eritmaga o'tganidan eritmaning konsentratsiyasi o'zgarmay qola beradi. Bu turdagi elektrolizdan misni aralashmalardan tozalashda qo'llaniladi.

Elektroliz vaqtida katodda zaryadsizlanayotgan har bir ion katoddan ma'lum sondagi elektronlarni o'ziga biriktiradi. Katodda qanchalik ko'p miqdorda modda ajralsa, katodning o'zi shunchalik ko'p erkin elektronlar yo'qotadi.

Shunday qilib, katodda ajralgan modda miqdori elektrolitdan o'tgan elektr miqdoriga to'g'ri mutanosib va moddaning turiga ham bogliq bo'ladi.

Usulning nazariyasi va qurilma tavsifi. Elektroliz qonunlarini 1836 yilda ingliz olimi M.Faradey kashf qilgan. Elektroliz bo'yicha Faradeyning birinchi qonuni quyidagicha ta'riflanadi: elektroliz vaqtida katodda ajralgan modda massasi m elektrolitdan o'tuvchi elektr miqdori q ga to'g'ri mutanosib:

$$m = kq \quad (159)$$

(159) tenglikdagi k koeffisientni moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti deb yuritiladi va u elektroliz vaqtida katodda ajraluvchi modda miqdorining modda turiga bog'liqligini ko'rsatadi. Elektrolitdan birlik elektr miqdori o'tganida katodda ajralgan moddaning massasi bilan o'lchanadigan kattalikni shu moddaning *elektrokimyoviy ekvivalenti* k deb aytiladi.

$$k = \frac{m}{q} \quad (160)$$

Agar $q=1$ Kl bo'lsa, $k=m$ ga teng bo'lib qolganidan, moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti, elektrolitdan ionlar 1 Kl zaryad olib o'tganida katodda ajralgan moddaning kilogrammlarda ifodalangan massasi bilan o'lchanadi, ya'ni k ning SI sistemasidagi o'lchov birligi $\frac{kg}{Kl}$ dan iborat.

Elektrolitdan 1 Kl zaryad o'tganda katodda ajraladigan modda massasi juda oz bo'lganidan, k ko'pincha $\frac{mg}{Kl}$ birlikda o'lchanadi.

Agar (160) tenglikdagi q o'rniga, uning $q=It$ ifodasini quysak ushuni hosil qilamiz:

$$k = \frac{m}{I \cdot t} \quad (161)$$

Bundan m ni topsak, u quyidagicha yoziladi:

$$m = k I t$$

Demak, elektrolitdan elektr toki o'tganida katodda ajralib chiqqan moddaning massasi tok kuchiga va uning o'tish vaqtiga to'g'ri mutanosibdir.

Shunday qilib, (161) bo'yicha k ni aniqlash uchun katodda biror vaqtda ajralgan modda massasini, elektrolitdan o'tayotgan tok kuchini va tokning o'tish vaqtini o'lchash lozim.

Elektroliz vaqtida katodda ajralib chiqqan modda massasining (161) formulasidan elektron zaryadini hisoblashda foydalanish mumkin.

Katodda ajralib chiqqan modda massasi m , bitta ionning massasi m_{oi} bilan elektrodga t vaqt ichida kelgan ionlar soni N_i ning ko'paytmasiga teng:

$$m = m_{oi} \cdot N_i \quad (162)$$

Ma'lumki, bitta ionning massasi m_{oi} moddaning molyar yoki atom massasi μ ning Avogadro soni N_A ga nisbatiga teng.

$$m_{oi} = \frac{\mu}{N_A} \quad (163)$$

Elektrodga etib kelgan ionlar soni esa quyidagicha aniqlanadi:

$$N_i = \frac{\Delta q}{q_{oi}} = \frac{It}{q_{oi}} = \frac{I \cdot t}{Z \cdot e}$$

bu yerda Δq -elektrolitdan t vaqtda o'tuvchi zaryad; Z -ion valentligi. U holda (162) ni quyidagicha yozish mumkin.

$m = \frac{\mu \cdot I \cdot t}{N_A \cdot Z \cdot e}$ bundan elektron zaryadi uchun quyidagi formulani yozamiz:

$$e = \frac{\mu \cdot It}{ZN_A m} \quad (164)$$

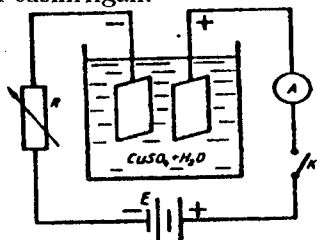
(164) tenglamadagi $\frac{I \cdot t}{m} = \frac{1}{\kappa}$ ekanligini e'tiborga olsak, ushuni hosil qilamiz:

$$e = \frac{\mu}{Z \cdot N_A \cdot \kappa} \quad (165)$$

Mis uchun $\mu=63,54$ g/mol, $Z=2$ va Avogadro soni $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹ ga teng.

(165) dan ko'ramizki, e ning qiymatini hisoblash uchun jadvallardan μ , Z va N_A larning yuqorida keltirilgan qiymatlari olinadi, tajribadan esa moddaning elektrokimyoviy ekvivalentining qiymati olinadi. Bu laboratoriya ishidan maqsad misning elektrokimyoviy ekvivalentini aniqlash va shu asosda elektron zaryadini hisoblashdir.

Misning elektrokimyoviy ekvivalentini aniqlash uchun o'zgarmas tok manbai E, ampermetr A, elektrolitik vanna V, jilgichli reostat R va kalit K larni ketma-ket 45-rasmdagi sxema bo'yicha ulab elektr zanjiri tuziladi. Elektrolitik vannaga 15-20% li CuSO_4 ning suvdagi eritmasi quyilgan bo'lib, uning ichiga mis plastinkalardan yasalgan ikkita elektrod tushirilgan.



45-rasm. Misning elektrokimyoviy ekvivalentini niqlashga doir elektr zanjiri.

Ishni bajarish tartibi. 1. Katod sifatida ishlatishga mo'ljallangan mis plastinkani qumli qog'oz bilan yaxshilab tozalanadi, yuviladi va quritiladi. So'ngra bu plastinkani demperli analitik tarozida tortib massasi m_1 aniqlanadi.

2. 45-rasmdagi sxema bo'yicha elektr zanjiri tuzi-lib, massasi aniqlangan plas-tinkani manbaining manfiy qutbiga ulanadi.

3. Tajriba boshlangan vaqtini yozib, kalit bilan elektr zanjur ulanadi va reostat yordamida tok kuchini 1A ga keltiriladi.

Zanjirdan 10 minut davomida tok o'tkaziladi. Tajriba vaqtida tok kuchi o'zgarmas bo'lishi kuzatib boriladi. Agar tok kuchi o'zgarsa reostat yordamida uni yana avvalgi qiymatiga keltiriladi.

4. 10 minutdan keyin zanjirni uziladi. Eritmadan katod plastinkani chiqarib olib quritiladi, so'ngra massasi m_2 ni demperli tarozida aniqlanadi. U holda katodda ajralib chiqqan mis massasi $m = m_2 - m_1$ ga teng bo'lib qoladi. Tajribada topilgan I, t va m larning qiymatlarini (161) formulaga qo'yib k ning qiymati hisoblanadi.

5. Tajriba yana takrorlanadi. Ikkinchi tajribada m_2 plastinka (katod) ning boshlang'ich massasi tarzida qabul qilinadi. Tok kuchi 1,5 A ga moslanadi va elektrolitdan 15 minut tok o'tkaziladi. Bu galgi tajribadan ham k ning qiymati hisoblanadi. Uchinchi tajribada ham katodda ajralgan modda massasini yuqoridagiga o'xshash aniqlanadi.

Eslatma. O'qituvchining taklifiga ko'ra, tok kuchining boshqa qiymatlarini ham olish mumkin. Ammo tok kuchini 2A dan oshirish tavsiya qilinmaydi.

O'lchash va hisoblash natijalari 34-jadvalga yoziladi.

Misning elektrokimyoviy ekvivalentini aniqlashda o'lchash
va hisoblash natijalari

Tajribalar	m_1	I	t	m_2	m	k	Δk	E_k
1								
2								
3								
O'rtacha qiymat								

6. Tajribalarda topilgan ma'lumotlar asosida $\langle k \rangle$, $\langle \Delta k \rangle$ va E_k lar hisoblanadi.

7. Moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti k ning o'rtacha arifmetik qiymati $\langle k \rangle$ ni (165) formulaga qo'yib elektronning zaryadi e hisoblanadi. Aniqlangan natija $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl bilai taqqoslanadi.

8. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$k = \langle k \rangle \pm \langle \Delta k \rangle; \quad E_k = \dots\%; \quad e = \dots;$$

Sinov savollari

1. Elektroliz deb qanday hodisaga aytiladi?
2. Elektrolitik dissosiasiya deb nimaga aytiladi?
3. Elektrolitlar qanday o'tkazuvchanlikka ega?
4. Metallar va elektrolitlar o'tkazuvchanligining farqi qanday?
5. Elektroliz vaqtida elektrolitning tarkibi o'zgarماسligi uchun anodni qanday moddadan tanlash kerak?
6. Faradeyning birinchi qonunini yozing va ta'riflang.
7. Moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti deb nimaga aytiladi?
8. Elektrolizning texnikada qo'llanilishiga misollar keltiring.

22-ish. ELEKTR CHIROG'I ISTE'MOL QILADIGAN TOK
QUVVATINING BERILAYOTGAN KUCHLANISHGA
BOG'LIQLIGINI O'RGANISH.

Kerakli asbob va materiallar: 1) o'zgaruvchan tok manbai; 2) kalit; 3) jilgichli reostat; 4) cho'g'lanma elektr chirog'i; 5) o'zgaruvchan tok ampermetri; 6) o'zgaruvchan tok voltmetri; 7) ulash simlari.

Nazariy ma'lumotlar. Dastlab o'zgarmas tok ishi va quvvati haqida to'xtalamiz. Elektr energiyasi boshqa turdagi energiyalarga osonlik bilan aylanadi, shuning uchun ham elektr energiyasining qo'llanish sohalari g'oyat ko'pdir. Masalan, elektr plitasida, chug'lanma elektr chirog'ida elektr energiyasi issiqlikka aylanadi.

Zanjirdagi elektr toki energiyasining boshqa turdagi energiyalarga aylanishining o'lchovi tokning ishidan iborat. Agar elektr zanjiridagi

iste'molchida EYUK manbai bo'lmasa, zanjirda sarflangan elektr energiyasi ichki energiyaga aylanadi, ya'ni issiqlik ta'siriga sarf bo'ladi. Zanjirning bir qismida o'zgarmas tokning bajargan ishi A ni quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$A = IUt \quad (166)$$

bu yerda I -zanjirdan o'tayotgan tok kuchi, U -zanjirning biror qismidagi kuchlanish, t -tokning o'tish vaqti.

(166) formula zanjirning bir qismidagi tokning bajargan ishini hisoblash imkonini beradi. Tok o'tganida o'tkazgichning qizishi sababli ajralgan issiqlik miqdorini hisoblashda esa (166) ifodadagi U o'rniga $U=IR$ ni olish kerak. U holda ushbu formulani yozamiz:

$$A = I \cdot IR \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t \quad (167)$$

Elektr zanjiridagi tokning quvvati, zanjirning bir qismidan o'tayotgan tokning vaqt birlikida bajargan ishini xarakterlaydi:

$$P = \frac{A}{t} \quad (168)$$

Agar (168) formulaga A ning (166) dagi ifodasini qo'ysak, tok quvvatining quyidagi ifodasini yozish mumkin:

$$P = \frac{IUt}{t} = IU \quad (169)$$

Elektr tokining ishi SI sistemasida 1J (joule) birlikda o'lchanadi:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ s}$$

Tok quvvati SI sistemasida 1Vt (vatt) birlikda o'lchanadi:

$$1 \text{ Vt} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ V}$$

Usulning nazariyasi va qurilma tavsifi. O'zgaruvchan tok zanjiri haqida fikr yuritar ekanmiz, faqat aktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok zanjiriga to'xtalamiz. Aktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok zanjirida butun energiya issiqlikka sarflanadi.

Aktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok zanjirining bir qismiga Ohm qonunini yozishda tok kuchi va kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatlari olinadi, ya'ni:

$$I = \frac{U}{R}$$

bu yerda I -tok kuchining ta'sir etuvchi qiymati;

U -kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymati;

R -zanjirning olingan qismining aktiv qarshiligi.

Aktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok zanjirida bizni o'zgaruvchan tokning quvvati P qiziqtiradi va u ushbuga teng.

$$P=IU$$

(170)

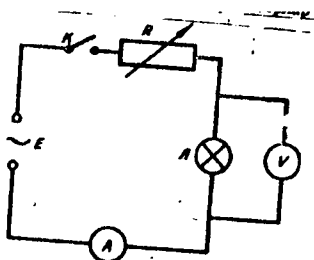
Aktiv qarshilikli o'zgaruvchan tokning o'rtacha quvvatining qiymati tok kuchi va kuchlanishning ta'sir qiluvchi qiymatlarining ko'paytmasiga teng.

O'zgaruvchan tok zanjiridagi ampermetr va voltmترلar tok kuchi va kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatlarini ko'rsatadi.

Bu ishdan maqsad elektr chirog'i iste'mol qiladigan quvvatning berilayotgan kuchlanishga bog'liqligini o'rganishdir. Buning uchun o'zgaruvchan tok ampermetri A, cho'g'lanma elektr chirog'i L, jilgichli reostat R va kalit K larni ketma-ket ulab elektr zanjiri tuzamiz (46-rasm).

Ishni bajarish tartibi.

1. 46-rasmdagi sxema bo'yicha elektr zanjiri tuziladi.
2. Kalit K bilan zanjirni ulanadi. Reostatning qarshi-ligini oshirib ampermetr bilan tok kuchining $I_1=0,1A$ ga teng qiymati olinadi va ayni vaqtdagi voltmetrning ko'rsatishi U_1 yoziladi. Qarshilikni biroz kamaytirib tokning $I_2=0,2A$ va voltmetr ko'rsatishi U_2 yoziladi.



46-rasm. Elektr chirog'ini o'zgaruvchi tok zanjiriga ulash.

3. Xuddi shu tartibda 10 marta o'lchash o'tkaziladi har gal I va U larning qiymatlari 35-jadvalga yozib boriladi:

4. (170) formula yordamida har qaysi tajribalardagi elektr chirog'i iste'mol qiladigan tok quvvatining qiymati hisoblanadi va 35-jadvalga yoziladi.

5. Iste'mol qilinayotgan tok quvvati P , elektr chirog'iga berilayotgan kuchlanish U ning qiymatlaridan foydalanib P ning U ga bog'lanish grafigi chiziladi. Shu maqsadda abssissa o'qiga kuchlanish qiymatlari, ordinata o'qiga esa quvvat qiymatlari qo'yiladi.

35-jadval.

Ampermetr va voltmetr yordamida o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	Tok kuchi, I (A - larda)	Kuchlanish, U (V - larda)	Quvvat, P (Vt - larda)
1	2	3	4
1			
2			
3			
...			
12			

Sinov savollari

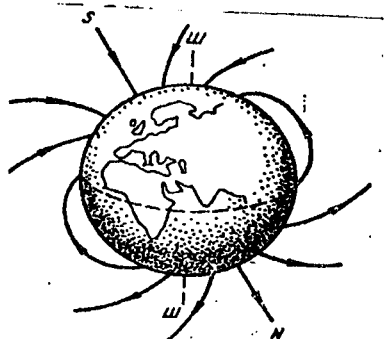
1. O'zgarmas elektr tokining ta'rifi qanday?
2. Tokning ishi nimalarga bog'liq?
3. Tokning ishi SI sistemasida qanday birlikda o'lchanadi?
4. Tok quvvati va uning birligini tushuntiring.
5. O'zgaruvchan tok deb qanday tokka aytiladi?
6. O'zgaruvchan tokning ta'sir etuvchi va maksimal (amplituda) qiymatlarini izohlang.
7. O'zgaruvchan tok zanjiridagi ampermetr va voltmeter tok kuchi va kuchlanishning qanday qiymatlarini ko'rsatadi?
8. Agar o'zgaruvchan tok zanjirida aktiv qarshilikdan tashqari induktiv va sig'im qarshilik kirsam (170) formula o'zgaradimi? O'zgarsa qanday yoziladi?

23-ish. YERNING MAGNIT MAYDONI INDUKSIYASINING YOTIQ TASHKIL ETUVCHISINI TANGENS-GALVANOMETR YORDAMIDA ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar; 1) tangens-galvanometr, 2) o'zgarmas tok manbai, 3) jilgichli reostat, 4) ampermetr, 5) ikki yoqlama kalit, b) ulash simlari.

Nazariy ma'lumotlar. Yer butunligicha juda katta tabiiy magnitni tashkil qiladi. Uning sirtidagi va atrofidagi fazoning istalgan nuqtasida magnit kuchlarining ta'siri mavjud. Yer sirtiga yaqin har bir nuqtada tik uchlikka o'rnatilgan yoki ipga osilgan magnit strelkasi taxminan shimoli-janub yo'nalishida joylashadi. Bu dalil Yerning magnit maydoni borligini tasdiqlaydi. Yerning magnit maydoni induksiya chiziqlarining joylashishi sxematik ravishda 47-rasmda ko'rsatilgan.

Shimoliy yarim sharda barcha magnit induksiya chiziqlari shimoliy kenglikning $70^{\circ}50'$ va 96° g'arbiy uzunlikdagi nuqtasida to'planadi. Bu nuqta *janubiy magnit qutbi S* deb ataladi. Janubiy yarim sharda induksiya chiziqlari janubiy kenglikning $70^{\circ}10'$ va sharqiy uzunlikning $150^{\circ}45'$ nuqtasida to'planadi; uni *shimoliy magnit qutbi N* deb ataladi.



47-rasm. Yerning magnit maydoni.

Erning magnit qutblari geografik qutblari bilan mos kelmaydi. Shimoliy geografik qutb (SH) yaqiniga magnitning janubiy qutbi S, janubiy geografik qutb (J) yaqiniga esa magnitning shimoliy qutbi N joylashgan. (47-rasm).

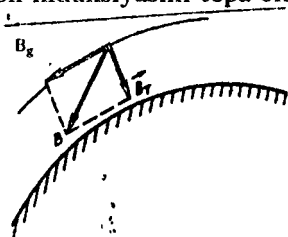
47-rasmda ko'rsatilganidek, Yerning magnit maydoni to'g'ri magnitniki kabi bo'lganidan bu maydon induksiya chiziqlari Yerning magnit qutblarida er yuzasiga tik va Yer ekvatorida esa yotiq yo'nalgan. Yer yuzasining boshqa istalgan nuqtasida magnit induksiya chiziqlari va unga urinma ravishda yo'nalgan magnit maydonining induksiyasi vektori Yer shariga tik chiziq bilan ma'lum burchakni tashkil qiladi.

Magnit strelkasini og'irlik markazidan ipga osilsa, u magnit induksiya chiziqlariga urinma ravishda joylashadi. Yerning shimoliy yarim sharida magnit strelkasining janubiy qutbi tomonidagi uchi Yerga og'ib gorizont bilan enkayish burchagini tashkil qiladi.

Yer magnit qutblarida enkayish burchagi 90° ga, magnit ekvatorida esa 0° ga teng. Yer yuzasining istalgan joyida magnit strelkasi joylashgan tik tekislikni magnit meridiani tekisligi hamda magnit meridiani tekisligining gorizont bilan kesishish chizig'i *magnit meridiani chizig'i* deb yuritiladi. Magnit meridianining geografik meridian bilan hosil qilgan burchagi *magnit og'ish burchagi* deb aytiladi.

Yerning magnit maydoni induksiyasi vektori $\vec{B}$ ikkita: gorizont chizig'i bo'ylab yo'ialgan yotiq tashkil etuvchi $\vec{B}_g$ va Yerning radiusi bo'ylab yo'nalgan tik tashkil etuvchi $\vec{B}_r$ ga ajratiladi (48-rasm).

Yotiq tashkil etuvchini bilganimiz holda berilgan nuqtadagi magnit maydon induksiyasini topa olamiz:



48-rasm. Yerning magnit maydoni induksiyasining yotiq va tik tashkil etuvchilari.

$$\frac{B_g}{B} = \cos \alpha$$

yoki

$$B = \frac{B_g}{\cos \alpha} \quad (171)$$

Yerning magnit maydoni induksiyasi vektorining yotiq tashkil etuvchisi magnit strelkasini magnit meridiani tekisligida joylashtiradi, tik tashkil etuvchisi esa uning gorizont chizig'iga burilishini ta'minlaydi. Agar magnit strelkasi tik o'q atrofida aylana olsa, u vaqtda unga Yer magnit maydoni induksiyasi vektorining yotiq tashkil etuvchisiga ta'sir qilib, uni magnit meridiani tekisligida joylashtiradi. Magnit

strelkasining bu xossasidan foydalanib, Yerning magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisi aniqlanadi.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Bu ishda Yerning magnit maydoni induksiyasi vektorining yotiq tashkil etuvchisi B_g tangens-galvanometr yordamida aniqlanadi.

Tangens-galvanometr vertikal tekislikda joylashgan aylana shaklidagi n ta o'ramga ega ixtiyoriy radiusli g'altakdan iborat. Faltakning markazida tik uchlikka kichkina magnit strelkasi o'rnatilgan va u tik o'q (uchlik) atrofida erkin aylana oladi.

Strelkaning ustida shkalasi graduslarga bo'lingan yupqa doiraviy disk o'rnatilgan. Bu asboblarni ishlatish uchun eng avvalo g'altakni tik o'q atrofida burash asosida o'ramlar tekisligining magnit meridiani tekisligi bilan mos tushishiga erishish kerak.

Agar tangens-galvanometr o'ramlaridan tok o'tmayotgan bo'lsa, magnit strelkasiga faqat Yerning magnit maydoni ta'sir qiladi. Yerning magnit maydoni induksiyasi vektorining yotiq tashkil etuvchisi magnit strelkasini magnit meridiani tekisligi bo'ylab joylashtiradi, tik tashkil etuvchisining ta'siri esa uchlikka tayanch nuqtadagi ishqalanish bilan kompensasiyalanadi.

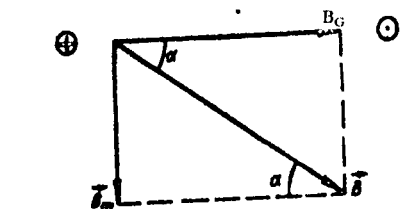
G'altakdan I tok o'tayotgan bo'lsa, uning markazida o'ramlar tekisligiga tik yo'nalgan V_m ga teng magnit maydon induksiyasi hosil bo'ladi:

$$B_m = \frac{\mu_0 \mu n I}{2R} \quad (172)$$

bu yerda $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Gn}{m}$ magnit doimiysi, μ muhitning nisbiy magnit singdiruvchanligi, R -g'altakdagi o'ramlar radiusi.

Shunday qilib, g'altakdan tok o'tayotganda magnit strelkasiga Yerning magnit maydoni induksiyasining yotiq tashkil etuvchisi B_g va g'altak tekisligiga tik yo'nalgan tok magnit maydoni induksiyasi B_m ta'sir qiladi, natijada magnit strelkasi ularning yig'indisi $B = B_g + B_m$ vektor bo'ylab joylashadi.

G'altakning yotiq tekislik bilan kesimini quyidagicha ko'rsatamiz (49-rasm).



49-rasm. G'altakning yotiq tekislik bilan kesimi.

Bu rasmga g'altak tekisligi bo'yicha qaralganda toklarning yo'nalishi 49-rasmdagi kabi bo'ladi.

$$\frac{B_m}{B_g} = \operatorname{tga}$$

bundan

$$B_m = B_g \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (173)$$

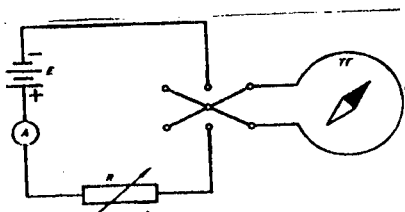
(173) ni (172) ga qo'ysak bundan quyidagi natijaviy ifodani yoza olamiz:

$$B_g = \frac{\mu \mu_0 n I}{2 R \operatorname{tg} \alpha} \quad (174)$$

Tenglikning o'ng tomonidagi kattaliklardan μ va μ_0 lar doimiy, n va R lar asbobning o'zida ko'rsatilgan, I esa ampermetr yordamida aniqlanadi, α -magnit meridian tekisligidan strelkaning og'ish burchagi bo'lib, uni asbob shkalasidan olinadi.

Ishni bajarish tartibi. 1. 50-rasmdagi sxema bo'yicha elektr zanjir tuziladi.

2. Tangens-galvanometrni burash asosida o'ramlar tekisligini magnit meridiani tekisligiga mos tushadigan qilib o'rnatiladi. Bunda magnit strelkasining bir uchi doiraviy shkaladan 0° ni ko'rsatadi.



3. Reostatni ma'lum qarshilikka moslab qo'yib, kalit bilan zanjir ulanadi va o'tayotgan tok ampermetr yordamida o'lchanadi.

4. Magnit strelkasi tebranishdan to'xtagach, doiraviy shka-

50-rasm. Tangens-galvanometrni zanjirga ulash

ladan strelkaning og'ish burchagi α_1 aniqlanadi.

Zanjirdan o'tayotgan tok miqdorini o'zgartmasdan ikkiyoqlama kalit K yordamida g'altakdan o'tayotgan tokning yo'nalishini avvalgiga qarama-qarshi yo'nalishga almashtiriladi va yana strelkaning og'ish burchagi α_2 aniqlanadi. So'ngra α_1 va α_2 laring o'rtacha arifmetik

qiymati $\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$ hisoblanadi.

5. Tokning turli qiymatlarini tanlash asosida (reostat jilgichini surish bilan har gal qarshiligini o'zgartirib) tajriba 4-5 marta takrorlanadi.

6. Har qaysi tajribada $\operatorname{tg} \alpha$ ning qiymatlarini tangenslar jadvalidan olinadi. So'ngra har qaysi tajribada I va $\operatorname{tg} \alpha$ qiymatlarini (174) formulaga qo'yib, B_g ning qiymati hisoblanadi. Bu yerda B_g vektorining moduli bilan ish ko'riladi.

O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi 36-jadvalga yoziladi.

Tangens-galvanometr yordamida o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	α	$tg\alpha$	B_g	ΔB_g	E_{Bg}
1					
2					
3					
4					
5					
O'rtacha qiymat					

7. Tajribalarda aniqlangan ma'lumotlar asosida $\langle B_g \rangle$, $\langle \Delta B_g \rangle$ va E_{Bg} lar hisoblanadi.

8. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$B_g = \langle B_g \rangle \pm \langle \Delta B_g \rangle; \quad E_{Bg} = \dots\%$$

Sinov savollari

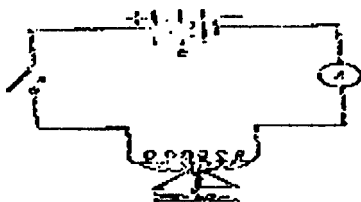
1. Yerning magnit maydoni qanday sabablarga ko'ra paydo bo'lgan?
2. Yerning magnit qutblari geografik qutblariga nisbatan qanday joylashgan?
3. Magnit meridian tekisligi va magnit meridian deb nimaga aytiladi?
4. Magnit og'ishi va magnit enkayishi tushunchalarini izohlang.
5. Tangens-galvanometr yordamida Yerning magnit maydonining yotiq tashkil etuvchisi qanday aniqlanadi?
6. B_g ni aniqlaydigan formulani chiqaring va izohlang.
7. Magnit maydoni induksiyasi SI sistemasida qanday birlikda o'lchanadi?
8. Yer magnit maydonining o'simlik va hayvonlarning yashashida, o'sishida ta'siri bormi? Misollar keltiring.

24-ish. O'TKAZGICH QARSHILIGINING TERMIK KOEFFISIYENTINI ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) tekshiriluvchi metallardan yasalgan qarshilik; 2) elektr plitasi; 3) isitish uchun idish; 4) MO-62 o'zgarmas tok ko'prigi; 5) termometr; 6) tok manbai; 7) o'zgarmas tok ampermetri; 8) kalit.

Nazariy ma'lumotlar. Ma'lumki, metall o'tkazgichning harorati o'zgarmas bo'lganda qarshiligi, o'tkazgichning uzunligiga va ko'ndalang kesimining yuziga va shu o'tkazgichning materialiga bog'liq bo'ladi.

Bundan tashqari o'tkazgich qarshiligi shu o'tkazgichning haroratiga ham bog'liq bo'lib, harorat o'zgarganda o'tkazgich qarshiligi ham o'zgaradi. Fikrimizni tasdiqlash uchun o'zgarmas tok manbai E, biror o'tkazgichdan yasalgan spiral shakldagi sim L, kalit K, ampermetr A larni ketma-ket ulashdan iborat elektr zanjirni qaraylik (51-rasm).



51-rasm. O'tkazgich qarshiligining haroratga bog'liqligi.

Agar K kalitni ulab zanjirdan tok o'tkazib spiralni qizdira borsak (spirt lampasi alangasid a) ampermetrdan o'tayotgan tokning kamaya borayotganini kuzatamiz. Bundan metall o'tkazgichning harorati oshganda qarshiligi ham ortadi degan xulosaga kelamiz.

Agar o'tkazgichning 0°S dagi qarshiligini R_0 , $t^{\circ}\text{S}$ dagi qarshiligini R_t deb belgilasak, qarshilikning nisbiy o'zgarishi harorat t ning o'zgarishiga to'g'ri mutanosib bo'ladi:

$$\frac{R_t - R_0}{R_0} = \alpha \cdot t \quad \text{bundan} \quad \alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 t} \quad (175)$$

(175) tenglikdagi mutanosiblik koeffisienti α ni qarshilikning termik (harorat) koeffisienti deb yuritiladi. Qarshilikning harorat koeffisienti o'tkazgichni 1°S ga isitilganda qarshiligining nisbiy o'zgarishini ko'rsatadi yoki o'tkazgichni 1°S ga isitilganda qarshiligi 0°S dagi qarshiligining qanday ulushiga o'zgarishini ko'rsatadigan son bilan o'lchanadi. Barcha metall o'tkazgichlarda harorat o'zgarganda α juda kam miqdorda o'zgarib boradi.

Agar haroratning o'zgarish intervali unchalik katta bo'lmasa, bu koeffisientni uning olingan intervaldagi o'rtacha qiymatini o'zgarmas miqdor deb olish mumkin va u metallar uchun $\alpha \approx 0,04 \text{ grad}^{-1}$ ga teng. O'tkazgichning qarshiligi asosan solishtirma qarshiligining o'zgarishi bilan bog'langan. Agar 0°S dagi solishtirma qarshilik ρ_0 , $t^{\circ}\text{S}$ dagi uning qiymati ρ_t bo'lsa, u holda quyidagi ifodani yoza olamiz:

$$\rho_t = \rho_0 (1 + \alpha t) \quad (176)$$

Amalda o'tkazgichlarni 0°S dan emas, balki qandaydir boshlang'ich t_1 haroratdan keyingi t_2 haroratgacha isitish qulay. Bunda metall o'tkazgichning qarshiligi R_1 dan R_2 gacha ortadi. U holda

$$R_1 = R_0 (1 + \alpha t_1) \quad (177)$$

$$R_2 = R_0 (1 + \alpha t_2) \quad (178)$$

bularni yoza olamiz. (178) ning (177) ga nisbatini olsak:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} \quad \text{bundan} \quad \alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} \quad (179)$$

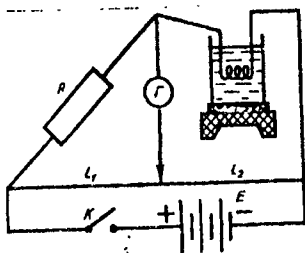
ni hosil qilamiz.

Ishlatilayotgan o'tkazgichning turiga qarab α ning qiymatlari musbat yoki manfiy bo'lishi mumkin. Barcha metallarning harorati ortishi bilan qarshiligi ham ortadi, shuning uchun metallarda har doim $\alpha > 0$; elektrolitlarning qarshiligi esa harorati ortishi bilan kamayadi, demak elektrolitlarda $\alpha < 0$ bo'ladi. Shuni ham ta'kidlashimiz kerakki, ba'zi qotishmalar, masalan konstantanning α si juda kichik bo'lib $\alpha \approx 10^{-8} \text{ grad}^{-1}$ ga teng. Shuning uchun harorat koeffisienti kichik qotishmalardan o'tkazgichlar qarshiliklarining aniq namunalari-etalon qarshiliklar tayyorlanadi.

Metallar qarshiligining haroratga bog'liqligidan qarshilik termometrlarini yasashda foydalaniladi. Bunday termometr platina simdan yasalgan qarshilikdan iborat bo'lib, ko'prik sxemasiga elkalarining biri sifatida ulanadi. Platina qarshiligining haroratga qarab o'zgarishini juda yaxshi o'rganilgan. Simni isitganda yoki sovitganda qarshiligining o'zgarishiga qarab haroratini ham aniq o'lchash mumkin. Qarshilik termometrlarining qulayligi shundaki, ular yordamida juda past va juda yuqori haroratlarni xam o'lchashimiz mumkin.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Bu ishda ham biror metallardan yasalgan simning noma'lum qarshiligi 18-laboratoriya ishidagiga o'xshash o'zgarmas tok ko'prigi yordamida o'lchanadi. O'lchanadigan qarshilik ko'prik elkalaridan birini tashkil qiladi va uni

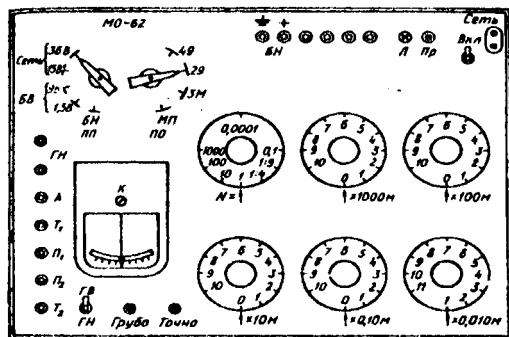
hisoblash quyidagi formula bo'yicha bajariladi: $R_x = R \frac{\ell_1}{\ell_2}$



Bu yerda: R-o'zgarmas tok ko'prigidagi I, II, III, IV dekadalardan tanlab olinadigan ma'lum qarshilikdan iborat. Bu ishda MO-62 o'zgarmas tok ko'prigidan foydalaniladi. Bu ko'prik yordamida 10^{-4} Om dan 10^6 Om gacha qarshiliklarni o'lchash mumkin, MO-62 o'zgarmas tok ko'prigiga

52-rasm. O'zgarmas tok ko'prigiga noma'lum qarshilikni ulash. no'malum qarshilikni ulash sxemasi 52-rasmda keltirilgan.

ko'rsatilgan. Tanlangan elkalar nisbati $\frac{\ell_1}{\ell_2} = N$ ni ko'prik qopqog'ida ko'rsatilgan.



53-rasm. MO-62 o'zgaras tok ko'prigi qopqog'ining tashqi ko'rinishi.
Ishni bajarish tartibi.

1. Korrektor yordamida ko'prikdagi galvanometr strelkasini nolinchi bo'limga keltiriladi.
2. Tekshiriluvchi spiral shakldagi qarshilikni tushirilgan idishga distillangan suv (yoki gliserin) quyiladi.
3. Ko'prik qopqog'idagi «GV-GN» pereklyuchatelni GV ga tug'rilab qo'yiladi.
4. Agar tarmoqdagi kuchlanishdan foydalanilsa saqlagichni 220 V ga o'rnatiladi.
5. O'lchanayotgan qarshilik R_x ning katta yoki kichikligiga qarab PS sxemalar pereklyuchatelni 2_3 yoki 4_3 vaziyatiga qo'yiladi va o'lchanayotgan qarshilikni P_1 va P_2 yoki $P_{||}$, T_1 va P_2 , T_2 zajimlarga ulash kerak. Agar 10 Om dan 10^6 Om gacha noma'lum qarshilik o'lchanadigan bo'lsa, PS pereklyuchatelni 2_3 ga o'rnatish va o'lchanayotgan qarshilikni P_1 va P_2 zajimlarga ulash kerak. Agar 10^{-4} Om dan 10^2 Om gacha noma'lum qarshilikni o'lchanadigan bo'lsa, PS pereklyuchatelni 4_3 ga o'rnatiladi. Bunda R_x ni qarshiligi juda oz maxsus sim bilan P_1 va P_2 zajimlarga ulanadn va ta'minlovchi manba (T_1 zajim) va galvanometr (T_2 zajim) ni oddiy sim bilan o'lchanuvchan qarshilikka bevosita ulanadi.
6. PP pereklyuchatelni «Set» (tarmoq) vaziyatiga qo'yiladi.
7. Pereklyuchatel «Set» ni ulanadi, bunda signallovchi elektr chirog'i L yonishi kerak.
8. Elkalar pereklyuchateli N ni 1 vaziyatga qo'yiladi ($N=1$)
9. Ko'prik qopqog'idagi «Grubo» (dag'al) va «Tochno» (aniq) klemmalarini ketma-ket bosgandan keyin «X 100 Om» «x10 Om» «x1

Om» «x 0,1 Om», «x 0,01 Om», kallaklarni burash bilan galvanometr strelkasini «0» bo'limga keltiriladi.

10. O'lchashlar natijasi quyidagicha hisob qilinadi:

$$R_x = N R$$

Bu formuladagi R ning qiymatini ko'prikan aniqlanadi:

$$R = (x_1 \times 100 + x_2 \times 10 + x_3 \times 1 + x_4 \times 0,1 + x_5 \times 0,01) \text{Om}$$

Bu yerdagi x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 lar mos ravishda «X 100 Om», «X 10 Om», «X 1 Om», «X 0,1 Om», «X 0,01 Om» kallaklarning buralgandagi ko'rsatishlaridan olinadi.

11. O'lchashlar 20°S haroratdan boshlanadi. Elektr plitani tarmoqqa ulab ustidagi o'lchanadigan qarshilik va suv solingan idish isitiladi. Idishdagi suvning (va demak qarshilikning) harorati har 10°S ga oshganda qarshiligi o'lchab boriladi. O'lchash va hisoblash natijalari 37-jadvalga yoziladi.

37-jadval.

O'tkazgich qarshiligining termik koeffisientini anshqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	$t^{\circ}S$	R	R_x	α	$\Delta\alpha$	E_{α}
1	20			-		
2	30			α_1		
3	40			α_2		
4	50			α_3		
5	60			α_4		
6	70			α_5		
7	80			α_6		
8	90			α_7		
O'rtacha qiymat						

12. 1-tajribadan R_x ning qiymatini o'tkazgichning dastlabki qarshiligi deb olib, keyingi tajribalardan R_{x2} lar topiladi, so'ngra α larning qiymatlari hisoblanadi.

Tajribadan α ning topilgan qiymatlari asosida o'rtacha arifmetik qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$\langle \alpha \rangle = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_7}{7}$$

13. R_x ning t ga bog'liqligiga oid grafik chiziladi. Buning uchun tajribadan olingan qarshiliklarning qiymatlari ordinata o'qiga va ularga mos haroratlar qiymatini esa absissa o'qiga qo'yilib $R_x = f(t)$ funksiya grafiki chiziladi.

14. Tajribadan olingan ma'lumotlar asosida $\langle \Delta\alpha \rangle$ va E_α lar hisoblanadi.

15. O'lchashlarning oxirgi natijasi quyidagicha yoziladi:

$$\alpha = \langle \alpha \rangle \pm \langle \Delta\alpha \rangle; \quad E_\alpha = \dots ?$$

Sinov savollari

1. O'tkazgichlar qarshiligi deganda nimann tushunamiz?
2. Solishtirma qarshilik deb nimaga aytiladi?
3. Qarshilikning harorat koeffisienti deb nimaga aytiladi?
4. Qarshilik va solishtirma qarshilikning haroratga bog'lanishi formulalarini izohlang.
5. Mazkur laboratoriya ishida o'lchanayotgan qarshilikni aniqlash tartibi qanday?
6. Termoqarshilikdan qaelarda foydalaniladi?
7. Metall eritish pechlarining harorati qanday o'lchanadi?

25-ish. G'ALTAK INDUKTIVLIGINI ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) induktivlik g'altagi;

2) o'zgaruvchan tok ampermetri; 3) o'zgarmas tok ampermetri; 4) o'zgaruvchan tok voltmetri; 5) o'zgarmas tok voltmetri; 6) o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokga aylantiruvchi to'g'rilagich qurilma; 7) reostat; 8) kalit.

Nazariy ma'lumotlar. Ma'lumki, berk o'tkazgich konturi bilan chegaralangan yuzni kesib o'tuvchi magnit induksiya oqimi o'zgarsa, bu konturda tok hosil bo'ladi. Bu hodisani elektromagnit induksiya hodisasi deb yuritiladi.

Elektromagnit induksiya hodisasida hosil bo'lgan tokni *induksion tok* deb aytiladi. M.Faradey qonuniga binoan berk konturda hosil bo'ladigan induksion EYUK ning miqdori shu kontur bilan chegaralangan yuz orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimining o'zgarish tezligiga to'g'ri mutanosibdir, ya'ni

$$E_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (180)$$

Bu yerda: $\Delta\Phi$ -bu Δt vaqt ichida magnit oqimining o'zgarishi. Mexanik energiya hisobiga elektr tokini hosil qilish, o'zgaruvchan tokni transformasiyalash, elektromagnit to'lqinlarni hosil qilish va foydalanish hamda boshqa ko'pgina jarayonlar elektromagnit induksiya hodisasiga asoslangan.

Biz elektromagnit induksiyaning xususiy holi bo'lgan o'zinduksiya hodisasini qarab chiqaylik.

Biror g'altakdan I tok o'tayotgan Bo'lsa, uning atrofida magnit maydon oqimi Φ vujudga keladi va uning kattaligi shu g'altakdan o'tayotgan tokka to'g'ri mutanosib:

$$\Phi = L \cdot I \quad (181)$$

Bu yerda: L-o'tkazgichdan yasalgan g'altakdagi tok bilan shu tokli g'altakning hosil qilgan magnit oqimi orasidagi mutanosiblik koeffisienti. Uni g'altakning *induktivligi* ham deb ataladi.

Agar Δt vaqtda g'altakdan o'tayotgan tok ΔI ga o'zgarsa, g'altakning magnit oqimi $\Delta\Phi=L\Delta I$ ga o'zgaradn. Natijada elektromagnit induksiya hodisasiga asosan zanjirda hosil bo'lgan o'zinduksiya EYUK quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_{o'z} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (182)$$

Shunday qilib, g'altakdan o'tayotgan tok o'zgarsa, shu g'altakni kesib o'tayotgan magnit oqimi ham o'zgaradi. Natijada ayni shu tokning o'zgarish vaqtida g'altakda induksiya EYUK paydo bo'ladi, u olingan berk konturda qo'shimcha tok hosil qiladi Bu hodisani *o'zinduksiya hodisasi* deb ataladi.

Boshqacha aytganda o'zgaruvchan magnit maydon shu maydonni hosil qilgan tok o'tayotgan o'tkazgichning o'zida qo'shimcha EYUK vujudga keltiradi.

Faltakning induktivligi deb, g'altakdan o'tayotgan tok kuchining o'zgarish tezligi bilan hosil bo'lgan o'zinduksiya EYUK ni o'zaro bog'laydigan kattalikka aytiladi.

(182) formuladan L ni topamiz.

$$L = \frac{|E_{o'z}| \cdot \Delta t}{\Delta I}$$

Agar bu formuladan $\Delta t = 1s$, $\Delta I = 1A$ va $E = 1V$ deb olsak, $L = \frac{1V \cdot 1s}{1A}$ teng bo'ladi. G'altak induktivligining SI sistemasidagi bu birligi 1 Gn (genri) deb ataladi:

$$1G_n = \frac{1V \cdot 1s}{1A}$$

Demak, 1 sekund ichida g'altakdagi tok kuchi 1A ga o'zgarganda shu g'altakda 1V o'zinduksiya EYUK paydo bo'lsa, g'altakning induktivligi 1Gn ga teng bo'ladi. G'altakning induktivligi uning shakliga, o'lchamiga, o'ramlar soniga, muhitning magnit singdiruvchanligiga va tok chastotasiga bog'liq.

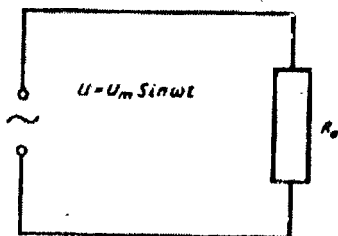
Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. G'altakning induktivligini aniqlash uchun shu g'altakdan o'zgaruvchan tok o'tganida qanday qarshilik ko'rsatishini bilish kerak.

Biror R_0 aktiv qarshilikni o'zgaruvchan tok manbaiga ulaylik (54-rasm).

Aktiv qarshilik cho'g'lanma elektr chirog'i, elektr pechi, isitgich kabi asboblarning biridan iborat bo'lishi mumkin.

Bu vaqtda zanjir uchidagi kuchlanish sinuslar qonuniga ko'ra o'zgaradi:

$$U = U_m \sin \omega t \quad (183)$$



54-rasm. Aktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok zanjiri.

Bu yerda: U -kuchlanishning oniy qiymati; U_m -kuchlanishning maksimal (amplituda) qiymati; ω - o'zgaruvchan tok doiraviy chastotasi.

Tekshirishlar bunday zanjirda aktiv qarshilikdagi tok ham sinuslar qonuniga ko'ra o'zgarishini ko'rsatadi:

$$I = I_m \sin \omega t \quad (184)$$

Bu yerda: I -o'zgaruvchan tok oniy qiymati; I_m -o'zgaruvchan tokning amplituda (maksimal) qiymati.

Demak, aktiv qarshilikli zanjirda tok kuchining tebranish fazasi kuchlanish fazasi bilan bir xil bo'ladi. Om qonuniga asosan tok kuchi, kuchlanish va qarshiliklar o'zaro quyidagicha bog'langan:

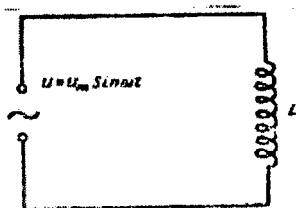
$$I_m = \frac{U_m}{R_0}; \quad I = \frac{U}{R_0} \quad (185)$$

Bu yerda: I va U tok kuchi va kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatlari va ular I_m va U_m bilan quyidagicha bog'langanligini bilamiz:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad (186)$$

O'zgaruvchan tok zanjirida ishlayotgan ampermetr va voltmترلar tok kuchi va kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatlarini ko'rsatishini doimo yodda saqlashimiz kerak.

Endi o'zgaruvchan tok manbaiga aktiv qarshiligini hisobga olmaslik darajada kam bo'lgan induktivligi L ga teng g'altakni ulaylik (55-rasm).



55-rasm. Induktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok zanjiri

Bu holda g'altak uchlaridagi kuchlanish quyidagicha ifodalanadi:

$$U = U_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (187)$$

Bundan g'altakdagi kuchlanish tebranishlari faza jihatdan tok kuchi tebranishlaridan $\frac{\pi}{2}$ qadar oldinda bo'ladi deb ayta olamiz.

Buning ma'nosi shuki, g'altakda kuchlanish o'zining eng katta qiymatiga erishganda tok kuchi nolga teng yoki kuchlanish nolga teng bo'lgan paytda tok kuchi absolyut qiymati (moduli) bo'yicha eng katta bo'ladi.

Bunday zanjir uchun Om qonunini quyidagicha yoziladi:

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L}; \quad I = \frac{U}{\omega L} \quad (188)$$

Bu yerdagi ωL ifoda induktiv qarshilik deb yuritiladi va quyidagicha belgilanadi:

$$X_L = \omega L = 2\pi\nu L \quad (189)$$

Bu yerda: ν - o'zgaruvchan tok chastotasi.

(189) dan doiraviy chastotaning induktivlikka ko'paytmasiga teng bo'lgan X_L kattalik *induktiv qarshilik* deb ataladi va u o'z navbatida tokning chastotasiga va zanjirdagi induktivlikka bog'liq. Agar $X_L = \omega L$ ni e'tiborga olsak, tok kuchi va kuchlanishni ta'sir etuvchi qiymatlariga nisbatan Om qonunini quyidagicha yozamiz:

$$I = \frac{U}{X_L} \quad (190)$$

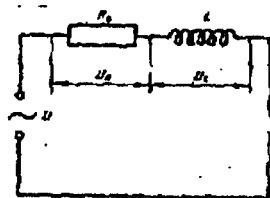
Endi aktiv qarshiligi R_0 reostatni va induktivligi L g'altakni o'zgaruvchan tok zanjiriga kiritaylik (56-rasm).

Bu holda zanjirning to'la qarshiligi

$$Z = \sqrt{R_0^2 + X_L^2} \quad (191)$$

dan iborat bo'ladi va mazkur zanjir uchun Om qonuni quyidagicha yoziladi:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R_0^2 + \omega^2 L^2}} = \frac{U}{Z} \quad (192)$$



56-rasm. Aktiv va induktiv qarshilik kirgan o'zgaruvchan tok zanjiri.

Agar (191) tenglikdan X_L ni topsak ushbuni yoza olamiz:

$$Z^2 = R_0^2 + X_L^2 \quad \text{bundan} \quad X_L = \sqrt{Z^2 - R_0^2} \quad (193)$$

Yuqoridagi (189) tenglikdan induktiv qarshilikni va o'zgaruvchan tok chastotasini bilganimiz uchun induktivlikni aniqlay olishimiz mumkin:

$$L = \frac{X_L}{2\pi\nu} \quad (194)$$

Agar (193) tenglikdagi X_L ning ifodasini (194) ga qo'ysak, natijaviy hisoblash formulasini hosil qilamiz:

$$L = \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{Z^2 - R_0^2} \quad (195)$$

Tajribalarda Z va R_0 larni aniqlagandan keyin (195) bo'yicha g'altakning induktivligini hisoblash mumkin. O'zgaruvchan tokning doiraviy chastotasi

$$\omega = 2\pi\nu = 2\pi \cdot 50 \frac{1}{s} = 100\pi \frac{1}{s} = 314 s^{-1} \quad \text{ga teng.}$$

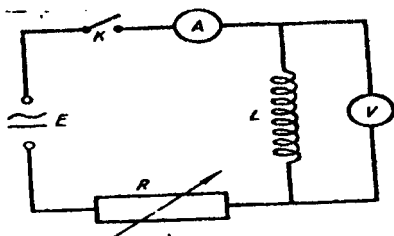
Ishni bajarish tartibi. 1. 57-rasmdagi sxema bo'yicha elektr zanjir tuziladi va tekshirish uchun o'qituvchiga ko'rsatiladi.

57-rasmda A-o'zgarmas va o'zgaruvchan tokda ishlaydigan ampermetr, V-o'zgarmas va o'zgaruvchan tokda ishlaydigan voltmeter, R-reostat, K-kalit, L-g'altak (57-rasm).

2. G'altakning aktiv qarshiligini aniqlash uchun o'zgarmas tok asboblari bilan 57-rasmdagi sxema bo'yicha elektr zanjir yig'iladi. Reostatning jilgichi maksimal qarshilikka o'rnatiladi va zanjir o'zgarmas tok manbaiga ulanadi.

3. Ampermetr va voltmetrning ko'rsatishi $I_{o'z-s}$ va $U_{o'z-s}$ lar yoziladi va Ohm qonuniga binoan R_0 hisoblanadi:

$$R_0 = \frac{U_{o'z-s}}{I_{o'z-s}}$$



57-rasm. Induktivlik g'altagini zanjirga ulash.

O'lchashlar 3-4 marta takrorlanadi. Bu xildagi o'lchashlarni bajarishda kalitni faqat asboblarning ko'rsatishini yozib olishgagina etarli qilib qisqa vaqtga ulanadi, aks holda g'altakdan ko'p vaqt tok o'tsa g'altak qizib qarshiligi o'zgarib qoladi.

4. Sxemadagi barcha o'zgarmas tok asboblari o'zgaruvchan tok asboblari bilan almashtiriladi (agar ikkala tokka ishlaydigan asboblardan bo'lsa o'zgartirilmaydi) va zan-jirni o'zgaruvchan tok manbaiga ulanadi. Tok kuchi va kuchlanishlarning ta'sir etuvchi qiymatlari I va U o'lchanadi. Shu kabi o'lchashlar 3-4 marta takrorlanadi. Har qaysi o'lchash uchun (192) bo'yicha Z ning qiymatlari hisoblanadi.

5. R_0 va Z larning har qaysi o'lchashdagi qiymatlari asosida (195) formula yordamida L ning qiymatlari, so'ngra ularning o'rtacha arifmetik qiymati $\langle L \rangle$ hisoblanadi.

O'lchash va hisoblash natijalari 38-jadvalga yoziladi.

38-jadval

G'altak induktivligini aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	$I_{o'z-s}$	$U_{o'z-s}$	R_0	U	I	Z	L	ΔL	E_L
1									
2									
3									
4									
O'rtacha qiymat									

6. Tajribalarda aniqlangan ma'lumotlar asosida $\langle L \rangle$, $\langle \Delta L \rangle$ va $\langle E_L \rangle$ lar hisoblanadi va 38-jadvalga yoziladi.

7. O'lchashlarning oxirgi natijasi quyidagicha yoziladi.

$$L = \langle L \rangle \pm \langle \Delta L \rangle; \quad E_L = \dots\%$$

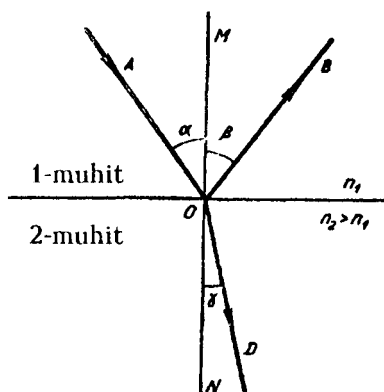
Sinov savollari

1. Om qonunini o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlari uchun yozing va ular orasidagi farqni tushuntiring.
2. O'zinduksiya hodisasining ma'nosini izohlang.
3. G'altakning induktivligi deb qanday kattalikka aytiladi?
4. Induktivlik birligi G_n qanday ta'riflanadi?
5. Nima uchun po'lat o'zakli g'altak induktivligi, o'zaksiz g'altaknikidan ortiq?
6. Nima uchun elektromagnitlar yoki motorlarni zanjirdan uzishda reostatlar ishlatiladi?

26-ish. SHISHANING SINDIRISH KO'RSATKICHINI MIKROSKOP YORDAMIDA ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) mikroskop; 2) mikrometr; 3) ikkala tomoni sirtida bir-biriga tik ravishda tirnab chizilgan chiziqlari (shtrixlari) bor yupqa shisha plastinka.

Nazariy ma'lumotlar. Ma'lumki, yorug'likning bir shaffof muhitdan boshqa shaffof muhitga o'tishida tarqalish yo'nalishining o'zgarishiga *yorug'likning sinishi* deb yuritiladi. Ingichka yorug'lik dastasi ikki shaffof muhit yassi chegarasiga tushganida bir qismi muhitlar chegarasidan qaytadi va qolgan qismi ikkinchi muhitga o'z tarqalish yo'nalishini o'zgartirib o'tadi, boshqacha aytganda tushuvchi yorug'lik nuri AO, qaytgan OB va singan OD nurga ajraladi (58-rasm).



58-rasm. Ikki shaffaf muhit chegarasida yorug'likning sinishi.

Yorug'likning qaytish qonuni quyidagicha: tushgan nur AO, qaytgan nur OB va ikki muhit chegarasiga nurning tushish nuqtasidan o'tkazilgan perpendikulyar MN bir tekislikda yotadi; nurning qaytish burchagi β tushish burchagi α ga teng, ya'ni $\alpha = \beta$. Yorug'likning sinish qonuni esa quyidagicha ta'riflanadi: tushgan nur AO, singan nur OD va ikki muhit chegarasiga

nurning tushish nuqtasidan o'tkazilgan perpendikulyar MN bir tekislikda yotadi; nurning tushish burchagi sinusi $\sin \alpha$ ning sinish burchagi sinusi $\sin \gamma$ ga nisbati berilgan ikki muhit uchun o'zgarmas kattalikdir. Agar α tushish burchagi va γ -sinish burchagi bo'lsa,

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21} \quad \text{ga teng bo'ladi.} \quad (196)$$

(196) formuladagi n_{21} koeffisientni ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan *sindirish ko'rsatkichi* yoki *nisbiy sindirish ko'rsatkichi* deb yuritiladi. Nisbiy sindirish ko'rsatkichi yorug'likning birinchi muhitdagi tezligi v_1 ning ikkinchi muhitdagi tezligi v_2 nisbatiga teng:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$$

U holda

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21} \quad (197)$$

Biror muhitning vakuumga nisbatan sindirish ko'rsatkichi shu muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi deyiladi. Ko'pincha "absolyut" so'zini tashlab yuborib, muhitning sindirish ko'rsatkichi deb atash ham mumkin. Qattiq va suyuq moddalarning absolyut sindirish ko'rsatkichlari shu moddalarning havoga nisbatan sindirish ko'rsatkichidan juda kam farq qiladi. SHuning uchun amalda moddaning sindirish ko'rsatkichi havoga nisbatan olinadi.

Quyidagi 39-jadvalda ba'zi moddalarning sariq yorug'lik nurlari uchun havoga nisbatan sindirish ko'rsatkichlariga oid ma'lumotlar keltirilgan.

39-jadval.

Ba'zi moddalarning havoga nisbatan sindirish ko'rsatkichlari

Modda	Havoga nisbatan sindirish ko'rsatkichi
Suv (20°S da)	1,33
Muz	1,31
Tosh muz	1,54
Kvars	1,54
Yoqut	1,76
Olmos	2,42
Shisha navlari	1,47 dan 2,04 gacha

Bu jadvalda olmosning sindirish ko'rsatkichi $n=2,42$ ga tengligi keltirilgan. Demak, sariq yorug'likning olmosdagi tezligi, uning havodagi tezligidan 2,42 marta kichik bo'ladi.

Yorug'likning vakuumdagi tezligini c ga teng deb olaylik. U holda birinchi va ikkinchi muhitlarning absolyut sindirish ko'rsatkichlari

$n_1 = \frac{c}{v_1}$ va $n_2 = \frac{c}{v_2}$ ga teng bo'ladi. Shu muhitlarning nisbiy sindirish ko'rsatkichi esa quyidagicha yoziladi:

$$n_{21} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (198)$$

Ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko'rsatkichi, ikkinchi muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichining birinchi muhit absolyut sindirish ko'rsatkichiga nisbatiga teng.

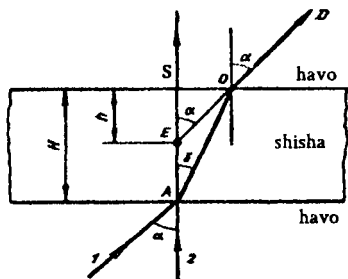
Ikkita muhitdan absolyut sindirish ko'rsatkichi kichik bo'lgan muhit *optik zichligi kichik muhit* deb yuritiladi, Masalan, suvning sindirish ko'rsatkichi shishanikidan kichik. Shuning uchun suvning optik zichligi shishaning optik zichligidan kichikdir.

Mazkur laboratoriya ishida shishaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash maqsad qilib quyilgan.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Kundalik turmushdan bilamizki, yorug'likning sinishi natijasida buyumlarning o'lchamlari, shakli yoki joylashuvi o'zgarib ko'rinadi. Masalan, suvli stakanga qalamni qiyalatib joylashtirib, yon tomonidan qarasak qalamning suv ichidagi qismi suv ustidagi qismiga nisbatan siljigandek ko'rinadi. Yoki tiniq suvli hovuzning tagida yotgan toshni kuzatib, hovuzning chuqurligi unchalik katta emasdek tuyulishi ham yorug'likning havodan suvga o'tishida sinishidan kelib chiqadi.

Endi yorug'lik nurining yassi parallel shishadan o'tishini batafsil qaraylik.

Yassi parallel shisha plastinkaning pastki sirtidagi A nuqtaga 1 va 2 nurlar tushayotgan bo'lsin (59-rasm). 2 nur plastinkaga tik ravishda tushayotgani uchun sinmasdan S nuqtada havoga o'tadi. 1 nur esa plastinkaning pastki va ustki sirtlarida sinadi hamda plastinkadan O nuqtada D ga tomon yo'nalgan ravishda havoga tarqaladi.



59-rasm. Yorug'lik nurining yassi parallel plastinkadan o'tishi.

Bundan ko'rinadiki, shisha plastinkaga biror burchak ostida tushayotgan nur shishadan sinib o'tishida biror masofaga siljiydi va yana avvalgi yo'nalishiga parallel holda tarqaladi. Endi 1 va 2 nurlarning yo'nalishini teskari ravishda qaraylik. U holda DO yo'-

nalishda qarayotgan kuzatuvchi DO va SA nurlarning kesishish nuqtasini A da emas, balki E nuqtada kuzatadi, boshqacha aytganda plastinka qalinligi kuzatuvchiga $SE=h$ ga teng kabi tuyuladi, $SE=h$, uning haqiqiy qalinligi $SA=N$ dan kichik.

Agar tushuvchi nurlar plastinkaga tik yo'nalishda tushuvchi nurlarga juda yaqin bo'lsa tushish va sinish burchaklari juda kichik bo'ladi. Bunday holda bu burchaklarning sinuslarini ularning tangenslari bilan

almashtirish mumkin. $tg \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$, $\alpha \rightarrow 0$ $\cos \alpha \rightarrow 1$. Shu

sababli $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$ deb olish mumkin. Demak, sinish qonunini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \gamma} \quad (199)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{SO}{SE} = \frac{SO}{h}; \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{SO}{SE} = \frac{SO}{H}; \quad (200)$$

(200) ni (199) ga qo'yib shishaning absolyut sindirish ko'rsatkichi n aniqlanadi:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \gamma} = \frac{SO/h}{SO/H} = \frac{H}{h} \quad (201)$$

Sindirish ko'rsatkichini aniqlashning bu usuli (201) formulaning qo'llanishiga asoslangan. Mikroskopning buyumi qo'yiladigan stolchasiga ikkala tomoniga o'zaro tik ravishda tirnalgan chiziqlari (shtrixlari) bor yassi parallel plastinka qo'yiladi.

Dastavval mikroskopni plastinkaning ustidagi chiziqning yorqin tasviri ko'rinadigan qilib o'rnatiladi (masalan S nuqtaning), so'ngra mikroskop mikrometrik vintini burash bilan plastinkadagi pastki chiziqning yorqin tasviri hosil qilinadi. (A nuqtaning). Mikroskopni A nuqtaga nisbatan aniq tasvirga o'rnatish uchun mikroskop tubusini plastinkaning qalinligiga teng SA masofaga emas, balki SE masofaga siljiriladi. Plastinkaning tuyulgan qalinligi mikroskop mikrometrik vinti bo'limlari yordamida aniqlanadi.

Ishni bajarish tartibi. 1. Mikrometr bilan shisha plastinkaning haqiqiy qalinligi N ni aniqlashda plas-tinka sirtlaridagi chiziqlar (shtrixlar) kesishgan joyidan o'lchanadi.

2. Mikroskop stolchasiga shisha plastinkadagi chiziqlar kesishgan joyi asbobning optik o'qida yotadigan qilib o'rnatiladi va shisha plastinkaning ustidagi chiziqning yorqin tasviri hosil qilinadi.

3. Mikrometrik vintning ko'rsatkichi qaysi bo'limdaligi aniqlanadi va yozib qo'yiladi, bu bo'limni hisoblarning boshlanishi deb olib, keyingi o'lchashlar bajariladi.

4. Mikroskop tubusini shishaning tagidagi chiziqning yorqin tasviri olinguncha pasaytiriladi. Mikrometrik vint bo'yicha hisoblar bajariladi.

5. Shisha plastinkaning tuyulgan qalinligi quyidagicha aniqlanadi.

$$h = N \cdot Z + 0,002 \text{ m}$$

bu yerda: N -mikrometrik vint barabanining to'la aylanishlar soni; m -mikrometrik vintning to'liqmas aylanishidagi bo'limlar soni; Z -mikrometrik vint qadami, ya'ni vintning bir marta to'la aylanishida tubus $Z=0,02 \cdot 50 \text{ mm}=0,1 \text{ mm}$ masofaga siljishini bildiradi; $0,002$ - vint barabanidagi bitta bo'lim qiymati.

6. Shishaning sindirish ko'rsatkichi (201) formula bo'yicha hisoblanadi.

7. O'lchashlar kamida 5 marta takrorlanadi.

8. O'lchashlarda olingan ma'lumotlar asosida $\langle n \rangle$, $\langle \Delta n \rangle$ va E_n lar hisoblanadi.

9. O'lchash va hisoblash natijalari 40-jadvalga yoziladi.

10. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$n = \langle n \rangle \pm \langle \Delta n \rangle; \quad E_n = \dots \%$$

40-jadval.

Shishaning sindirish ko'rsatkichini mikroskop yordamida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	H	N	m	h	n	Δn	E_n
1							
2							
3							
4							
5							
O'rtacha qiymat							

Sinov savollari

1. Yorug'likning sinish qonun qanday ta'riflanadi?
2. Yassi parallel shisha plastinkadan yorug'lik nurining o'tish yo'lini chizing va tushuntiring.
3. Muhitning nisbiy va absolyut sindirish ko'rsatkichlari qanday ta'riflanadi? Sindirish ko'rsatkichining fizik ma'nosi qanday?
4. Nurlar yo'li mikroskopda qanday chiziladi?
5. Mikroskop yordamida shishaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash usulini tushuntiring.
6. Mikroskop qanday asbob va qaelarda ishlâtiladi?
7. Mikroskopning kattalashtirishi deganda nimani tushunasiz?

27-ish. QAVARIQ LINZANING BOSH FOKUS MASOFASI VA OPTIK KUCHINI ANIQLASH

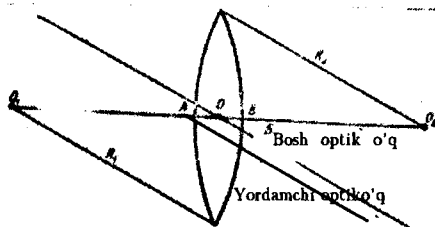
Kerakli asbob va materiallar: 1) ikkiyoqlama qavariq linza; 2) optik taglikka o'rnatilgan bir tomonida darchasi bo'lgan qopqoqli elektr chirog'i; 3) tok manbai; 4) ekran; 5) chizg'ich.

Nazariy ma'lumotlar. Optik asboblarga proeksion apparat, teleskop, durbin, mikroskop, fotoapparat va boshqa shu kabi asboblarning kiradi. Ularning asosiy qismi linzalardir.

Ikkita sferik sirt bilan chegaralangan shaffof jism linza deb yuritiladi. Linzalar shishadan yasaladi. Ikkita qavariq sferik sirt bilan chegaralangan linza odatda *ikkiyoqlama qavariq linza*, ikkita botiq sferik sirt bilan chegaralangan linza esa *ikkiyoqlama botiq linza* deb ataladi. Bulardan tashqari tekis-qavariq, botiq-qavariq, tekis-botiq, qavariq-botiq shakllardagi linzalar ham mavjud. Qavariq linzalarning hammasida o'rta qismi chekkasiga qaraganda yo'g'on bo'lsa, botiq linzalarda buning aksi uchraydi.

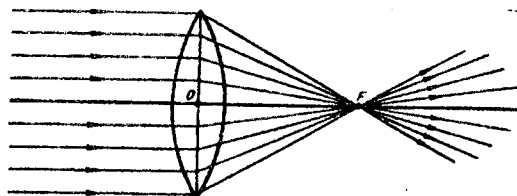
Bizga ikkiyoqlama qavariq linza berilgan bo'lsin, bu linzani chegaralagan sferik sirtlarning egrilik radiuslarini R_1 va R_2 ga teng deb olaylik (60-rasm).

Linzaning o'rta qismining qalinligi $L=AB$ sirtlarning egrilik radiuslari R_1 va R_2 ga qaraganda juda kichik bo'lsa, bunday linza *yupqa linza* deb ataladi. (Biz bundan buyon linza deganimizda faqat yupqa linzani nazarda tutamiz). Linzaning sferik sirtlari markazlari O_1 va O_2 hamda linzaning optik markazi O orqali o'tgan to'g'ri chiziq shu linzaning *bosh optik o'qi* deb ataladi. Linzaning optik markazi orqali o'tuvchi har qanday boshqa to'g'ri chiziq *yordamchi optik o'q* deb yuritiladi (60-rasm).



60-rasm. Ikkiyoqlama qavariq linzaning bosh optik o'qi.

Ikkiyoqlama qavariq linzaga bosh optik o'qqa parallel nurlar dastasi tushsa, linzadan sinib o'tib bosh optik o'qning biror nuqtasida kesishadi. Bu nuqta linzaning *bosh fokusi* deyiladi va F harfi bilan belgilanadi. Linzaning optik markazidan bosh fokusigacha bo'lgan OF masofa linzaning bosh *fokus masofasi* deb ataladi (61-rasm).



61-rasm. Ikkiyoqlama qavariq linzaning fokusi.

Ikkiyoqlama qavariq linzalarni yig'uvchi linzalar, ikkiyoqlama botiq linzalarni esa *sochuvchi linzalar* deb ham yuritiladi.

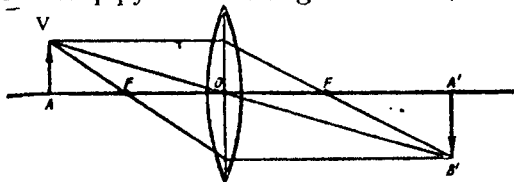
Fokuslari va optik markazi berilgan yig'uvchi linza yordamida hosil qilinadigan tasvirlarni yasash uchun nurlarning uchta turining quyidagi xossaligidan foydalanamiz:

1. Linzaning bosh optik o'qiga parallel bo'lgan nurlar linzada singandan keyin shu linzaning fokusidan o'tadi.

2. Linzaga uning bosh fokusi orqali tushuvchi nurlar linzadan singandan keyin bosh optik o'qqa parallel ravishda ketadi.

3. Linzaning optik markazidan o'tuvchi nurlar o'z yo'lini o'zgartirmaydi.

Linzadan o'tuvchi nurlarning yuqorida keltirilgan xossaligidan foydalanib, buyumlarning linzadagi tasvirini geometrik usul bilan yasash mumkin. Masalan, AB buyum (yorug'lik manbai) ning yig'uvchi linzadagi tasviri A'B' haqiqiy va to'ng'ariqlan bo'ladi (62-rasm).



62-rasm. Yig'uvchi linzada tasvir yasash.

Buyumdan linzaning optik markazigacha masofa $AO=d$, linzadan bosh fokusgacha masofa F , linzadan tasvirgacha bo'lgan masofa $OA'=f$ deb belgilasak, u holda ular o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad \text{bundan} \quad F = \frac{f \cdot d}{f + d} \quad (202)$$

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Yig'uvchi linzaning bosh fokus masofasini turli usullar bilan aniqlash mumkin. Mazkur ishda biz quyidagi usuldan foydalanamiz. Buyum bilan uning linzadagi tasviri orasidagi masofa $S > 4F$ bo'lganida, linzaning shunday ikki vaziyatini topish mumkin, unda linza I vaziyatda turganida buyumning ekrandagi tasviri haqiqiy, ammo buyumning o'zidan katta, linza II vaziyatda turganida esa tasvir haqiqiy, ammo buyumning o'zidan kichik bo'ladi (63-rasm).

Bunda nurlarning qaytuvchanlik xossasiga asosan $f^I=d$ va $d^I=f$ shart bajariladi. Shakldan quyidagilarni yozishimiz mumkin.

$$s = f + d \quad (203)$$

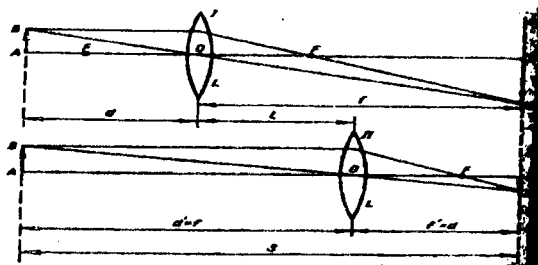
$$\ell = f - d \quad (204)$$

(203) va (204) ni o'zaro qo'shib f va d ning ifodasini topamiz:

$$f = \frac{s + \ell}{2} \quad (205)$$

$$d = \frac{s - \ell}{2} \quad (206)$$

(205) va (206) ni (202) ga qo'yib F ning quyidagi ifodasini topamiz.



63-rasm. Ikkiyoqlama qavariq linzada katta va kichik tasvir yasash.

$$F = \frac{\frac{s + \ell}{2} \cdot \frac{s - \ell}{2}}{\frac{s + \ell}{2} + \frac{s - \ell}{2}} = \frac{(s + \ell)(s - \ell)}{2(s + \ell + s - \ell)} = \frac{s^2 - \ell^2}{4s} \quad (207)$$

Shunday qilib, buyum bilan ekran orasidagi masofani va linzaning ikki vaziyati orasidagi masofani bilganimiz holda shu linzaning bosh fokus masofasini (207) formula yordamida hisoblashimiz mumkin.

Linzaning bosh fokus masofasiga teskari bo'lgan kattalik linzaning *optik kuchi* deb ataladi va D harfi bilan belgilanadi:

$$D = \frac{1}{F} \quad (208)$$

(208) dan ko'rinadiki, fokus masofasi kichik bo'lgan linzaning optik kuchi katta, fokus masofasi katta bo'lgan linzaning optik kuchi esa kichik bo'ladi. Linzalarning optik kuchi D dioptriya (dptr) birlikda o'lchanadi. Fokus masofasi 1 m bo'lgan linzaning optik kuchi 1 dptr deb olingan. Buni yaxshiroq tushunish uchun ushbu misollarni keltiramiz:

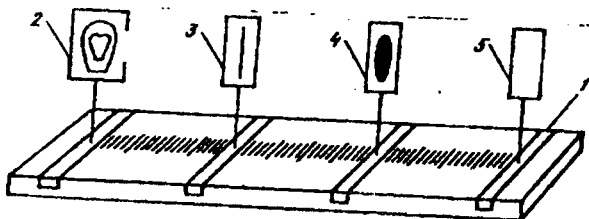
$$F_1 = 50 \text{ sm} = 0,5 \text{ m}; \quad D_1 = \frac{1}{0,5 \text{ m}} = 2 \text{ dptr}$$

$$F_2 = 40 \text{ sm} = 0,4 \text{ m}; \quad D_2 = \frac{1}{0,4 \text{ m}} = 2,5 \text{ dptr}$$

$$F_3 = 25\text{sm} = 0,25\text{m}; \quad D_3 = \frac{1}{0,25\text{m}} = 4\text{dpt}$$

$$F_4 = 20\text{sm} = 0,2\text{m}; \quad D_4 = \frac{1}{0,2\text{m}} = 5\text{dpt}$$

Buyumning linzadagi tasvirini hosil qilishda quyidagi qurilmadan foydalaniladi (64-rasm).



64-rasm. Ikkiyoqlama qavariq linzaning fokus masofasini aniqlashga doir qurilma:

1-taglik, 2-elektr chirog'i, 3-tirqish, 4-linza, 5-ekran.

Yotiq holda qo'yilgan optik taglik ustida maxsus sirpangichlarga ega linza, ekran, maxsus qalpoqli elektr chirog'i o'rnatiladi va ularni optik taglik bo'ylab surish mumkin. Qalpoqning linza joylashgan tomonida darchasi bo'lib, elektr chirog'ining tolasi uning ro'parasida bo'lishi kerak.

Chiroq yonganida kuzatuvchi kishi uning tolasini buyum deb hisoblaydi. Bu asboblarning hammasini, ularning markazlari bir xil balandlikda, ekran tekisligi optik taglikning uzunasi yo'nalishiga tik, linzaning bosh optik o'qi esa taglikka parallel vaziyatda turadigan qilib o'rnatiladi.

Asboblarning orasidagi masofalar masshtabli chizg'ich bilan o'lchanadi.

Ishni bajarish tartibi. 1. Qurilma bilan tanishiladi, elektr yoritgich tokka ulanadi. 2. Yoritgich (cho'g'lanma elektr chirog'i) va ekranni bir-biridan taxminan $S \geq 4F$ masofada o'rnatilib, ularning orasiga linza joylashtiriladi.

3. Yoritgich bilan ekran orasidagi masofa S o'lchanadi.

4. Linzani chiroq tomon surib ekranda yorqin katta tasvir hosil qilinadi va bu linzaning I vaziyati bo'ladi. So'ngra linzani ekran tomon surib kichik tasvir hosil qilinadi va linzaning II vaziyati belgilanadi. Linzaning bu ikkala vaziyati orasidagi masofa ℓ o'lchanadi.

5. Tajribalarni bir necha marta takrorlanadi va har gal S va ℓ ning qiymatlarini (207) ga qo'yib, har qaysi tajribadagi F ning va (208) formula yordamida D ning qiymatlari hisoblanadi.

6. O'lchash va hisoblash natijalari 41-jadvalga yoziladi:

**Qavariq linzaning bosh fokus masofasi va optik kuchini aniqlashda
o'lchash va hisoblash natijalari**

Tajribalar	S	ℓ	F	ΔF	E_F	D	ΔD	E_D
1								
2								
3								
4								
5								
O'rtacha qiymat								

7. O'lchash va hisoblashlar natijasida topilgan ma'lumotlarga asosan $\langle F \rangle$, $\langle \Delta F \rangle$, E_F , $\langle D \rangle$, $\langle \Delta D \rangle$ va E_D lar hisoblanadi va 41-jadvalga yoziladi.

8. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$F = \langle F \rangle \pm \langle \Delta F \rangle; \quad E_F = \dots \%$$

$$D = \langle D \rangle \pm \langle \Delta D \rangle; \quad E_D = \dots \%$$

Sinov savollari

1. Linza deb nimaga aytiladi? Linzalar qanday turlarda uchraydi?
2. Yupqa linza deb qanday linzaga aytiladi?
3. Linzaning bosh optik o'qi va yordamchi optik o'qlari nima?
4. Buyumning linzadagi tasvirini hosil qilish uchun qanday nurlardan foydalanish kerak?
5. Yig'uvchn linzaning formulasini yozing va tushuntiring.
6. Linzaning optik kuchi deb nimaga aytiladi? Linzaning optik kuchi birligi dioptriya ta'riflang.
7. Bu ishda linzaning bosh fokus masofasini va optik kuchini aniqlashdagi usulni tushuntirib bering.
8. Linzaning kattalashtirishi deganda nimani tushunasiz?

**28-ish. YORUG'LIK TO'LQINI UZUNLIGINI
DIFRAKSION PANJARA YORDAMIDA ANIQLASH.**

Kerakli asbob va materiallar. 1) difraksion panjara; 2) yorug'lik to'lqinining uzunligini aniqlashda ishlatiladigan maxsus asbob; 3) yorug'lik manbai; 4) masshtabli chizg'ich.

Nazariy ma'lumotlar. *Yorug'likning difraksiyasi* deb, yorug'lik to'lqinlarining juda ingichka to'siqni aylanib o'tishida, noshaffof

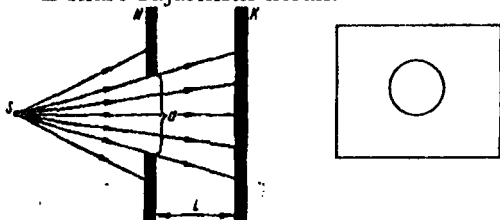
ekrandagi kichkina doiraviy teshikdan yoki tirqishdan o'tishida to'g'ri chiziqli tarqalishdan og'ishiga aytiladi. Difraksiya hodisasida yorug'lik to'lqinlari geometrik soya sohasiga kirib boradi.

Ma'lumki, bir jinsli muhitda yorug'lik to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi. Bunga amalda yorug'lik dastasining qorong'i xonada juda kichik tirqishdan o'tishini kuzatib ishonch hosil qilish mumkin. Agar ingichka yorug'lik dastasining yo'lga o'lchami tushayotgan yorug'lik to'lqini uzunligi bilan taqqoslanarli to'siq qo'yilsa, yorug'lik dastasi shu to'siqni aylanib o'tadi, ya'ni difraksiyalanadi. Yoki ingichka yorug'lik dastasi noshaffof ekrandagi doiraviy teshikdan o'tib boshqa ekranga tushayotgan bo'lsin. Agar doiraviy teshikning o'lchami tushayotgan yorug'lik to'lqinining uzunligi bilan taqqoslanarli bo'lsa, ekranda nurlarning geometrik soya sohasiga ham o'tib ketganligini yoki yorug'likning teshikdan o'tishida avvalgi yo'nalishidan og'ishi hodisasini (difraksiyasini) kuzatamiz.

Endi monoxromatik yorug'likning noshaffof ekrandagi doiraviy teshikdan o'tishdagi difraksiyasini batafsil qaraylik.

Yorug'lik manbaidan 1,5-2m masofada K ekranni joylashtiraylik. Ularning orasiga d o'lchamli teshigi bor noshaffof N ekranni o'rnatamiz. U holda K ekranda soya bilan cheklangan yorug' dog' paydo bo'ladi (65-rasm).

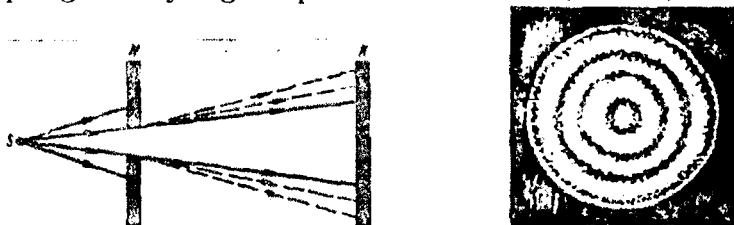
N ekrandagi doiraviy teshik o'lchamini kichraytira borsak, K ekrandagi yorug' dog'ning o'lchami ham kichrayadi. Bu hollarda hali yorug' dog' chekkasini geometrik usul bilan aniqlashimiz mumkin. Agar dumaloq teshik o'lchamini yanada kichraytirishni davom ettirsak, N ekrandagi teshik o'lchami tushayotgan yorug'lik to'lqini uzunligi bilan solishtirarli darajada kichik bo'lganda K ekrandagi manzara butunlay o'zgarib ketadi. Bunda K ekrandagi yorug' dog' o'rniga navbatlanuvchi yorug' va qorong'i halqalar vujudga keladi. Buning amalga oshishi uchun $d \ll L$ shart bajarilishi kerak.



65-rasm. Yorug'likning doiraviy teshikdan o'tishi.

Masalan, 1,5-2 m masofada difraksiyani kuzatmoqchi bo'lsak, teshik o'lchami d tushayotgan yorug'lik to'lqin uzunligi λ ga juda yaqin bo'lishi, (ya'ni $d \approx \lambda$) kerak. Vujudga kelgan difraksion manzarada markaziy juda kichik yorug' dog'ni, uning atrofida navbatlanuvchi

yorug' va qorong'i halqalarni kuzatamiz. Markaziy yorug' dog'dan uzoqlashgan sari yorug' halqalar xiralasha boradi (66-rasm).



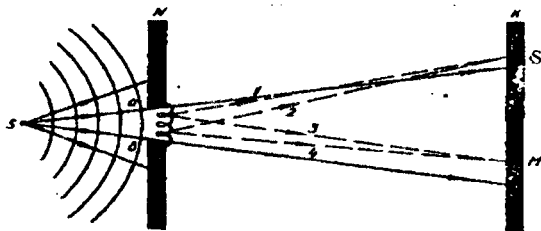
66-rasm. Yorug'likning doiraviy teshikdan difraksiyasi.

Bundan yorug'lik nurlarni N ekrandagi teshik chekkalarida egiladi deb ayta olamiz. Agar S oq yorug'lik manbai bo'lsa, difraksion manzara kamalakka o'xshab bo'yalgan bo'ladi.

Difraksiya hodisasi yorug'likning to'liq xossalari tufayli namoyon bo'ladi. Shuning uchun Gyuygens-Frenel prinsipiga ko'ra tushuntirishimiz mumkin.

S yorug'lik manбайдan chiqayotgan yorug'lik N noshaffof ekrandagi *ab* doiraviy teshikdan o'tib K ekranga tushayotgan bo'lsin.

Gyuygens-Frenel prinsipiga asosan yorug'lik to'liqining (teshikni to'ldirayotgan) fronti *ab* qismining har bir nuqtasi yorug'likning ikkilamchi manbai bo'ladi. Bu manbalar kogerent, shuning uchun ulardan chiqayotgan nurlar (to'liqlar) 1 va 2, 3 va 4 o'zaro interferensiyalashadi (67-rasm).



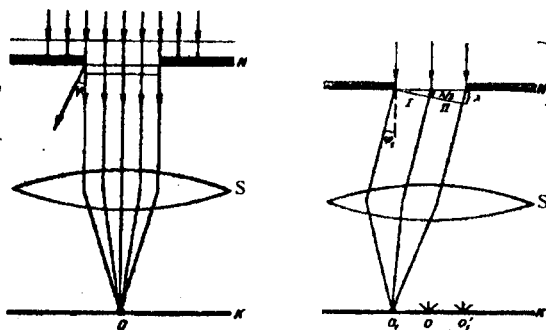
67-rasm. Yorug'likning teshikdagi difraksiyasini tushuntirish.

K ekranda difraksiyalangan nurlarning interferensiyasi ro'y beradi. Nurlarning yo'llar ayirmasiga qarab K ekranda S, M va hokazo nuqtalarda yoritilganlikning maksimumlari yoki minimumlari hosil bo'ladi. Boshqacha aytganda, ikkilamchi manbalardan chiqayotgan nurlarning interferensiyalanishi sababli konsentrik halqalardan iborat difraksiya manzarasi vujudga keladi.

Amaliy optikada chekkalari parallel bo'lgan tirqishdagi difraksiya ko'p uchraydi. Shuning uchun dastlab bir tor tirqishdan parallel nurlarda bo'ladigan difraksiyani qaraylik.

1. *Bir tirqishdan hosil bo'ladigan difraksiya.* Parallel monoxromatik nurlar dastasi tor tirqishli N ekranga tik tushayotgan bo'lsin. Tirqish orqasiga S yig'uvchi linza, undan keyin linzaning fokal tekisligiga K ekranni joylashtiraylik. Tirqishdan avvalgi yo'nalishda o'tayotgan barcha nurlar linza yordamida K ekranda tirqishga parallel bo'lgan yorug' yo'l (dasta) ni hosil qiladi. Chunki, linza nurlarning yo'l ayirmasini vujudga keltirmaydi. Shu sababli O nuqta orqali yuqorida ko'rsatganimizdek tirqishga parallel yorug' yo'l-yoritilganlik maksimumi o'tadi (b8-rasm, a).

Endi tirqishdan dastlabki yo'nalishda o'tgan nurlardan tashqari φ burchaklarda difraksiyalangan nurlarni qaraylik. Tirqishdan $\varphi = \varphi_1$ burchak ostida difraksiyalangan nurlar dastasidagi eng chekkadagi nurlar yo'l ayirmasi $\Delta \ell$ yorug'lik to'lqinining uzunligiga, ya'ni $\Delta \ell = 2 \cdot \frac{\lambda}{2}$ ga teng bo'lsin (68-rasm, b).



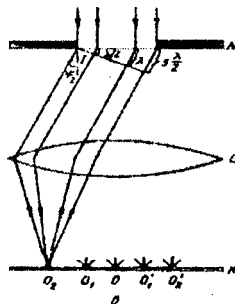
a
68-rasm. a)
Ingichka (tor)
tirqishdan to'g'ri
o'tuvchi yorug'lik
nurlari

a b
68-rasm. b) Ingichka
tirqishdan φ_1
burchakda
difraksiyalangan
yorug'lik nurlari

Bu holda φ_1 burchakda difraksiyalangan nurlar dastasini shunday ikki I va II Frenel zonalariga ajratish mumkinki, unda I zonaning har bir nuri bilan II zona mos nurining yo'l ayirmasi $\frac{\lambda}{2}$ ga teng bo'ladi. Natijada (interferensiya shartiga asosan) O_1 nuqtadan qorong'i yo'l-difraksiya minimumi o'tadi. Difraksion manzarada O_1 ga simmetrik bo'lgan O'_1 nuqtadan ham difraksiya minimumi o'tishini payqash qiyin emas.

Endi $\varphi = \varphi_2$ burchak ostida difraksiyalangan boshqa nurlar dastasini olsak, uning chekka nurlari orasidagi yo'l ayirmasi $\Delta\ell = 3\frac{\lambda}{2}$ ga teng bo'lsin. Bu holda butun dastani uchta I, II, III zonalarga ajratamiz (68-rasm, v).

Ikki qo'shni zonaning mos nurlari bir-birini so'ndiradi, (chunki ularning yo'l ayirmasi yarim to'lqin uzunlikka teng) uchinchi zonadagi nurlar esa so'nmaydi va O_2 nuqtadan o'tuvchi difraksiya maksimumini (yorug' yo'lni) beradi. O_2 nuqtada ham difraksiya maksimumi kuzatiladi. O_2 nuqtadan chetda joylashgan O_3 nuqtadan yana qorong'i yo'l o'tadi.



68-rasm. v) Ingichka tirqishdan φ_2 burchakda difraksiyalangan yorug'lik nurlari.

Shunday qilib, bir tirqish-dan monoxromatik parallel nurlar o'tganda hosil qilingan difraksiya manzarasi markaziy yorug' yo'ldan har ikkala tomonda simmetrik joylashgan qorong'i va yorug' yo'llarning navbat bilan joylashishidan iborat bo'ladi. Yorug' yo'llarning yoritilganligi markaziy yo'ldan uzoqlashgan sari kamayib boradi.

2. Ikki va ko'p parallel tirqishlardan hosil bo'ladigan difraksiya. Endi orasi e kenglikdagi noshaffof to'siq bilan bo'lingan a kenglikdagi ikkita tirqishdan hosil bo'ladigan difraksiyani qaraylik.

Shu ikkita tirqishga parallel monoxromatik nurlar dastasi tik tushayotgan bo'lsin. Bunda bu tirqishlar Gyuygens-Frenel prinsipiga binoan yorug'likning kogerent manbalari bo'ladi. Difraksion manzarada asosiy rolni ikkala tirqishdan difraksiyalangan nurlarning interferensiyasi o'ynaydi.

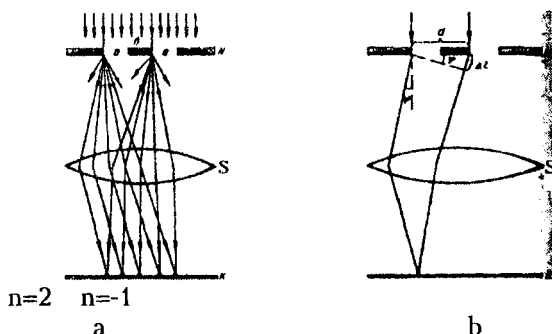
Ikkala tirqishning chap chekkalariga tushayotgan nurlarni qaraylik, difraksiya hodisasi sababli tirqishlardan o'tuvchi yorug'lik turli yo'nalishlarda tarqaladi (69-rasm, a).

69-rasm, b da shu nurlardan φ burchak ostida difraksiyalanuvchi parallel nurlar yo'llarining $\Delta\ell$ ayirmasi ushbuga tengligi ko'rsatilgan:

$$\Delta\ell = d \cdot \sin \varphi \quad (209)$$

Bu yerda: $d = a + e$

Agar φ burchakda difraksiyalangan bu nurlarni linza yordamida bir chiziqqa to'plansa, ular interferensiyalanadi; interferensiyaning natijasi yo'llar ayirmasining kattaligi $\Delta\ell$ ga bog'liq.



69-rasm. Ikkita tirqishdan yorug'likning difraksiyasi.

Bunda ikki holni kuzatamiz:

1. Yo'l ayirmasi to'liqlarning butun yoki yarim to'liqin uzunligining juft soniga teng, ya'ni

$$d \sin \varphi = n\lambda = 2n \frac{\lambda}{2} \quad (210)$$

Shu shart bajarilganda K ekrandagi linza orqali o'tgan nurlar to'plangan chiziqda interferensiya maksimumi ro'y beradi.

2. Yo'l ayirmasi yarim to'liqlarning toq soniga teng bo'lganda, ya'ni

$$d \sin \varphi = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (211)$$

shartda difraksiyalangan nurlar interferensiya minimumini beradi (bu yerda $(n=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$)

Ikkala tirqishdan hosil bo'ladigan difraksiyada ham markaziy maksimum ($n=0$) eng kuchli yoritilgan, birinchi maksimum ($n=\pm 1$) avvalgidan xiraroq, ikkinchi maksimum esa ($n=\pm 2$) yana ham xira bo'ladi.

Tekshirishlar shuni ko'rsatadiki, yorug'likning bir-biriga yaqin joylashgan ko'plab parallel tirqishlar to'plamidan difraksiyalanganida ham difraksiya manzarasi ikki tirqishdan bo'ladigan difraksiya manzarasi kabi bo'ladi. Biroq, bu holda difraksiya maksimumlari ravshanroq va torroq, ularni ajratib turgan difraksiya minimumlari esa keng va butunlay qorong'i bo'ladi.

Biz (210) formuladan difraksion manzarada yoritilganlik maksimumlariga mos keluvchi burchaklar

$$\sin \varphi = n \frac{\lambda}{d} \quad (212)$$

ga tengligini topamiz. (211) ga asosan yoritilganlik minimumlariga mos kelgan burchaklar:

$$\sin \varphi = (2n + 1) \frac{\lambda}{2d} \quad (213)$$

ga teng bo'lishini yoza olamiz.

(212) formuladan difraksiya maksimumlariga mos burchaklarni tanlashimiz mumkin. Tekshirishlar ko'rsatadiki, (212) formuladan ko'p tirqishlardan hosil bo'lgan difraksiya maksimumlarini aniqlashga ham foydalanish mumkin.

Agar oq yorug'likning parallel ko'p sonli tirqishlardan difraksiyasini qarasak, markaziy yorug' yo'l oqligicha qoladi, undan chekkalarda hosil bo'ladigan maksimumlar esa kamalakka o'xshab bo'yalgan bo'ladi, har qaysi maksimumning ichkari chekkasi binafsha, tashqaridagi chekkasi esa qizil rangda bo'ladi va ular orasida esa boshqa spektral ranglar yotadi. Bu holda difraksiya maksimumlari *difraksiya spektrlari*, n soni esa *spektr tartibi* deyiladi.

Mazkur ishda shishadan tayyorlangan difraksion panjara yordamida yorug'lik to'liqini uzunligini aniqlash maqsad qilib qo'yilgan.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Bir-biriga juda yaqin ko'p sonli parallel tirqishlar sistemasi *difraksion panjara* deb yuritiladi. Oddiy tiniq (shaffof) difraksion panjarada shisha plastinkaning yuziga aniq bo'lish mashinasi bilan bir-biriga parallel juda ko'p shtrixlar chiziladi. Shtrixlar (chizilgan joylar) orasida chizilmagan yorug'lik o'tkazadigan o'zaro parallel tiniq yo'llar (tirqishlar) qoladi. Shishaning chizilgan joylari yorug'likka tiniq emas, ularni plastinkadagi tiniq tirqishlarning noshaffof oraliqlari deb qaraladi.

Difraksion panjaraning tiniq tirqishlarining yonini a , noshaffof shtrixlarning yonini ϵ deb belgilasak, u holda $d = a + \epsilon$ ifoda panjaraning *davri* yoki *doimiysi* deb yuritiladi.

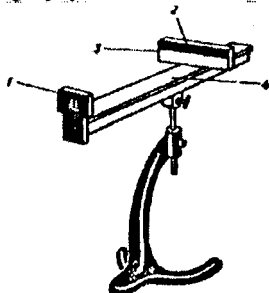
Yaxshi panjaralarda har millimetrda minglab tirqishlar va noshaffof oraliqlar (shtrixlar) bo'ladi. Panjaralar juda aniq tayyorlanadi, ularda shtrixlar orasidagi masofa birday saqlanishi shart. Difraksion panjaraning eng qimmatli xossasi-oq yorug'likni spektrga yoyish qobiliyatidan iboratdir. Difraksion panjara ham prizma kabi spektral asbob hisoblanadi. Ularni ishlatiladigan asosiy soha-spektral analiz uslubidir.

Yuqorida biz (212) formulani ko'p sonli parallel tirqishlar sistemasi-difraksion panjaraga ham qo'llash mumkinligini aytgan edik. Shuning uchun (212) formulani difraksion panjara formulasi deyish mumkin.

Difraksion panjara yordamida yorug'lik to'liqini uzunligini aniqlashda ishlatiladigan eng oddiy asbobni 70-rasmda keltirilgan.

Asbobning asosiy qismi to'g'ri burchakli taxta bo'lagi (brusok)dan iborat bo'lib, uning ustki sirti millimetrlarga taqsimlangan shkalali chizg'ich 4 ni tashkil qiladi.

Brusokning bir tomondagi uchiga ramka mahkamlangan va ikkinchi uchiga ko'ndalang qilib metall ekran o'rnatilgan. Ekranning ustki qismini qoraga bo'yalgan, pastki qismiga esa millimetrli shkala 3 chizilgan. Shkalaning nolinchi bo'limi ekranning o'rtasiga mos tushadi va nolinchi bo'lim tepasida tirqish 2 bor. Ekranni brusokning usti bo'ylab siljitish mumkin. To'g'ri tolali elektr chirog'ini ekrandan 4-5 m masofaga joylashtiriladi.



70-rasm. Yorug'lik to'liqining uzunligini difraksiya panjara yordamida aniqlash.

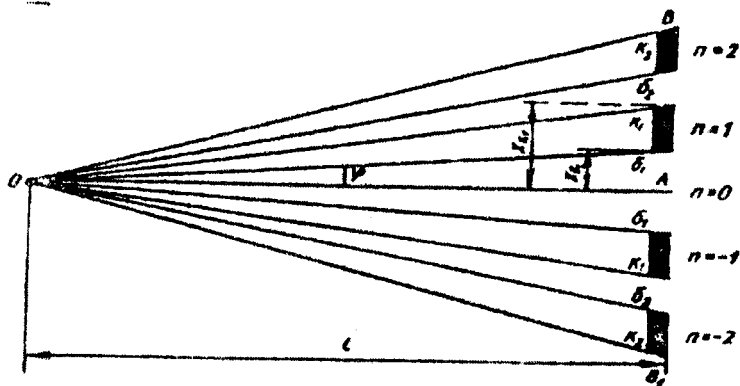
1-difraksiya panjara, 2-tirqish, 3-shkala, 4-chizg'ich.

Difraksiya panjaradan ekrandagi tirqishgacha masofani 4 chizg'ich bo'yicha aniqlanadi.

Mazkur asbob ekranning shkalasi 3 da hosil bo'ladigan difraksiya spektrni bevosita linzasiz kuzatish imkonini beradi, linza rolini kuzatuvchi ko'zining xristaligini o'taydi.

Kuzatuvchi difraksiya panjara va 3 shkaladagi tirqish orqali yorug'lik manbaiga qarab, yorug'lik manbaidan tashqari yana

uning ikki tomonida simmetrik joylashgan difraksiya spektrlarni ham ko'radi. 1-tartibli spektr tirqishga eng yaqin joylashgan, uning tirqish tomondagi chekkasida binafsha rang, tashqari qismida esa qizil rang mavjud. 2-tartibli spektrda ham xuddi shunday manzarani kuzatish mumkin (71-rasm).



71-rasm. Difraksiya manzara.

1-tartibli spektrdagi qizil va binafsha ranglarni q_1 va b_1 , ikkinchi tartibli spektrdagini esa q_2 va b_2 deb belgilaylik.

Difraksion panjara formulasi (212) dan ushbuni yoza olamiz:

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{n} \quad (214)$$

1 va 2-tartibli spektrlar bilan cheklanilganda φ burchakning juda kichikligini e'tiborga olib, $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi$ deb yoza olamiz. U holda 71-rasmdan $\operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{\ell}$ ga teng. Binobarin, (214) formulani quyidagicha yozamiz:

$$\lambda = \frac{d \cdot x}{n \ell} \quad (215)$$

Mazkur laboratoriya ishida berilgan d , n va x, ℓ larning o'lchangan qiymatlari asosida (215) formula bo'yicha yorug'lik to'lqinining uzunligi aniqlanadi.

Ishni bajarish tartibi. 1. Yoritgich (elektr chirog'i)ni o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanadi.

2. Asbobning ramkasiga difraksion panjara o'rnatiladi. Bunda uning shtrixlari shkaladagi tirqishga parallel bo'lishi kerak.

3. Ekranni difraksion panjaradan shunday masofaga joylashtirish kerakki, unda 3 shkaladan markaziy yorug' yo'l va tirqishning ikkala tomonida uchtdan difraksion spektrlar dastasi ravshan ko'rinadigan bo'lsin. Difraksion panjaradan 3 shkalali ekrangacha bo'lgan masofa ℓ o'lchanadi.

4. Tirqishdan chap tomondagi 1-tartibli spektrdagi qizil rang dastasining o'rtasigacha masofa $AB=x_{q1}$ o'lchanadi, $OA=\ell$ masofani o'zgartmasdan turib, xuddi shunday o'lchashlarni 2-tartibli spektrdan x_{q2} va uchinchi tartibli spektr ($n=3$) uchun ham bajariladi. O'lchash natijasi 42-jadvalga yoziladi,

5. OA masofani yana ikki marta o'zgartirib yuqoridagi kabi o'lchashlar bajariladi.

6. Har galgi o'lchashlarda binafsha ranggacha masofalar x_b ni ham o'lchab borish kerak va o'lchash natijalari 42-jadvalga yoziladi.

7. (215) formula bo'yicha har qaysi tajriba uchun qizil va binafsha nurlarning to'lqin uzunliklari λ_q va λ_b lar hisoblanadi.

8. O'tkazilgan 9 ta o'lchash asosida $\langle \lambda_q \rangle$ va $\langle \lambda_b \rangle$ lar hisoblanadi.

9. O'lchash va hisoblashlar asosida $\langle \Delta \lambda_q \rangle$, $\langle \Delta \lambda_b \rangle$ va $E_{\lambda_q}, E_{\lambda_b}$ lar aniqlanadi. Natijalar 42-jadvalga yoziladi:

**Yorug'lik to'qlini uzunligini difraksion panjara yordamida aniqlashda
o'lchash va hisoblash natijalari**

Taj-riba-lar	n	x_q	x_b	Qizil nur to'li- qin uzunli- gi λ_q	Binaf-sha nur to'liqin uzunligi, λ_b	$\Delta\lambda_q$	$\Delta\lambda_b$	E_{λ_q}	E_{λ_b}
	OA ₁ =								
1	1								
2	2								
3	3								
4	OA ₂ =								
5									
6									
	OA ₃ =								
7									
8									
9									
O'rta- cha qiymat									

10. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$\begin{aligned}\lambda_q &= \langle \lambda_q \rangle \pm \langle \Delta \lambda_q \rangle; & E_{\lambda_q} &= \dots \% \\ \lambda_b &= \langle \lambda_b \rangle \pm \langle \Delta \lambda_b \rangle; & E_{\lambda_b} &= \dots \%\end{aligned}$$

Eslatma. Ikkinchi tartibli spektr uchun λ_q va λ_b larni aniqlashda $n=2$, uchinchi tartibli spektr uchun λ_q va λ_b larni aniqlashda $n=3$ deb olish kerak.

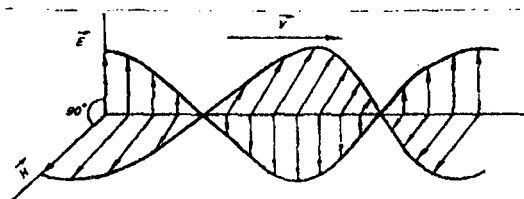
Sinov savollari

1. Yorug'lik difraksiyasi deb qanday hodisaga aytiladi?
2. Gyuygens-Frenel prinsipini bayon qiling.
3. Bir tirqishdan hosil bo'ladigan difraksiyani tushuntiring.
4. Ikki va ko'p tirqishlardan hosil bo'ladigan difraksiyani qanday izohlanadi?
5. Difraksion panjaraning tuzilishi qanday va u nimani aniqlash uchun ishlatiladi?
6. Difraksion panjara bo'yicha λ ni aniqlash formulasi qanday keltirib chiqariladi?
7. Difraksion spektrdagi ranglarning joylashish tartibi qanday?
8. Difraksion manzaraning ro'y berishida yorug'likning interferensiyasi hodisasidan foydalansa bo'ladimi yoki yo'qmi?
9. Nima uchun oq yorug'lik difraksiyasida markaziy oq yo'ldan boshqa maksimumlar ranglarga bo'yalgan bo'ladi?

29-ish. ERITMANING KONSENTRASIYASINI POLYARIMETR YORDAMIDA ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar: 1) polyarimetr (SM modeli);
2) turli xil konsentrsiyali qand eritmaları quyiladigan shisha naylar; 3) o'zgaruvchan tok manbai.

Nazariy ma'lumotlar. Yorug'likning elektromagnit nazariyasiga binoan, yorug'lik to'lqin uzunligi 0,4 dan 0,76 mkm gacha bo'lgan

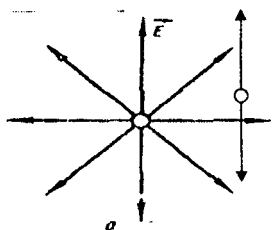


72-rasm. Elektromagnit to'lqinning tarqalishi.

ko'ndalang elektromagnit to'lqinlaridan iboratdir. 72-rasmda tarqalayotgan elektromagnit to'lqinda elektr maydonining kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ va magnit maydoni kuchlanganlik vektori $\vec{H}$ larning to'lqin tarqalish tezligi vektori $\vec{v}$ ga o'zaro tik tekisliklarda tebranishi ko'rsatilgan.

Yorug'lik modda bilan ta'sirlanganda o'zgaruvchan elektr maydoni bu modda atom va molekularining manfiy zaryadli elektronlariga ta'sir qiladi, magnit maydoni esa zaryadlangan zarrachalarga juda kam ta'sir ko'rsatadi. Nazariya va tajribalarning ko'rsatishicha, yorug'likning modda bilan ta'sirida asosiy rolni elektr tebranishlari o'taydi. Shuning uchun yorug'lik to'lqin hodisalarini o'rganishni soddalashtirish uchun biz kelgusida faqat elektr tebranishlar bilan ish ko'ramiz. Bu tebranishlar ro'y beradigan tekislikni *yorug'lik tebranishlari tekisligi* yoki sodd qilib *tebranishlar tekisligi* deb yuritamiz.

Yorug'likning istalgan manbai tartibsiz nurlanadigan, ya'ni elektr tebranishlari istalgan tekislikda tebranadigan yorug'lik to'lqinlarini chiqaruvchi juda ko'p atomlardan iborat. Bu to'lqinlar bir-biriga ustma-ust tushadi, natijada yorug'likning tabiiy (real) manбайдan chiqayotgan istalgan nurga elektr kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ning juda ko'p har xil tekisliklarda orientasiyalangan tebranishlari mos keladi. Bunday nur (yorug'lik) *tabiiy nur* (yorug'lik) deb ataladi. 73-(a) rasmda daftar yuziga tik ravishda tarqalayotgan tabiiy yorug'lik uchun $\vec{E}$ vektorning tebranishi yo'nalishlari sxematik ravishda ko'rsatilgan.



73-rasm. Qutblanmagan (a) va qutblangan (b) nur (yorug'lik).

Agar tabiiy nur (yorug'lik) yig'indisini tashkil qilgan yorug'lik to'lqinlari orasidan faqat bir tekislikda tebranuvchi nur (yorug'lik) ni ajratib olsak, bunday nur (yorug'lik) **qutblangan nur** (yorug'lik) deyiladi.

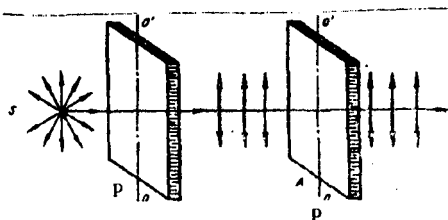
(73-b rasm). Shunday qilib, elektr tebranishlari hamma vaqt biror tekislikda bo'ladigan nur (yorug'lik) qutblangan, aniqrog'i **yassi** yoki **chiziqli qutblangan nur** (yorug'lik) deyiladi. Qutblangan yorug'likni turli usullarda hosil qilish mumkin:

- 1) Yorug'lik dielektrik sirtidan qaytishida va sinishida qutblanadi;
- 2) Yorug'lik kristalldan o'tishda qutblanadi. Biz yorug'likni qutblashning ikkinchi usuliga batafsil to'xtaymiz.

Tabiiy yorug'likni qutblangan yorug'likka aylantirish uchun elektr maydon kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ning aniq bir yo'nalish bo'ylab tebranishini vujudga keltiradigan sharoit yaratishimiz kerak. Tabiiy yorug'lik anizotrop muhitdan o'tganida ana shunday sharoitga duch keladi. Kristallning anizotrop xossasini bilamiz. Shuning uchun yorug'lik kristalldan o'tganida qutblanishi mumkin. Haqiqatan ham yorug'lik island shpati, turmalin yoki kvars kristallari orqali o'tganida qutblanadi.

Biz yashil rangli shaffof turmalin kristalini olaylik. Turmalin bir o'qli kristallar jumlasiga kiradi. Kristallning optik o'qi 00'ga parallel qilib kesilgan turmalin plastinkasidan tabiiy nur o'tishida to'la qutblanadi va faqat bosh tekislikdagi elektr tebranishlarigagina ega bo'ladi.

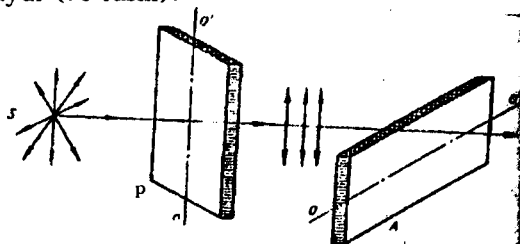
Agar optik o'qlari bir xil yo'nalishda bo'lgan ikkita turmalin plastinkalarini o'zaro parallel qilib o'rnatib, ularning birinchisi P plastinkaga S yorug'lik manbaidan chiqayotgan tabiiy nurni tushirsak, nur bu kristalldan o'tishida qutblanadi va ikkinchi A plastinka orqali qaraydigan kuzatuvchiga faqat qutblangan nur o'tadi (74-rasm). Ta'kidlashimiz zarurki, inson ko'zi qutblangan nurning tabiiy nurdan farqini sezmaydi.



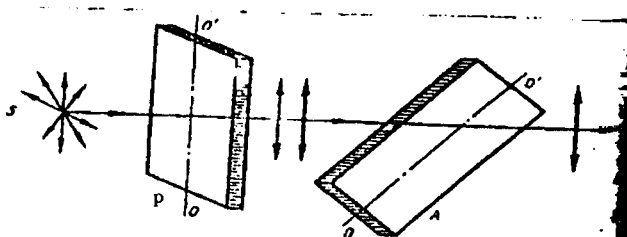
74-rasm. Tabiiy yorug'likning kristalldan o'tishda qutblanishi.

Biz bu yerda ikkinchi A plastinkadan foydalanibgina, ya'ni uni aylantirish orqaligina P kristalldan nur o'tganida qutblanishi haqida fikr yurita olamiz.

Agar P plastinkadan keyin quyilgan A plastinkaning optik o'qi P plastinkaning optik o'qiga tik bo'lsa, u vaqtda S dan chiqayotgan tabiiy nur birinchi plastinkadan o'tishida qutblansa ham ikkinchi plastinkadan butunlay o'tmaydi (75-rasm).



75-rasm. Kristallar optik o'qlari o'zaro tik bo'lganda analizatoridan qutblangan nur o'tmaydi.



76-rasm. Kristallar optik o'qlari o'zaro tik bo'lmaganida analizatoridan qutblangan nurning bir qismi o'tadi.

Agar P va A plastinkalarning optik o'qlarini bir-biriga nisbatan α burchak hosil qilib o'rnatilsa, P plastinkadan o'tishda qutblangan nurning bir qismigina A plastinkadan o'tadi (76-rasm). Tabiiy yorug'likni qutblaydigan P plastinkani qutblovchi (polyarizator) va ikkinchi A plastinkani, ya'ni kutblangan yorug'likning intensivligini o'zgartiradigan plastinkani esa *analizator* deb ataladi.

Bu ikkala plastinka tamomila bir xil; shuning uchun ularning o'rnini almashtirish ham mumkin. Agar analizatorga tushayotgan qutblangan yorug'likning intensivligini I_0 , analizatoridan o'tgan qutblangan yorug'lik intensivligini I deb olsak, ular orasida quyidagicha munosabat mavjud.

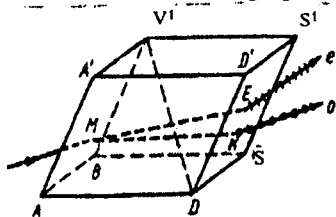
$$I = I_0 \cos^2 \alpha \quad (216)$$

(216) munosabatni fransuz fizigi E.Malyus 1810 yilda ta'riflab bergan. Hozirgi vaqtda turli xil qutblovchi asboblarda analizatoridan o'tgan qutblangan yorug'lik intensivligi Malyus qonuni asosida hisoblanadi.

Malyus qonuniga binoan analizatoridan o'tgan yorug'likning intensivligi, qutblagichdan o'tgan yorug'lik intensivligining, qutblagich va analizatorlarning optik o'qlari orasidagi burchak kosinusi kvadrati ko'paytmasiga teng. Malyus qonunidan $\alpha=0^\circ$ da $I=I_0$ hamda $\alpha=90^\circ$ da $I=0$ ekanligi kelib chiqadi.

Biz yuqorida qutblovchi kristallar haqida to'xtaldik, ammo uning qay yo'sinda ro'yobga chiqishi to'g'risida gapirmadik. Tabiiy nurning kristalldan o'tishida qutblanishiga yorug'likning kristallda ikkilanib sinishi sabab bo'ladi.

Yorug'likning island shpatidan o'tishi g'oyat qiziqarlidir. Island shpati kalsit (CaSO_3)ning rangsiz shaffof turidan iborat. Island shpati burchaklari $101^\circ 52'$ va $78^\circ 08'$ dan iborat romboedr shaklida bo'ladi. Kristallning qarama-qarshi burchaklarini birlashtiradigan V'D to'g'ri chiziq *kristallografiya o'qi* deyiladi. Shu chiziqqa parallel har qanday yo'nalish esa *kristallning optik o'qi* deb ataladi. (77-rasm)



77-rasm. Tabiiy nurning island shpatidan o'tishida ikkilanib sinishi.

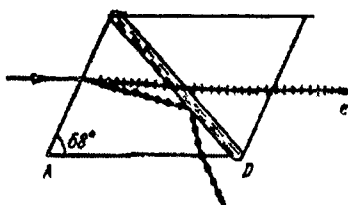
Kristallning qirrasiga tushgan tabiiy yorug'lik ME va MK nurlarga ajraladi. ME nur *oddiymas nur*, ("e" harfi bilan belgilanadi), MK nur esa *oddiy nur* deb ataladi ("o" harfi bilan belgilanadi).

Island shpatida oddiy nurning sindirish ko'rsatkichi n_o oddiymas nur sindirish kursatkichi n_e dan katta. Shuning uchun oddiy nurning sinish burchagi oddiymas nurnikidan kichik. Prizmadan chiqqandan keyin oddiy va oddiymas nurlar deyarli parallel bo'lib qoladi va bir-biridan ma'lum masofada ketadi. Shuning uchun bir tekislikda qutblangan nurni ajratishning iloji bo'lmaydi.

Island shpatini qutblagich va analizator sifatida ishlatish uchun shpatdan qutblovchi prizma tayyorlanadi. Bunday prizma qutblangan nurlarning bittasi (masalan oddiymas nur) ni o'tkazishi bilan muhimdir. Shunday qilib, oddiy kristalldan emas, balki kristallarning qutblovchi prizmalar deb ataladigan kombinasiyalaridan foydalanish qulay.

Eng ko'p tarqalgan qutblovchi prizmani 1828 yilda ingliz fizigi U.Nikol taklif qilgan. Uni Nikol prizmasi yoki qisqacha nikol deb

yuritiladi. Nikol prizmasi island shpatidan 78-rasmdagi kabi qirqib olingan prizmadir. Prizmani VD chiziq bo'ylab kesiladi va yana kanada balzami bilan yopishtiriladi. Bu balzamning sindirish ko'rsatkichi n_0 dan kichik, ammo n_e dan katta. Demak, oddiy nur uchun island shpatiga nisbatan balzamning optik zichligi kamroq, ammo oddiymas nur uchun island shpatiga nisbatan balzamning optik zichligi katta (78-rasm).



78-rasm. Nikol prizmasi

Shuning uchun balzam qatlamiga chegaraviy burchakdan katta burchak ostida tushadigan oddiy nur balzam sirtidan to'la qaytadi. Oddiymas nur har xil tushish burchaklarida ham balzam qatlamidan o'tadi. Shunday qilib,

Nikol prizmasi to'la qutblangan yorug'lik nurini olish imkonini yaratadi.

To'liq qutblangan yorug'lik olishga imkon beradigan qurilmalar *qutblagichlar* deb yuritiladi.

Xuddi shu maqsadda Nikol prizmasidan tashqari qutblagich (plenkalar)lar ham qo'llaniladi. Qutblagich qalinligi 0,1 mm ga yaqin tiniq polimer plyonka bo'lib, unga suniy kristallchalar, masalan, gerapatit kristallchalari yopishtirilgan bo'ladi. Bunday plyonka oddiy nurlarni yutib, faqat oddiymas nurlarni o'tkazadi.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. YAssi qutblangan yorug'likni ba'zi moddalardan o'tkazganimizda qutblanish tekisligining burilishi (aylanishi) ro'y beradi. Qutblanish tekisligini burib beradigan moddalar *optik aktiv moddalar* deb yuritiladi. Bunday moddalarga ba'zi qattiq jismlar (kvars, qand) va suyuqliklar (qandning suvdagi eritmasi, vino kislotasi, glyukoza va hokazolar) misol bo'la oladi. Shuningdek oqsil, uglevodlar, gormonlar, efir moyi va boshqalar optik aktivlikka ega.

Qutblanish tekisligining burilishi hodisasini 1811 yilda fransuz fizigi Arago kvarsda nurning ikkilanib sinishini o'rganishda kashf etgan.

Optik aktiv moddalarning qutblanish tekisligini burib berishi xossasidan foydalanib eritmaning konsentrasiyasini aniqlash mumkin.

Qutblanish tekisligining burilish burchagi φ , qutblanish tekisligini burayotgan moddaning qalinligi l (yoki eritma qo'yilgan nay uzunligi) ga, eritmaning konsentrasiyasi s ga to'g'ri mutanosib bo'ladi (Bio qonuni):

$$\varphi = \alpha c l \quad (217)$$

Bu yerda: α -solishtirma burilish doimiysi (yoki burchagi).

α koefitsient moddaning burib berish qobiliyatini xarakterlab, qutblangan yorug'likning to'liq uzunligi λ ga bog'liq ravishda o'zgaradi. Biror moddaning o'zi turli to'liq uzunlikdagi qutblangan nur tekisligini turlicha burchakka aylantiradi. Odatda qutblangan nur to'liq uzunligi kamayganda α ning qiymati oshadi.

Ba'zi moddalar qutblanish tekisligini o'ngga, boshqalari esa chapga burib beradi. Bunda burish yo'nalishi nur kelayotgan tomonga qarab turgan kuzatuvchiga nisbatan olinadi. Qutblanish tekisligining burilish hodisasi optik aktiv moddalarning fizik-kimyoviy xossalarini hamda ularning eritmaları konsentrsiyalarini tekshirishda keng qo'llaniladi.

1 sm³ suvda 1 g qand erigan eritmaning qalinligi 10 sm bo'lgan qatlamidan qutblangan yorug'lik o'tgandagi qutblanish tekisligining burilish burchagini solishtirma **burilish burchagi** deb ataladi.

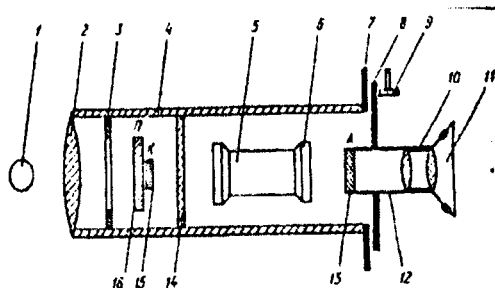
(217) formuladan foydalannb qand eritmasining konsentrsiyasi c ni quyidagicha aniqlanadi:

$$c = \frac{\varphi}{\alpha \ell} \quad (218)$$

Bu formuladan φ va ℓ ning tajribadan o'lchangan qiymatlariga asosan va olingan optik aktiv modda uchun α ning qiymatiga ko'ra eritmaning konsentrsiyasi c ni aniqlash mumkin.

Optik aktiv moddalar eritmalarining konsentrsiyasini aniqlashda ishlatiladigan asbob **polyarimetr** deb ataladi.

Qandning suvdagi eritmasi konsentrsiyasini o'lchashga mo'ljallangan polyarimetr **saxarimetr** deb yuritiladi. Polyarimetrning asosiy qismlari 79-rasmda ko'rsatilgan.



79-rasm. Polyarimetr kovak nayininig tuzilishi:

1-elektr chirog'i, 2-linza, 3-diafragma, 4-metall truba (nay), 5-shisha nay, 6-qopqoq, 7-qo'zg'almas limba, 8-doiravny nonius, 9-friksion, 10-okulyar, 11-lupa, 12-ko'rish trubasi, 13-analizator, 14-yorug'lnk filtr, 15-yupqa kvars plastinka, 16-polyarizator (qutblovchi).

Polyarimetr og'ir shtativga mahkamlangan yotiq kovak trubadan iborat bo'lib, unga o'lchash oldidan silindrik shisha nay joylashtiriladi. Tajribalar o'tkazish oldidan nayga tekshiriladigan eritma quyiladi va ikkala tomonidan oynali qopqoqlar bilan yopiladi.

Elektr chirog'idan keluvchi yorug'lik linza yordamida parallel nurlar dastasiga aylantiriladi va doiraviy teshikli diafragmadan so'ng qutblagich, shisha nay, analizatorlardan o'tib ob'ektiv va okulyarli ko'rish trubasiga tushadi.

Qutblanish tekisligining burilish burchagini o'lchash uchun kovak trubaga gradusli shkalasi bor qo'zg'almas limba mahkamlangan. Limbaning ichkarisida analizator va kuzatish trubasi bilan birlashtirilgan doiraviy nonius aylana oladi.

Noniusni aylantirish uchun friksionni burash kerak. Shkalaning va noniusning bo'limlarini yaxshiroq qurish uchun okulyar oldiga ikkita lupa o'rnatilgan.

Okulyar muftasini ko'rish trubasi o'qi bo'ylab surish bilan okulyarni ravshan ko'rishga moslash mumkin.

O'lchashlarni boshlash oldidan analizatorni polyarizatoridan o'tishida qutblangan nurni o'tkazmaydigan qilib o'rnatiladi, boshqacha aytganda «analizator korong'ilikka moslanadi». Bunday holda polyarizator va analizatorlarning bosh tekisliklari o'zaro perpendikulyar bo'ladi. Endi polyarizator va analizator orasiga tekshiriladigan eritma bilan to'ldirilgan shisha nayni qo'yaylik, bunda okulyarning ko'rish maydoni biroz yorishadi.

Chunki, eritma polyarizatoridan keluvchi qutblangan nurlar tebranish tekisligini biror ϕ burchakka buradi va burilgan tebranishlar tekisligi analizatorning bosh tekisligiga perpendikulyar bo'lmay qoladi. Shuning uchun analizatoridan qisman yorug'lik o'tadi. Analizatorni yana korong'ilikka moslash uchun yuqoridagiga teng burchakka burish kerak. Asbobni monoxromatik nur bilan yoritgandagina kurish maydonida to'la korong'ilikka erishish mumkin.

Agar asbobni oq yorug'lik bilan yoritsak ko'rish maydonining butunlay qorong'i bo'lishiga erishib bo'lmaydi, bundan tashqari analizatorning burilish burchagiga bog'liq ravishda ko'rish maydoni turlicha ranglarga bo'yalgan bo'ladi. Bundan qutilish uchun oq yorug'lik dastasi yo'lga yorug'lik filtri qo'yilib, ingichka spektral soha ajratib olinadi.

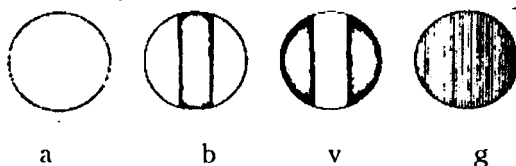
Inson ko'zi bir-biriga chegaradosh yuzalarning yoritilganligidan farqini payqashdagi sezgirlik juda katta. Yoki ikkala sohaning yoritilganligining tenglashganligini belgilashda juda kam xatolikka yo'l qo'yiladi.

Ko'rish maydonida turlicha yoritiladigan qismlarni hosil qilish uchun biz qarayotgan tipdagi polyarimetrlarda qutblagichdan keyin yupqa kvars

plastinka o'rnatiladi. Bu kvars plastinka ko'rish maydonining o'rta qismini berkitadi. Chunki, bu plastinka qutblangan nur tebranish tekisligini kichkina burchakka buradi. Shuning uchun okulyardan kuzatiladigan ko'rish maydoni uch qismga ajralib qoladi: ikkita chetki qismi qutblagichdan o'tgan qutblangan nurlar bilan, o'rta qismi esa qutblagich va kvars plastinkadan o'tgan qutblangan nurlar bilan yoritiladi.

Bu tipdagi polyarimetrlarda ko'rish maydonidagi qorong'ilik o'rniga uchala qismining bir xil ravshanlikda yoritilganiga erishish kerak bo'ladi. Shuning uchun bu asbob yarim soyali polyarimetr deb ataladi.

Analizatorni burishda ko'rish maydonining o'zgarishi 80-rasmdagi kabi bo'lishi mumkin.



80-rasm. Polyarimetr okulyaridagi qurish maydonining turli ko'rinishlari.

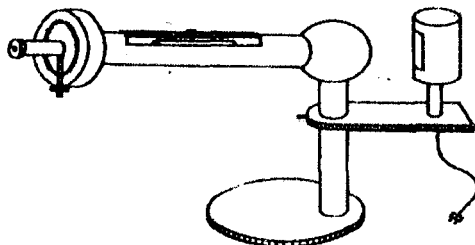
Bizni ko'rish maydonining oxirgi ko'rinishi, ya'ni ko'rish maydonining barcha qismi bir xil qorong'i bo'lgani qiziqtiradi. Bu holda qutblagich va analizator o'qlari shunday joylashtirilgan bo'ladiki, unda analizator, qutblagichdan tushadigan nurlar bilan qutblagich va plastinkadan o'tuvchi nurlarni o'zaro teng miqdorda o'tkazadi. Analizatorni u yoki bu tomonga ozgina buralsa ko'rish maydonining turli qismlari bir xil yoritilmay qoladi.

Asbobning umumiy ko'rinishi 81-rasmda ko'rsatilgan. Asbob tibbiyotda biologik suyuqliklar eritmalarida qand konsentrasiyasini aniqlashga xizmat qiladi. Shuning uchun SM-tibbiyot saxarimetri deb yuritiladi.

Qutblanish tekisligini burish burchagi doiraviy shkala va nonius bo'yicha hisob qilinadi. Dastlab noniusning uolinchi chizig'i limbaning gradusli shkalasidan necha gradusni ko'rsatuvchi bo'limdan o'tganligi, so'ngra noniusning limba shkalasining biror chizig'i bilan mos kelgan bo'limi aniqlanadi va shu chiziq nomerini nonius aniqligi $0,05^{\circ}$ ga ko'paytirib chiqqan natijani butun graduslarga qo'shiladi. Masalan, limba bo'yicha nonius shkalasining nolinchi chizig'igacha 8° ni topsak, so'ngra noniusning 17-chizig'i limba chizig'i bilan mos tushsa u holda to'liq qorong'ilik burchagi $8^{\circ} + 0,05^{\circ} \cdot 17 = 8,85^{\circ}$ teng bo'ladi.

Ishni bajarish tartibi. 1-mashq. Qandning solishtirma burishini aniqlash.

1. Tajribani boshlashdan oldin 1,5, 10 foizli va noma'lum x foizli qandning suvdagi eritmaları tayyorlanadi. Bunda qandning $S=1\%$ li eritmasi deganimizda 100 sm^3 eritmada 1 g qand borligi tushuniladi va h.k.



81-rasm. Polyarimetrning tashqi ko'rinishi.

2. Shisha nay trubadan olib qo'yiladi.

3. Asboblarni elektr tarmog'iga ulab, elektr chirog'i yondiriladi.

4. Ko'rish trubasi muftasini siljitish bilan okulyarning ko'rish maydonidagi uchala qismni bir-biridan ajratadigan chiziqlarning ravshan tasviri hosil bo'lishiga erishiladi.

5. Friksionni u yoki bu tomonga ohista burash bilan ko'rish maydonidagi uchala qismning birday xiralashishiga (qorong'ilashganiga) erishiladi. O'lchashlar analizatorni har safar chetga burab, yana uni boshlang'ich vaziyatga keltirib bir necha marta takrorlanadi. Har galgi o'lchashda α_0 ning qiymatlari 43-jadvalga yozib boriladi. So'ngra α_0 ning o'rtacha arifmetik qiymati $\langle \alpha_0 \rangle$ hisoblanadi.

6. Shisha nay 1 foizli qandning suvdagi eritmasi bilan to'ldiriladi va kovak trubadagi o'z o'rniga qo'yiladi hamda qopqoq yopiladi.

7. Analizatorni burash bilan yana uchala maydonning birday xiralashishiga erishiladi va yana α_1 burchak aniqlanadi. Shu xildagi o'lchashlar 5 marta takrorlanadi va har gal α_1 ning qiymatlari 43-jadvalga yozib boriladi. Qutblanish tekisligining burilish burchagi $\phi_1 = \alpha_1 - \alpha_0$ ga teng bo'ladi.

8. Ma'lumki, 1 sm^3 eritmada qancha gramm modda borligi « s » bilan belgilanadi; ko'pincha « s » o'rniga « S » olinib, u 100 sm^3 eritmada modda miqdorini bildiradi, demak $S=100 s$, u holda (218) dan solishtirma burilish burchagi quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{100\phi_1}{C_1 \ell_1} = \frac{100(\alpha_1 - \alpha_0) \text{grad} \cdot \text{sm}^3}{C_1 \ell_1 g \cdot \text{dm}} \quad (219)$$

bu yerda shisha nay uzunligi desimetr hisobida olinadi. So'ngra φ_1, S_1 va ℓ_1 larning qiymatlari asosida $\langle \alpha \rangle$ ning o'rtacha arifmetik qiymati hisoblanadi. Tajriba ma'lumotlariga asosan $\langle \Delta \alpha \rangle$ va E_α lar hisoblanadi.

9. O'lchash va hisoblash natijalari 43-jadvalga yoziladi:

43-jadval.

Polyarimetr yordamida qandniig solishtirma burishini anshqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	α_0	α_1	φ_1	α	$\Delta \alpha$	E_α
1						
2						
3						
4						
5						
O'rtacha qiymat						

10. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$\alpha = \langle \alpha \rangle \pm \langle \Delta \alpha \rangle;$$

$$E_\alpha = \dots \%$$

2-mashq. Eritmadagi qand konsentrasiyasini aniqlash.

1. 1 foizli qand eritmasi bor shisha nay o'rniga noma'lum konsentrasiyalı eritma bilan to'ldirilgan nay kovak trubaga joylashtiriladi.

2. Friksionni burash bilan birga analizatorning yangi vaziyati topiladiki, unda uchala maydon yana birday xiralashgan bo'lsin va α_2 burchak aniqlaniladi. Bu xildagi o'lchashlar 5 marta takrorlanadi va har birida $\varphi_2 = \alpha_2 - \alpha_0$ larni hisoblanadi.

O'lchash va hisoblash natijalari 44-jadvalga yoziladi.

44-jadval.

Polyarimetr yordamida eritmadagi qand konsentrasiyasini aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari.

Tajribalar	α_2	φ_2	C_x	ΔC_x	E_{C_x}
1					
2					
3					
4					
5					
O'rtacha qiymat					

3. Har qaysi o'lchashda (219) formuladan foydalanib noma'lum konsentrasiyalı qand eritmasi uchun S_x quyida-gicha aniqlanadi:

$$C_x = \frac{(\alpha_2 - \alpha_0) \cdot 100}{\alpha \cdot l_2}$$

bu yerdagi α ning qiymati 1-mashqdan olinadi. So'ngra $\langle C_x \rangle$, $\langle \Delta C_x \rangle$ va E_{C_x} lar hisoblanadi.

Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$C_x = \langle C_x \rangle \pm \langle \Delta C_x \rangle; \quad E_{C_x} = \dots \%$$

Sinov savollari

1. Qanday nur tabiiy nur deyiladi?
2. Qanday nur qutblangan nur deb aytiladi?
3. Tabiiy nur qanday usullarda qutblanadi?
4. Qutblagich va analizatorlarning vazifalari qanday?
5. Nurning kristalldan o'tishida ikkilanib sinishini tushuntiring.
6. Malyus qonuni qanday ta'riflanadi?
7. Qutblanish tekisligining burilishi hodisasini tushuntiring.
8. Nikol prizmasiniig tuzilishini va vazifasini ayting.
9. Polyarimetr nima uchun yarim soyali deb aytiladi?
10. Nonius yordamida doiraviy shkala bo'ylab hisob qanday bajariladi?

30-ish. ERITMANING SINDIRISH KO'RSATKICHI VA KONSENTRASIYASINI REFRAKTOMETR YORDAMIDA ANIQLASH.

Kerakli asbob va materiallar: 1) refraktometr; 2) distillangan suv; 3) qandning suvdagi turli konsentrasiyalı eritmaları quyilgan idishlar.

Nazariy ma'lumotlar. Yorug'likning vakuumdagi tezligi s ning uning biror muhitdagi tezligi v ga nisbatini shu muhitning *absolyut sindirish ko'rsatkichi* deyiladi, ya'ni:

$$n = \frac{c}{v} \quad (220)$$

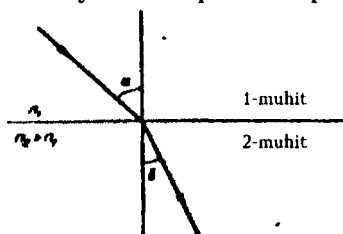
Yorug'lik vakuumdan biror muhitga sinib o'tganida sinish qonuni quyidagicha yozilishi ma'lum:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} \quad (221)$$

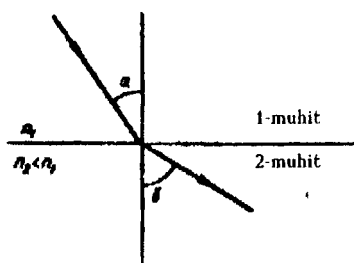
bu yerda: α -tushish burchagi; γ -sinish burchagi. Agar yorug'lik optik zichligi kichik muhitdan optik zichligi katta muhitga sinib o'tsa, sinish burchagi tushish burchagidan kichik bo'ladi (82-rasm).

Yorug'lik optik zichligi katta muhitdan kichigiga sinib o'tganida esa sinish burchagi tushish burchagidan katta bo'ladi (83-rasm).

Har qaysi shaffof qattiq jism yoki suyuqlik o'ziga xos sindirish ko'rsatkichiga ega. Eritmaning sindirish ko'rsatkichi unda erigan qattiq moddalarning konsentrasiyasiga bog'liq. O'zgarmas haroratda eritmaning konsentrasiyasi qancha katta bo'lsa, uning sindirish ko'rsatkichi ham shuncha katta bo'ladi. Demak, eritmaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash bilan konsentrasiyasi haqida xulosa qilishimiz mumkin. Eritmalarning konsentrasiyasini aniqlashda qo'llanadigan refraktometrning



82-rasm. Yorug'likning optik zichligi kichik muhitdan optik zichligi katta muhitga o'tishi.



83-rasm. Yorug'likning optik zichligi katta muhitdan optik zichligi kichik muhitga o'tishi.

ishlashi xuddi shu prinsipga asoslangan.

Suyuqliklarning sindirish ko'rsatkichi ularning zichligiga, suyuqlikda erigan boshqa moddalarning konsentrasiyasiga bog'liq.

Tekshirishlar ko'rsatadiki, odamlar yoki hayvonlar kasallanganida ularning qoni, siydigi va orqa miya suyuqligidagi tuz, qand va oqsillarning konsentrasiyalari o'zgarib ketadi, natijada ularning sindirish ko'rsatkichi ham o'zgaradi. Shuning uchun sindirish ko'rsatkichining normal qiymatdan chetlashishiga qarab, ba'zi kasalliklarni diagnostika qilish mumkin.

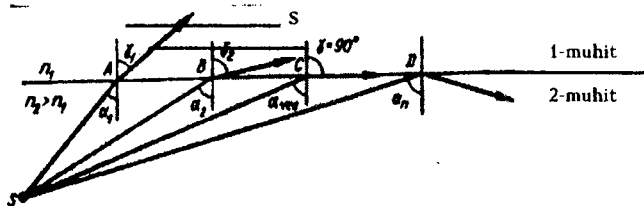
Xuddi shu maqsadda tibbiyotda va veterinariyada refraktometrlar keng qo'llaniladi.

Bundan tashqari oziq-ovqat sanoatida meva va sabzavot mahsulotlaridan turli xil sharbatlar tayyorlashda ham ularning tarkibidagi qand konsentrasiyasini bilish kerak. Bundan tashqari oziq-ovqat sanoatida meva va sabzavot mahsulotlaridan turli xil sharbatlar tayyorlashda ham ularning tarkibidagi qand konsentrasiyasini bilish kerak.

Qishloq xo'jaligida qand lavlaginng pishib etilganligini aytish uchun uning tarkibidagi qand konsentrasiyasini bilish kerak. Bu ishlarning hammasida refraktometrlar ishlatiladi.

Tibbiyot, veterinariya va oziq-ovqat sanoatida nemis fizigi E. Abbe ishlab chiqqan va keyinchalik takomillashtirilgan refraktometrlar qo'llanib, ular yorug'likning to'la qaytishi hodisasiga asoslanib ishlaydi.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Yorug'likning to'la qaytishi yorug'likning optik zichligi katta muhitdan optik zichligi kichik muhitga o'tishidan yorug'lik birinchi muhitga biror chegaraviy burchakdan katta burchaklarda tushganida ro'y beradi. Masalan, bu hodisa yorug'lik nurlari suvdan havoga yoki shishadan havoga o'tishida vujudga keladi. Biror S yorug'lik manbaidan tarqalayotgan yorug'lik nurlarining ingichka dastalari turlicha tushish burchaklarida optik zichligi katta muhitdan o'tib optik zichligi kichik muhit chegarasiga tushayotgan bo'lsin (84-rasm).



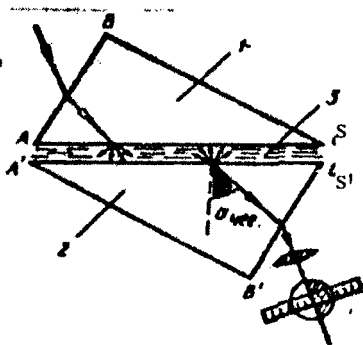
84-rasm. Yorug'likning to'la qaytishi.

84-rasmda $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{cheg}, \dots, \alpha_n$ lar nurning tushish burchaklari, $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ lar nurning sinish burchaklari bo'lsin. Nurning tushish burchagini orttira borib, uning biror α_{cheg} qiymatini topa olamizki, unda singan nur muhitlar chegarasiga sirpanib yo'naladi, bordiyu nur α_{cheg} dan katta burchak ostida tushayotgan bo'lsa, 2-muhitdan 1-muhitga butunlay o'tmaydi. Bu hodisani yorug'likning to'la ichki qaytishi deb yuritiladi. Sinish burchagi $\gamma=90^\circ$ ga mos kelgan α_{cheg} burchakni to'la qaytishning *chegaraviy burchagi* deb ataladi.

Agar nurni 1-muhitdan 2-muhitga yo'naltirsak, nurlarning qaytuvchanligi xossasiga asosan ularning faqat yo'nalishi o'zgaradi. Ammo bu holda α_{cheg} sinish burchagi bo'lib qoladi.

84-rasmdan bilish mumkinki, S nuqtadan chap tomonda 1-muhitga nurlar o'tadi, ammo S nuqtadan o'ng tomonda esa 1-muhitga nur o'tmaydi. Shuning uchun 1-muhit tarafdin qarayotgan kuzatuvchiga S nuqtaning o'ng tomoni yorug', chap tomoni esa qorong'i (xiralashgan) holda ko'rinadi.

Endi refraktometrning ishlash prinsipini qarab chiqaylik. Asbobning asosiy qismi AVS va A'V'S' shisha prizmalardan tashkil topgan bo'lib, ular bir-biriga gipotenuzalari bilan qo'yilgan (85-rasm).



85-rasm. Yorug'likiing refraktometr prizmalaridan o'tishi:
1-yorituvchi prizma, 2-o'lchash prizmasi, 3-suyuqlik qatlami

AVS prizmani *yorituvchi prizma* 1, A'V'S' prizmani esa o'lchash prizmasi 2 deb yuritiladi. Tekshiriladigan suyuqlik 3 esa ularning orasiga yupqa qatlam tarzida joylashtiriladi. Prizmalar sindirish ko'rsatkichi katta shisha-flintdan tayyorlangan. Yorituvchi prizmaning AS asosining sirti yaxshilab silliqanmagan, o'lchash prizmasining A'S' asosining sirti esa yetarli darajada yaxshilab silliqilgan.

Suyuqlikni prizmalar orasiga tomizishni osonlashtirish uchun 1 prizma qo'zg'aluvchan, maxsus ochib-yopilishi mumkin bo'lgan yarim ellips qopqoqqa o'rnatilgan, 2 prizma esa qo'zg'almasdir. Tekshiriladigan suyuqlikning sindirish ko'rsatkichini o'lchash uchun qopqoq, ya'ni 1 prizma ko'tarilib, 2 prizma sirtiga 1-2 tomchi suyuqlik tomiziladi va qopqoq yana yopiladi. Bunda ikkala prizma sirlari ustma-ust tushib tomizilgan suyuqlikning yupqa qatlamini o'z sirlari orasiga oladi.

Yorituvchi prizmaning AV sirtiga tushgan yorug'lik dastasi prizma ichida sinib uning AS sirtiga tushadi. Bu sirt yaxshilab tekislanmaganligi uchun undan yorug'lik nurlari sochilgan holda tarqaladi. Suyuqlik qatlamidan o'tuvchi sochilgan nurlar 0° dan 90° gacha har xil burchak ostida o'lchash prizmasiga tushadn. Suyuqlikning sindirish ko'rsatkichi prizmanikidan kichik bo'lgani uchun A'S' sirt bo'ylab yo'nalgan sirpanuvchi (tushish burchagi 90° bo'lgan) nur o'lchash prizmasiga to'la qaytishning chegaraviy burchagi α_{cheg} ostida kiradi. Boshqa nurlarning hammasi esa chegaraviydan kichik burchaklar ostida o'tadi.

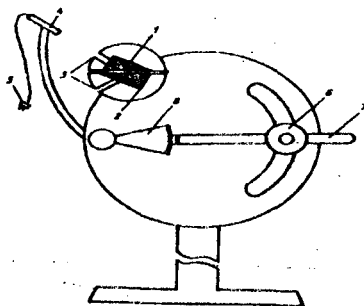
Biz qarayotgan sirpanuvchi nur 85-rasmda yorug'lik dastasining o'ng tomonidan chekkasida joylashgan.

Yorituvchi prizmadan o'lchash prizmasiga tushuvchi sirpanuvchi nurdan boshqa nurlar ikkinchi prizmadan sirpanuvchi nurga nisbatan

chaproqdan chiqadi. O'lchash prizmasidan chiqayotgan bu nurlarni ob'ektiv linzasi yordamida shkala joylashgan fokal tekislikda yig'iladi. Natijada shkalaning chap qismi yoritilgan, o'ng qismi esa xira bo'ladi (nurlar tushmayotganligi uchun).

Shunday qilib, shkalaning yorug' va xira qismlari chegarasidagi bo'limi, to'la qaytishning chegaraviy burchagini topish imkonini beradi. Ammo amalda to'la qaytishning chegaraviy burchagi o'rniga sirpanuvchi nurniig o'lchash prizmasidan chiqish burchagi α ni o'lchash oson. SHkalaning yonida α ning qiymatlarini emas, balki unga mos nur sindirish ko'rsatkichlarining qiymatlari ko'rsatilgan bo'ladi. Agar yorituvchi prizma qoq yorug'lik dastasi tushsa, shkalada yorug' va xira qismlar chegarasida bo'yalgan manzara vujudga keladi.

Shkalaning yoritilgan va xira qismlarining keskin chegarali manzarasi esa prizmalarni monoxromatik yorug'lik bilan yoritilganidagina ro'y beradi. Buning uchun ob'ektiv oldiga dispersiya kompensatori joylashtiriladi. Refraktometr asosiy qismlarining joylashishi 86-rasmda ko'rsatilgan.



86-rasm. Refraktometrning tuzilishi:

1-yorituvchi prizma, 2-o'lchash prizmasi, 3-darcha, 4-yoritgich,
5-vilkasi bor shnur, 6-okulyar, 7-dastak, 8-richag.

Asbobning optik qismlari og'ir asosga o'rnatilgan tik ustunga mahkamlangan metall qutichaga joylashtirilgan.

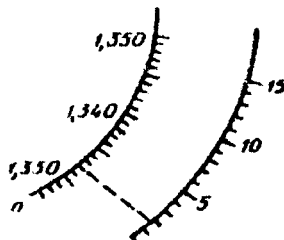
Qutichaning ustki qismida qo'zg'aluvchan yorituvchi prizma va qo'zg'almas o'lchash prizmasi bor. Yorituvchi prizmani o'lchash prizmasi ustiga yotqizilganda ular orasida 0,1 mm cha kenglikda bo'sh joy qoladi. Uni tajriba vaqtida tekshirilayotgan suyuqlik (eritma) bilan to'ldiriladi.

Yoritgichdan yorug'likni darchalar orqali har bir prizma yuborish mumkin. Bir uchida o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulash uchun vilkasi bor shurning ikkinchi uchi yoritgich chirog'iga birlashtirilgan. O'lchash vaqtida yorug'lik asbobning optik sistemasidan o'tib shkalani yoritadi, uni dastakka o'rnatilgan okulyar orqali kuzatiladi. Okulyarni shkala

bo'ylab siljitish uchun dastakni harakatga keltirish kerak. Yorug' va xira qismlarning yaqqol chegarasini hosil qilish uchun richag buraladi.

Refraktometrning okulyaridan kuzatganimizda okulyarning fokal tekisligida joylashtirilgan ikkita konsentrik shkalani va vizir chizig'ini ko'ramiz. Ularning chap tomondagisi bevosita sindirish ko'rsatkichining qiymatlari bo'yicha darajalangan, o'ng tomondagisi esa sindirish ko'rsatkichining u yoki bu qiymatlariga mos keladigan eritmadagi qand konsentrasiyasining foizlarda ifodalangan qiymatlari ko'rsatilgan (87-rasm).

87-rasmdagi 1-shkaladan istalgan shaffof eritma uchun foydalanish mumkin. 2-shkaladan esa faqat qand eritmasi bilan ishlaganda foydalaniladi, boshqa eritmalar uchun u noto'g'ri bo'ladi.



87-rasm. Refraktometr shkalalari.

Agar tajribani nurning sirpanib o'tish usuli bilan (85-rasmdagidek) bajarsak, pastki darcha yopilib, nur yuqoridagi darchadan yoritish prizmasiga tushiriladi.

O'lchash vaqtida vizir chizig'i ko'rish maydonining xira va yorug' qismlarini chegaralab turuvchi chiziq bilan ustma-ust tushganida shkalaning chap tomoni sindirish ko'rsatkichi «n» ning, o'ng tomoni esa «n» ga mos kelgan eritma konsentrasiyasi «C» ning qiymat-larini ko'rsatadi. Shunday qilib, refraktometr yordamida «n» va «C» larning qiymatini bir vaqtning o'zida aniqlay olamiz.

Aniq o'lchash ishlarida suyuqlik haroratini ham bilish kerak. Laboratoriya mashg'ulotlari vaqtidagi o'lchashlarda unchalik katta aniqlik talab qilinmaganligi uchun tekshiriladigan suyuqlik haroratini o'zgarmas holda saqlab turish shart emas.

Ishni bajarish tartibi. 1. Tajribani o'tkazishda avval yorituvchi prizma ko'tariladi va ikkala prizma sirtlarining tozaligi tekshiriladi. Prizmalarning sirti distillangan suv bilan yuviladi, so'ngra toza quruq latta bilan artiladi,

2. O'lchash prizmasining o'rtasiga pipetka yordamida 2-3 tomchi distillangan suv tomiziladi va o'lchash prizmasining ustini yorituvchi prizma bilan yopiladi.

3. Biz qarayotgan usulda yorug'lik yorituvchi prizma ustidagi darchadan tushiriladi, bunda o'lchash prizmasi tomonidan qo'yilgan darcha yopib qo'yiladi.

4. Kompensator prizmalarini richag yordamida burash bilan ko'rish maydonining yorug' va xira chegarasidagi bo'yalish yo'qotiladi, xira va yorug' sohani keskin ajratib turuvchi chegara hosil qilinadi.

5. Distillangan suv uchun ko'rish maydonining yorug' va xira qismlarini chegaralovchi punktir chizig'iing vaziyati aniqlanadi.

Agar refraktometr o'lchash vaqtida to'g'ri ko'rsatsa, distillangan suv 20°S haroratda bo'lganida ko'rish maydonining yorug' va xira qismlarini chegaralovchi chiziq, vizir chizig'i bilan ustma-ust tushirilganda chap tomondagi shkaladan $n=1,33$ ni (ayni shu vaqtda o'ng tomondagi shkaladan esa «O» bo'limni) ko'rsatish kerak.

6. Prizmalar sirti yuqorida aytilganday qaytadan tozalanadi, yumshoq quruq latta bilan artiladi. Yorituvchi prizmani ko'tarib, o'lchash prizmasining o'rtasiga 1-2 tomchi tekshiriluvchi eritmadan tomiziladi va yorituvchi prizma bilan yopiladi. Ko'rish maydonida yorug' va xira qismlarning yaqqol chegarasini ko'rsatuvchi chiziq bilan vizir chiziq mos tushganda sindirish ko'rsatkichi va eritma konsentrasiyasining qiymatlari yozib olinadi. Tajriba kamida 3 marta takrorlanadi.

7. Xuddi shu usuldagi o'lchashlar turli konsentrasiyalı eritmaların har biri uchun 3 martadan takrorlanadi.

8. Har qaysi konsentrasiyalı eritma uchun $\langle n \rangle$, $\langle \Delta n \rangle$, E_n va $\langle C \rangle$, $\langle \Delta C \rangle$, E_c lar hisoblanadi va 45-jadvalga yoziladi.

9. 45-jadval ma'lumotlariga asoslanib sindirish ko'rsatkichining eritma konsentrasiyasiga bog'liqligiga grafigi chiziladi.

45-jadval.

Eritmaning sindirish ko'rsatkichi va konsentrasiyasini aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajri-balar	1-eritma				2-eritma				3-eritma			
	n	Δn	C%	$\Delta C\%$	n	Δn	C%	$\Delta C\%$	N	Δn	C%	$\Delta C\%$
1												
2												
3												
4												
O'rtacha qiymat												

10. Oxirgi natija quyidagicha yoziladi:

$$n = \langle n \rangle \pm \langle \Delta n \rangle; \quad E_n = \dots \%$$

$$C = \langle C \rangle \pm \langle \Delta C \rangle; \quad E_c = \dots \%$$

Sinov savollari.

1. Absolyut va nisbiy sindirish ko'rsatkichlari deb nimaga aytiladi?

2. Yorug'likning to'la qaytish hodisasi qanday tushuntiriladi?
3. Refraktometrning optik qismlari sxemada qanday joylashgan?
4. Kompensator qanday vazifani bajarishga mo'ljallangan?
5. Refraktometrning asosiy qismlarini ayting.
6. Eritmaning sindirish ko'rsatkichi nimalarga bog'liq?
7. Refraktometr qo'llanilishiga misollar keltiring.

31-ish. GAZ LAZERI NURLANISHINING TO'LIQIN UZUNLIGINI DIFRAKSION PANJARA YORDAMIDA ANIQLASH.

Kerakli asbob va materiallar: 1) gaz lazeri; 2) difraksion panjara; 3) ekran.

Nazariy ma'lumotlar. Ma'lumki, atom musbat zaryadlangan markaziy yadrodan va uning atrofida harakatlanadigan manfiy zaryadli elektronlardan tashkil topgan.

Elektronlarning yig'indi zaryadi absolyut qiymat jihatdan yadro zaryadiga teng, ya'ni:

$$q = Ze$$

bu yerda: q -yadro zaryadi; Z -zaryadlar soni; e -elektron zaryadi.

Vodorod elementining atomi eng sodda atomdir. Vodorod atomi yadrosi musbat zaryadli protondan va uning atrofida muayyan orbitalar bo'ylab harakatlana oladigan 1 ta elektrondan tashkil topgan. Agar elektron yadro atrofida 1-orbita bo'ylab harakatlanayotgan bo'lsa, atomning energiyasi eng oz bo'ladi. Elektron 2, 3, 4-orbitalarga o'tib harakatlanayotgan bo'lsa, atom har xil (tobora oshib borgan) energiyali holatlarda bo'ladi deb aytamiz. Kvant mexanikasining asoschilaridan biri daniyalik mashhur fizik Nils Bor nazariyasiga ko'ra, elektron yadro atrofida biror doiraviy orbita bo'ylab harakatlanganida, ya'ni atom biror energiyali holatda bo'lganida nur yutmaydi va nur chiqarmaydi.

Agar elektron tashqi orbitalarning birortasidan ichki orbitaga o'tsa, boshqacha aytganda atom katta energiyali holatdan kichik energiyali holatga o'tsa nur chiqaradi va aksincha holda nur yutadi.

Elektron 1-orbita bo'ylab harakatlansa, atom uyg'onmagan holatda bo'ladi. Atom uyg'onganda elektron yadrodan uzoqroqdagi orbitalarning biriga o'tadi va o'sha orbita bo'ylab yadro atrofida harakatlanadi.

Ko'p elektronli atomlarning tuzilishi nazariyasi vodorod atominikiga qaraganda ancha murakkab. Ammo ularda ham Bor nazariyasining asosiy g'oyalari saqlanib qoladi.

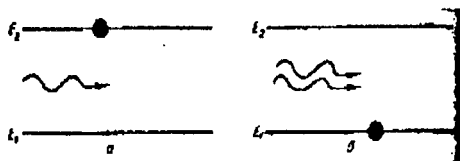
Dastlab kichikroq energiyali E_1 holatda bo'lgan atom katta energiyali E_2 uyg'ongan holatga $h\nu = E_2 - E_1$ nur yutib o'tgan holni qaraylik. Atom uyg'ongan holatda ma'lum muddat bo'la oladi yoki «yashaydi», so'ngra

asosiy yoki kichikroq (quyiroq) holatga o'tadi. Bunday o'tish tashqi ta'sirsiz, ya'ni o'z-o'zidan vujudga kelgan nurlanishni *spontan nurlanish* deb aytiladi.

Agar spontan nurlanish biror modda tarkibidagi N ta atom tomonidan chiqarilayotgan bo'lsa, har qaysi atomning nurlanishi boshqasining nurlanishi bilan «muvoqlashmagan» bo'ladi. Turli atomlardan chiqarilayotgan nurlanishning tebranish tekisliklari, fazalari yo'nalishlari har xil bo'lganidan spontan nurlanish kogerent bo'lmaydi. Jismlarning issiqlikdan nurlanishi va lyuminessensiyasi spontan nurlanishga misol bo'la oladi.

Spontan nurlanish sistemaning yuqori energiyali holatdan kichik energiyali holatga o'tishining yagona usuli emas. Sistema kichik energiyali holatga biror tashqi ta'sir tufayli majburan o'tishi ham mumkin. Bunday o'tishda vujudga keladigan nurlanish *majburiy* yoki *induksiyalangan nurlanish* deb ataladi. Tashqi ta'sir olingan sistemaning qo'shni zarralar bilan to'qnashuvi yoki ta'sirlashuvi natijasi bo'lishi mumkin. Lekin aksariyat hollarda majburiy nurlanish shu nurlanish chastotasi bilan aynan bir xil chastotali elektromagnit to'lqin (foton) ta'sirida ro'y beradi.

Endi atomning E_1 dan E_2 energiyali sathga o'tgan holatini ko'rib chiqaylik (88-a, rasm).



88-rasm. Majburiy nurlanishning hosil bo'lishi.

Agar $E_2 - E_1 = h\nu$ foton chiqarishga tayyor turgan uyg'ongan atomga $h\nu$ foton tushsa, u bilan ta'sirlashuvi natijasida energiyalari ham, yo'nalishi ham tamomila birday ikkita egizak-foton yuzaga keladi (88-b, rasm). Sistema yonidan uchib o'tayotgan foton energiya sarf qilmasdan uyg'ongan atomdagi o'ziga o'xshash fotonni «turtib» yuboradi. Bu jarayonning xarakterli tomoni shundaki, to'lqin nazariyasiga ko'ra atom o'zini nurlanishga majbur qilgan atom bilan tarqalish yo'nalishn, fazasi, chastotasi va qutblanishi jihatidan tamomila bir xil bo'lgan elektromagnit to'lqin chiqaradi. Bu ikkita foton o'z yo'lida uchragan uyg'ongan holatdagi atomlardan o'ziga o'xshash yana ikkita fotonni nurlantiradi, shu tarzda fotonlarning soni geometrik progressiya bo'yicha ko'payib boradi. Tushuvchi radiasiyani ikki marta orttirish uchun kerak modda qatlami uzunligini $\Delta\ell$ ga teng deb olaylik, u holda qatlam uzunligi $2\Delta\ell$ bo'lsa fotonlar soni 4 marta, bordiyu $3\Delta\ell$, $4\Delta\ell$ larda esa

Majburiy nurlanishning hosil bo'lishi. Xaotik issiqlik harakatida atomlarning energiyalari turlicha taqsimlangan bo'ladi. Bunda atomlarning ma'lum qismi quyi energiyali holatlarda, qolgan qismi esa yuqori energiyali, ya'ni uyg'ongan holatlarda bo'ladi.

Biror muhitda quyi energiyali sathga to'g'ri kelgan atomlarning soni N_1 , yuqori energiyali sathlarga to'g'ri kelgan atomlar soni N_2 ga teng deb qaraylik. Termodinamik muvozanat vaqtida $N_1 > N_2$ bo'lib, quyi energiyali sathlar yuqori energiyali sathlarga qaraganda ko'proq band bo'ladi. Bunday holda moddaga tushuvchi yorug'lik ko'proq yutiladi.

Endi biror muhitda $N_2 > N_1$ sharoit amalga oshirilgan holni qaraylik. Bu holda muhitdan uchib o'tuvchi foton, xuddi o'ziga aynan o'xshash fotonni vujudga keltiradi. Bu ikkita foton yana ikkita uyg'otilgan atom bilan o'zaro ta'sirlashib, ularni o'zi bilan aynan bir xil ikkita fotonni chiqarishga majburlaydi va fotonlarniig ko'payishi zanjirsimon yadro reaksiyaga o'xshab ortib boradi.

Shunday qilib, majburiy nurlanishni hosil qilish uchun energiya sathlari invers joylashgan muhitni hosil qilishimiz kerak. hozirgi vaqtda invers bandlik holatini hosil qilishning usullari juda ko'p.

1954 yilda N.G.Basov va A.M.Proxorov hamda ulardan mustaqil ravishda amerikalik olim Ch.Taunslar majburiy nurlanish hodisasidan $\lambda = 1,27$ sm to'liq uzunlikdagi radio to'liqlarning mikroto'liqli generatorini yaratishda foydalandilar.

Birinchi lazer spektrning ko'rinadigan sohasidagi elektromagnit to'liqlar generatori 1960 yilda AQSH da yaratilgan. Lazer so'zining o'zi «majburiy nurlanish tufayli yorug'likning kuchayishi» ma'nosini bildiradigan inglizcha so'z birikmalarining bosh harflaridan olingan.

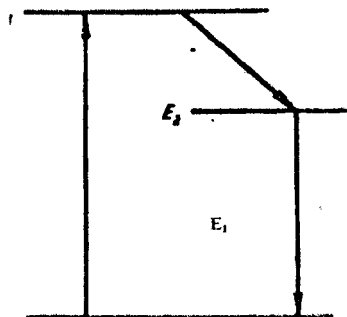
Lazer yorug'lik manbalari quyidagi xossalarga ega:

1. Lazerlar tarqalish burchagi juda kichik yorug'lik dastasini hosil qiladi. Yerdan Oyga yuborilgan lazer nurlanish dastasi Oy yuzida diametri 1 km ga teng yorug' dog'ni hosil qiladi. Holbuki, eng yaxshi proyektor nuri xuddi shunday masofada diametri 40000 km bo'lgan yorug' dog'ni hosil qilgan bo'lar edi.

2. Lazer yorug'ligining ikkinchi ajoyib xossasi-uning nihoyatda monoxromatikligidir.

3. Lazer yorug'ligi vaqt jihatidan va fazoviy kogerentdir. Lazerlar eng kuchli yorug'lik manbalaridir. Lazerlarning ba'zi turlari juda qisqa vaqt ichida (masalan, 10^{-11} s davomida) $10^{14} \frac{\text{Vt}}{\text{sm}^2}$ gacha nurlanish quvvatiga erishadi. Quyoshning nurlanish quvvati esa $7 \cdot 10^3 \text{ Vt/sm}^2$ ga teng. Xuddi shu misolda lazer nurlanishi quvvati Quyoshnikidan taxminan 14 mlrd marta kattaligi ko'rinib turibdi. Lazer yorug'ligini linza yordamida bir nuqtaga to'plash asosida metallarni eritish, teshish va turli xil ishlov berish mumkin. Lazerning

ishlash prinsipini tushunish uchun dastavval uch sathli sistema tushunchasini ko'rib chiqish lozim.



89-rasm. Uch sathli sistema.

Birinchi lazerlarda yoqut aktiv muhit bo'lib xizmat qilgan edi. Muhit atomlarini uyg'otishning turli usullari mavjud, xususan yoqut lazerida shu maqsadda kuchli maxsus lampa ishlatiladi. YOqut lazerida atomlar yorug'-lik yutish hisobiga uyg'onadi. Lazerlarning ishlashi uchun ikki sathli sistema etarli emas. Chunki lampa har qancha kuchli yorug'lik manbai bo'lsa-da, aktiv muhit

(yoqut) dagi uyg'otilgan atomlar sonining uyg'otilmagan atomlar sonidan ortiq bo'linishiga erishish qiyin.

Bu masalani hal qilish uchun uch sathli sistemadan foydalanish kerak. 89-rasmda uchta energiya sathi ko'rsatilgan.

Tashqi ta'sir bo'lmaganda uyg'otilgan atomlar E_3 energiya sathida juda qisqa vaqt (10^{-8} s) bo'ladi va nur chiqarmasdan o'z-o'zidan E_2 sathga o'tadi. E_2 sathni metastabil sath deb atalib, unda uyg'ongan atomlarning bo'ladigan vaqti E_3 sathdagiga nisbatan 100000 martacha katta, ya'ni 10^{-3} s ga teng.

Shunday qilib, kuchli lampaning chaqnashidan keyin sistema E_3 holatga o'tadi va qisqa vaqt (10^{-8} s) dan keyin E_2 holatga qaytadi. Bu pirovardida shunga olib keladiki, E_2 sathning bandligi E_1 sathnikidan juda ortiq bo'lib qoladi, boshqacha aytganda E_2 sathga mos energiyali atomlar soni juda ortib ketadi, ya'ni E_2 sathning invers bandligi ruyobga chiqadi.

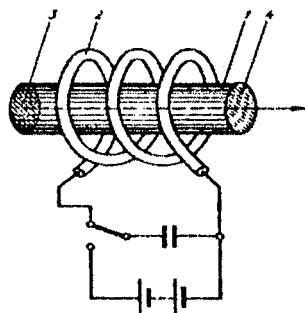
Birinchi lazer-yoqut lazerining tuzilishini qaraylik. Optik kvant generator-lazerning asosiy qismlari aktiv muhit va rezonatordan tashkil topgan.

Yoqut alyuminiy oksidi (Al_2O_3) va xrom atomlari (0,05 % gacha) aralashmasidan iborat och qizil kristall. Yoqutdagi xrom ionlarining sathlarigina yuqoridagi talablarga javob beradi. Yoqut kristalidan uchlari yassi parallel bo'lgan silindr 1 tayoqcha tayyorlanadi. Silindrning 3 va 4 uchlari parallel bo'lib, ularning bir uchi ko'zgusimon, ikkinchi uchi qisman shaffof qilib tayyorlanadi.

Yoqut tayoqchani spiral shaklidagi impulsli ksenon lampa 2 ichiga joylashtirilgan (90-rasm).

Lampaning o'zini esa yorug'likni qaytaruvchan g'ilof bilan o'ralgan (faqat yoqut tayoqcha uchlarinigina qoldirilgan). Sig'imi 10^4 mkF gacha bo'lgan kondensatorning razryadlanishlarida lampa ko'k-yashil yorug'lik chaqnashlarini vujudga keltiradi.

Ksenon lampa uyg'otuv-chi nurlanish manbai bo'lib xizmat qiladi. Lazer nurlanishini generatsiya qilishda xrom atomlari (aniqrog'i



90-rasm. Yoqut lazerning tuzilishi sxemasi:

1-yoqut silindr, 2-ksenon lampa, 3 va 4-yoqut silindr uchlari.

xrom ionlari) ishtirok qiladi.

Impulsli lampaning yashil yorug'ligi yoqut tarkibidagi xrom ionlarini 1 energetik sathdan (89-rasm) 3 energetik sathga o'tkazadi

Ionning spontan ravishda 3 sathdan 1 sathga o'tish ehtimoli, 3 dan 2 ga o'tish ehtimolidan oz, ionning 2 sathdagi yashash vaqti 3 sathdagiga qaraganda o'n ming martacha katta. Shuning uchun lampaning chaqnashi natijasida 2 sathning 1 sathga nisbatan ko'proq bandligini vujudga keltiradi, ya'ni $N_2 > N_1$ amalga oshib kvant generatorning ishlashi uchun sharoit yaratiladi.

So'ngra xrom ionlari 2 sathdan 1 sathga spontan o'tishlarida turli yo'nalishlarda qizil rangli (to'lqin uzunligi ($\lambda=694,2$ nm) fotonlar chiqaradi. Ulardan kristall o'qiga burchak ostida harakatlanganlari kristalldan chiqib ketadi va lazerning ishlashida hech qanday rol o'ynamaydi.

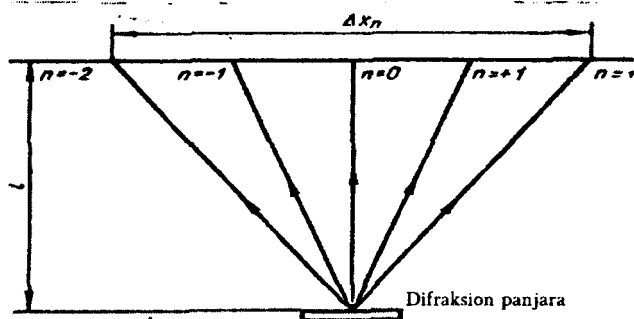
Biroq kristall o'qi bo'ylab yo'nalgan fotonlar, uning uchlaridan ko'p marta qaytishlarida barcha uyg'ongan xrom ionlarini juda qisqa vaqt ichida 2 sathdan 1 sathga o'tkazishida induksiyalangan qizil yorug'lik chiqadi. O'q bo'ylab kuchayayotgan fotonlar oqimi etarlicha quvvatga ega bo'lganida ular kristallning yarim shaffof uchidan tashqariga o'ta kogerent qizil yorug'likning ingichka monoxromatik nuri tarzida chiqadi. Induksiyalangan nurlanishda to'p-langani energiyaning hammasi g'oyat qisqa vaqt davomida ajralgani uchun juda kuchli bo'ladi.

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi. Mazkur laboratoriya ishidan maqsad gaz lazerining to'lqin uzunligini difraksion panjara yordamida aniqlashdir. Gaz lazerining asosiy qismi atmosfera bosimidan ko'p marta past bosimda geliy va neon aralashmasi bilan to'ldirilgan shisha yoki kvarts naydan iborat bo'ladi.

Nayning uchlarida ko'zgu va qisman shaffof ko'zgu o'rnatilgan. Gaz lazerida atomlarni uyg'otish elektr turtgich yordamida amalga oshiriladi. Gaz razryadda uyg'ongan geliy atomlari to'qnashuvlarda neon atomlarini metastabil holatga o'tkazadi. Yorug'lik chiqarishga tayyor turgan uyg'ongan neon atomlari soni uyg'onmagan neon atomlari sonidan ortiq sharoit yaratiladi. Uyg'ongan neon atomlarining spontan nurlanishidagi birinchi fotonlarning o'ziyoq keyingi majburiy nurlanishni boshlab beradi. Nay o'qiga parallel bo'lmagan fotonlar tezda nay devorlarida yutiladi va chiqib ketadi.

Nay o'qi bo'ylab harakatlanuvchi fotonlar oqimi ko'zgulardan ko'p marta qaytib borgan sari kuchayib to'lqin uzunligi $\lambda=631,8 \text{ nm}$ bo'lgan yorug'lik oqimi tarzida naydan chiqadi. Agar turtgich quvvati etarli bo'lsa, lazer uzluksiz ishlaydi.

Biz 28-laboratoriya ishida tabiiy yorug'lik to'lqini uzunligini difraksion panjara yordamida aniqlashni qaraganmiz. Mazkur ishning 28-ishdan farqi yorug'lik manbai sifatida lazer yorug'ligidan foydalanishligidadir. Haqiqatan ham lazer nuri yo'liga difraksion panjarani tik shaklda qo'ysak, quyidagi 91-rasmdagiga o'xshash difraksion manzarani kuzatamiz.



91-rasm. Lazer nurlanishning difraksion manzarasi.

Lazer nurlanishining to'lqin uzunligi λ quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin \varphi_n}{n} \quad (222)$$

bu yerda: d -difraksion panjara davri; n -spektr tartibi;
 φ_n -bu n -tartibli spektrning difraksiya burchagi.

Kichik burchaklarda $\sin \varphi_n = \operatorname{tg} \varphi_n = \frac{\Delta x_n}{2l}$ bo'lganidan (222) formulani quyidagicha o'zgartiramiz:

$$\lambda = \frac{d \cdot \Delta x_n}{2n \cdot \ell} \quad (223)$$

bu yerda: Δx_n bir xil tartibli spektrlar orasidagi masofa, ℓ -difraksion panjaradan ekrangacha masofa.

Ishni bajarish tartibi. 1. Difraksion panjara, ekran va diafragma optik taglikka o'rnatiladi. Bunda panjara va ekran tekisliklari taglikka perpendikulyar bo'lishi kerak.

2. Lazerni o'qituvchi (yoki navbatchi xodim) elektr tarmog'iga ulaydi. Difraksion panjarani optik taglik bo'ylab 3-tartibli spektrlar aniq hosil bo'lguncha suriladi.

3. Difraksion panjara bilan ekran orasidagi masofa ℓ o'lchanadi.

4. Difraksion manzaradan masofa Δx_n o'lchanadi.

5. O'lchashlar natijasini (223) formulaga qo'yib, lazer nurlanishi to'lqin uzunligi λ hisoblanadi.

Tajriba kamida 3 marta turli tartibli spektrlar uchun takrorlanadi. Tajribalardan olingan ma'lumotlar asosida $\langle \lambda \rangle$, $\langle \Delta \lambda \rangle$ va E_λ lar hisoblanadi.

O'lchash va hisoblash natijalari 46-jadvalga yoziladi.

46-jadval.

Gaz lazerni nurlanishining to'lqin uzunligini difraksion panjara yordamida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	n	d	Δx_n	ℓ	λ	$\Delta \lambda$	E_λ
O'rtacha qiymat							

6. Endi difraksion panjara optik taglikdan olinadi va uning o'rniga ingichka tirqishi bor shaffofmas ekran joylashtiriladi. Bu ekrandagi tirqishga piyoz hujayrasi tolasi osiladi va hosil bo'lgan difraksion manzara kuzatiladi, Bu gal (223) formuladagi d ni to'siq-piyoz hujayrasi tolasining diametri d_n deb olinadi va λ ning topilgan qiymatidan foydalanib, d_n ni (223) formula bo'yicha hisoblanadi,

O'lchashlar va hisoblashlar natijasini $\langle \lambda \rangle$, $\langle \Delta \lambda \rangle$, E_λ larni aniqlanish va 46-jadvalni to'ldiriladi.

Eslatma: lazer nurlanishining ko'zga tushishi o'ta xavfli hisoblanadi. Shuning uchun lazer bilan ishlaganda ekrandan qaytgan nurlarnigina kuzatish kerak. Kuchli lazerlarda nurlanishning ko'z qorachig'iga

tushishi bilan kishi ko'rish qobiliyatini yo'qotadi. Buni hech qachon esdan chiqarmaslik lozim.

Lazer nurlanishining qishloq xo'jaligida qo'llanishi va uning ahamiyati haqida to'laroq bilim olish uchun X.T.Umarov va L.A.Rusaklarning "Lazer nuri va hosildorlik" kitobini o'qishni tavsiya qilamiz (Toshkent, "Mehnat" nashriyoti, 1989 yil).

Sinov savollari

1. Atomlarning uyg'ongan va uyg'onmagan holatlari qanday tushuntiriladi?
2. Sathlarning invers bandligi qanday izohlanadi?
3. Yoqut lazerining tuzilishi va ishlash prinsipini izohlang.
4. Gaz lazerining ishlash prinsipi qanday?
5. Lazer nurlanishining asosiy xossalarini bayon eting.

32-ish. MODDALARNING RADIOAKTIVLIGINI RADIOMETR YORDAMIDA ANIQLASH.

Kerakli asbob va materiallar: 1. Stasionar (laboratoriya) radiometrlari: B-2, B-3, PP-16, PP-8 (volna) DP-100, RPS-2-0ZA, RPS-2-0ZT, KPK-1-01A, PKB 4-1 eM; 2. Ko'chma (portativ) radiometrlar: beta-gamma-intensimetr, «Luch-A» universal radiometri, universal RUP-1, DP-5A radiometri, SRP 68-01, DGZ-02, DGZ-03 va boshqalar.

Biz faqatgina B-2 radiometrlarning tuzilishi va ishlash prinsipini o'rganamiz.

Nazariy ma'lumotlar. Fransuz fizigi A.Bekkerel tomonidan 1896 yili uran tuzining chiqargan nurlari havoni ionlashtirishi, fotoplastinkaga ta'sir etishi aniqlangandan keyin uran elementining hamma birikmalari nur chiqarish qobiliyatiga ega ekanligi ma'lum bo'ldi. E.Rezerford, P.Kyuri, M.Kyuri kabi olimlarning tekshirish natijalari moddalarning radioaktiv nurlanishi juda murakkab jarayon ekanligini ko'rsatdi.

Uran elementi birikmalarining nur chiqarish intensivligiga tashqi omillar: harorat, bosim va hokazolar hech qanday ta'sir etmasligi aniqlandi.

Nur chiqarishda radioaktiv elementlarning ba'zi izotoplari elementar zarralar chiqarib boshqa izotoplarga aylanadi. Radioaktivlik bu kimyoviy elementlar atomlarining o'z-o'zidan nur chiqarishda emirilib turishidir. Bir kimyoviy element barqaror izotopining elementar zarralar yoki yadrolar chiqarib boshqa element izotopiga aylanishiga *radioaktivlik* deyiladi.

Radioaktivlik tabiiy va sun'iy radioaktivlikka bo'linadi. Tabiiy radioaktiv moddalar tabiatda barqaror izotoplar ko'rinishida bo'ladi. Sun'iy radioaktiv izotoplar esa yadro reaksiyalari natijasida olinadi.

Radioaktiv emirilishda dt vaqt ichida emiriladigan atomlar sonini dN deb olsak, u holda dt vaqt ichida emiriladigan yadrolar soni boshlang'ich mavjud yadrolar soni N ga mutanosib bo'ladi:

$$dN = -\lambda N dt \quad (224)$$

bu yerda: λ -berilgan elementning emirilish doimiysi.

(225) tenglikdagi minus ishorasi vaqt o'tishi bilan radioaktiv element atomlari sonining kamayishini ko'rsatadi. (225) tenglikni integrallab atom yadrolarining o'z-o'zidan emirilishi-radioaktiv emirilish qonunini olamiz:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (226)$$

bu yerda: N_0 -boshlang'ich $t=0$ paytdagi radioaktiv moddada yadrolar soni; N -bu t vaqt o'tgandan keyingi emirilmay qolgan yadrolar soni.

Radioaktiv element emirilish doimiysi λ ga teskari mutanosib bo'lgan kattalik τ *radioaktiv moddaning o'rtacha yashash vaqti* deyiladi:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad (227)$$

Yarim yemirilish davri T deb boshlang'ich element atomlari miqdorining ikki marta kamayishi uchun ketgan vaqtga aytiladi. (226)

tenglikdan $e^{-\lambda T} = \frac{1}{2}$ bundan $T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} = 0,693\tau$ (227) tenglikdagi

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \text{ bo'lganligidan } T = \tau \cdot \ln 2 \text{ bundan } \tau = \frac{T}{\ln 2} = 1,44T$$

Demak, o'rtacha yashash vaqti yarim yemirilish davridan 1,44 marta katta ekan. Radioaktiv elementda vaqt birligi ichida emiriladigan yadrolar soni shu elementning *aktivligi* deyiladi. Agar aktivlikni α harfi bilan belgilasak, ushuni yozamiz:

$$\alpha = \left| \frac{dN}{dt} \right| \text{ bundan } \alpha = \lambda N = \frac{N \cdot \ln 2}{T} \text{ ga teng.}$$

Demak, radioaktiv moddaning aktivligi, uning miqdoriga to'g'ri va yarim yemirilish davriga teskari mutanosib ekan. SI sistemasida aktivlikning birligi sifatida 1 sekundda bitta yadroning aylanishi (bo'linishi) qabul qilingan. Bu birlik Bekkerel (Bk) deb ataladi. Aktivlikning sistemaga kirmagan birligi 1 Kyuri (Ki) bo'lib, u 1 g radiyning aktivligiga teng, ya'ni Kyuri-bu 1 sekundda $3,7 \cdot 10^{10}$ ta yemirilish sodir bo'ladigan moddaning aktivligidir.

Aktivlikning millikyuri ($1 \text{ mKi} = 10^{-3} \text{ kyuri} = 3,7 \cdot 10^7 \text{ Bk}$), mikrokyuri ($1 \text{ mkKi} = 10^{-6} \text{ kyuri} = 3,7 \cdot 10^4 \text{ Bk}$) kabi birliklari ham mavjud.

Yadro fizikasining dozimetriya qismi moddalarga ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirini xarakterlaydigan bo'limi bo'lib, jismlarning ichki va tashqi olgan nurlanishini miqdoriy va sifat tomonlarini aniqlaydi. Odatda nurlanish dozasi bu nurlangan modda birlik massasining nurlanish vaqtida yutgan energiyasi miqdoriga teng. Agar moddadan rentgen nurlari, γ va α nurlar o'tsa, bu nurlar moddaning atomlari va molekulalarini ionlashtiradi.

SI birliklar sistemasi bo'yicha nurlanishning yutilgan dozasi Grey (Gr) birlikda o'lchanadi. 1 Gr bu 1 kg moddada 1J ionlashtiruvchi nurlanish energiyasi yutilganiga teng, ya'ni $1 \text{ Gr} = 1 \text{ J/kg}$. Nurlanishning yutilgan dozasi sistemaga kirmagan birligi 1 rad = 0,01 Gr ga teng, u

vaqtda $1 \text{ Gr} = 1 \text{ J} = 100 \text{ rad}$ ga teng bo'ladi. Nurlanishning yutilgan dozasini amaliyotda aniqlash ancha qiyin, shuning uchun odatda nurlanishning ekspozision dozasi tushunchasidan foydalaniladi. Bunda yutilgan dozani nurlanishning havoni ionlashtirish ta'siriga qarab belgilanadi.

Rentgen va gamma nurlanishlarning *ekspozision dozasi* deb, quruq havoda shu nurlanishlar ta'sirida hosil bo'lgan bir xil ishorali ionlar elektr zaryadlarining, shu nurlanishni yutgan quruq havo massasiga nisbatini aytiladi va uni Kl/kg birlikda o'lchanadi.

Rentgen va gamma nurlanishning havoda ekspozision dozasi birligi qilib Kl/kg qabul qilingan. Rentgen ham ekspozision doza birligi hisoblanadi:

$$1 \text{ R} = 1 \text{ SGSE} = nq$$

bu yerda: n -ionlar soni; q -ion zaryadi ($q = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ SGSE}$). Bitta elektrostatik zaryad birligini hosil qilish uchun

$$n = \frac{1}{4,8 \cdot 10^{-10}} = 2,08 \cdot 10^9 \text{ juft ionlar/sm}^3 \text{ kerak.}$$

Ma'lumki, o'rtacha bir akt ionlashtirishga 34 eV ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ erg}$) energiya kerak, u holda 1 R ekspozision dozaga quyidagilar mos keladi:

$$D_{\text{eksp}} = 2,08 \cdot 10^9 \cdot 34 \cdot 10^{-6} = 7,06 \cdot 10^4 \text{ MeV/sm}^3$$

$$D_{\text{eksp}} = 7,06 \cdot 10^4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-12} \cdot 10^6 = 0,114 \text{ erg/sm}^3$$

Agar bu hisoblar 1 g havo uchun bajarilsa, 1 R ekspozision doza quyidagiga teng bo'ladi.

$$1 \text{ R} = 7,06 \cdot 10^4 \text{ MeV/sm}^3 = 5,47 \cdot 10^7 \text{ MeV/g} = 0,114 \text{ erg/sm}^3 = 87,7 \text{ erg/g.}$$

$0,114 \text{ erg/sm}^3$ va $87,7 \text{ erg/g}$ kattaliklar rentgenning energetik ekvivalentlari sifatida qabul qilingan. Ekspozision doza quvvati SI sistemasida $\text{Kl/kg} \cdot \text{s}$ va sistemadan tashqi R/soat (rentgen/soat) $= 7,17 \cdot 10^{-8} \text{ Kl/kg} \cdot \text{s}$ birlikda o'lchanadi. Yutilgan doza quvvati SI sistemasida Gr/s (grey/sekund) birlikda o'lchanadi.

*Dozimetrik asbobl*ar yoki *dozimetrlar* deb ionlashtiruvchi nurlanish dozasini o'lchashda ishlatiladigan asboblarga aytiladi. Dozimetrlar turlari va vazifasiga qarab: shaxsiy, tibbiy, radiobiologik, radiasion, texnik, reaktor ichki qismi uchun tayyorlangan dozimetrlarga bo'linadi. Dozimetrning konstruksiyasi va qaysi turdagi nurlanishni qayd etishi ham ahamiyatga ega. Dozimetrlar asosan stasionar, ko'chma va shaxsiy-cho'ntakda olib yuradigan ko'rinishda bo'ladi. Dozimetrlar ionlashtiruvchi nurlanish bilan moddaning o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladigan fizikaviy va kimyoviy jarayonlarni aniqlashga asoslangandir. SHaxsiy dozimetrlar bilan ish mobaynida, bir kecha-kunduzda yoki haftada olingan nurlanish miqdori uzluksiz o'lchab boriladi. Ular fotodozimetrlar, lyuminescent va kondensatorli turlarga bo'linadi.

Bevosita ko'rsatuvchi (DK-0,2, DP-22V, DP-24) va bilvosita ko'rsatuvchi (ID-1, ID-11) shaxsiy dozimetrlar asosan kameradagi elektrodda to'plangan potentsialni o'lchashga mo'ljallangan.

DK-0,2 shaxsiy dozimetri rentgen va gamma nurlanishni 10-200 mR diapozonda o'lchaydi, uning energiyasi 150 keV-2MeV ga teng, xatoligi 10% dan oshmaydi. DP-22V va DP-24 cho'ntak dozimetrlari gamma nurlanishni o'lchaydi, o'lchash diapazoni 2-50R, quvvati 0,5-200 R/soat, tashqi ko'rinishi avtoruchkani eslatadi.

Bilvosita ko'rsatuvchi dozimetrlar (ID-2) diapazoni 0.005-1R, energiyasi 0,15-2,0 MeV bo'lgan rentgen va gamma nurlanishni o'lchaydi. DRGZ-02 va DRGZ-03 dozimetrlari bilan asosan laboratoriya va ishlab chiqarish sharoitlarida rentgen hamda gamma nurlanish miqdori, quvvati, neytronlar oqimi zichligi, tez neytronlar shuningdek, radioaktiv ifloslanish o'lchanadi. Ikkala dozimetr bir-biridan kam farq qiladi. Ikkalasida ham detektor va o'lchash bloki asosiy qism bo'lib, doimiy tok kuchaytirgichdan, iste'mol tokidan hamda o'lchash asbobidan tashkil topgan. Ish sharoitida dozimetrlarni etalon nurlanish manbalari bilan doimo tekshirib turish kerak.

Agar laboratoriyada Gammatron -1 S-68 asbobi mavjud bo'lsa, uning yordamida dozimetrik va radiometrik qurilmalarni tekshirib turish ma'qul bo'ladi. Radiasiyani biologik jarayonlarda, ilmiy tajriba uchun mavjud bo'lgan kichik gamma maydonlarda, biologik texnologiyada, pasterizasiya, sterilizasiya jarayonlarida o'lchash uchun dozimetrlarni stasionar o'rnatish maqsadga muvofiqdir. Agar ma'lum bir joyda radioaktiv ifloslanish sodir bo'lsa, u holda ko'chma (dala) dozimetrlardan foydalaniladi.

Atom va yadro energiyasini xalq xo'jaligining turli sohalarida qo'llash, bu turdagi energiya atrof muhitga va tirik organizmga tasirini mufassal bilishni taqozo qilmoqda. Shuning uchun ham atmosfera, suv, tuproq, odamlar, hayvonlar, qishloq xo'jalik o'simlik va mahsulotlarining radioaktivligini tekshirib turish hozirgi kunning dolzarb masalalaridan biri bo'lib qoldi. Chunki atom yadrosi katta energiya manbai bo'lishi bilan birga ayniqsa, tirik organizmga zararli ta'siri o'ta og'ir «nur kasalligi» degan dardga olib keladi. Talabalar fizika kursidan ma'ruzalar tinglash mobaynida radioaktiv nurlanish va uni qishloq xo'jaligida qo'llanilishi haqida ma'lumotga ega bo'lishi bilan birga, nishonli atomlarning qishloq xo'jalik o'simliklaridagi yutilganmiqdorini amaliy mashg'ulotlarda radioaktiv preparatlarning nur chiqarish intensivligiga qarab o'rganadilar.

Qurilmaning tavsifi. Nurlanishning muhit bilan o'zaro ta'siridagi birlamchi effektini qayd etadigan qurilma *detektor* deb ataladi. Detektorda hosil bo'lgan effektini elektr tokiga aylantiradigan qurilmani qayd etuvchi elektr o'lchov qurilmasi deb yuritamiz. Detektor va qayd

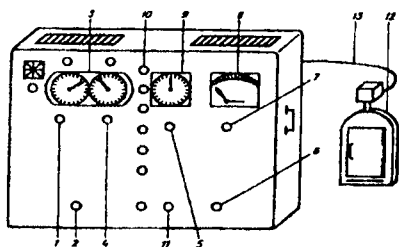
etuvchi elektr o'lchov qurilmasining birgalikdagi nomi radiometrdir. Hozirgi paytda radiometrlarning juda ko'p turlari mavjud. Ular orasidan radiasion dozimetrlar ko'proq qo'llaniladi. Radiasion dozimetrlar modda yutgan ionlovchi radiasiyaning miqdori yoki quvvatini o'lchashga mo'ljallangan. Radiasion nurlanish oqimi zichligi va quvvati o'zaro to'g'ri mutanosib ravishda bog'langan. Shuning uchun ham nurlanish dozasi yoki quvvatiga qarab darajalangan qurilmalarni biz radiasion dozimetrlar deyimiz.

Amaliy mashg'ulotlarning ko'pchiligida radioaktiv zarralarni va gamma kvantlarni o'lchash uchun ishlatiladigan B-2 barqaror (stasionar) hisoblash qurilmasi bilan tanishib o'taylik. (92-rasm)

B-2 qurilmasi har xil turdagi gaz razryadli schyotchiklar yordamida beta-zarralarni va gamma kvantlarni o'lchaydi. Agarda B-2 qurilmasiga chaqnash qurilmasi (P-349-2) qo'yilsa α zarrarlarni ham o'lchash mumkin. B-2 radiometri asosan gaz razryadli schyotchiklar blokidan (GSB) va yuqori kuchlanishli energiya bilan ta'minlaydigan stabilizatoridan tuzilgan. SHuni ham ta'kidlash kerakki, kuchlanish berilgan paytda qurilmaga va hisoblagich (schyotchik) ipiga teginish hayot uchun xavflidir. YAdro zarralari yoki gamma-kvantlar schyotchikka kelib tushishi bilan gaz razryadli schyotchik blokida hosil bo'lgan impuls kuchaytiriladi va hisoblash sxemasiga uzatiladi.

Hisoblash sxemasi asosan schyotchikdan kelayotgan impulsni kuchaytirish va boshqarish bilan birga radioaktivlikni qayd etish uchun elektromexanik schyotchikka beriladi (EMS). Birlamchi impulsni birdaniga qayd etish uchun ko'paytmalar:

$K \times 1, \times 4, \times 16$ va $\times 64$ qo'yilgan. Bunda kerak bo'lgan impulsni qayd etish uchun ulagichdan foydalanilali.



B-2 qurilmasining o'rta qismida 6 ta neonli (lampa) impulsni qayd etilayotganligini ko'rsatib turadi. Shu lampalar bilan impuls soni aniqlab boriladi. Bunda birinchi lampa

92-rasm. B-2 radiometr-ning umumiy ko'rinishi:

1-manbani ulash tumbleri, 2-signal lampa, 3-elektromexanik hisoblagich, 4-hisoblagichni ishlatib yuboradigan tumbler, 5-hisoblash karrali kaliti, 6-yuqori kuchlanish tugmacha (knopka)si. 7-yuqori kuchlanishni bir meyarda boshqaruvchi, 8-yuqori kuchlanish voltmetri, 9-sekundomer, 10-chiroq, 11-ko'rsatishlarni tashlash tugmacha (knopka) si, 12-Geyger-Myueller hisoblagichi, 13-ulovchi simlar (kabel).

bir qo'shimcha impulsiga, ikkinchi lampa-2, uchinchi-4, to'rtinchi-8, beshinchi-16 va oltinchi lampa-32 ta qo'shimcha impulsiga to'g'ri keladi.

Agar impulsni hisoblash tugagan paytda birinchi, ikkinchi, to'rtinchi lampalar yonib turgan bo'lsa EMS ko'rsatmasiga $1+2+8=11$ impulsni qo'shish kerak.

Qurilmaning oldingi tomonida «Sbros» tugmachasini bosish bilan hisoblash sxemasi oldingi holiga keladi. Ulagich yordamida tekshirib, bosqichlarini ishga tushirib hisoblash sxemasining to'g'ri ishlayotganini aniqlash mumkin. Bunda impulslar soni normal holda ishlaganda 3000 imp/min teng bo'lishi va xatolik 2% dan oshmasligi kerak. Bu qurilmani old tomonidagi yuziga doiraviy ko'rinishdagi ikkita siferblat joylashtirilgan bo'lib har qaysisi 100 ga bo'lingan. Har bir impulsda o'ng tomondagi (x1) siferblat strekasi sakrab 1 bo'limga ko'payadi.

Chap tomondagi siferblat strekasi tekis uzluksiz harakat qilib faqat EMS schyotchigida 100 impuls bo'lganda bir bo'limga siljiydi. To'liq impulslar soni hisoblash sxemasiga ishlab turgan vaqtiga qarab quyidaga formula bilan aniqlanadi.

$$n = (a \cdot 100 + v) \cdot k + s$$

bu yerda: n-to'liq impulslar soni; a-chap tomonidagi siferblat ko'rsatishi; v-o'ng tomondagi siferblat ko'rsatishi; k-hisoblash karraligi; s-yanib turgan neon lampalardagi impulslar soni.

Yuqori kuchlanishli kuchaytirgich asosan stabillashtirilgan (doimiylashtirilgan) manba (BSP) blokida joylashgan bo'lib, schyotchikka berilayotgan kuchlanishni kontrol qilib turish uchun B-2 qurilmasining oldingi qismiga voltmeter o'rnatilgan. Voltmeter shkalasi 0-200V da 100 ta bo'limga taqsimlangan. Panelda joylashgan potensiometer yordamida kuchlanishni boshqarish richagi bilan kerakli kuchlanish olinadi. B-2 qurilmani orqa tomonida «+» va «-» uyalar bor bo'lib, gaz razryadli schyotchiklar bilan ishlaganda "+" uyasi ulanadi, «-» uyasi esa yopilib erga ulanadi. «Manba» degan bosqich «uzish» holatiga qo'yiladi. Bu holatda «ulash» signal lampa yonadi, richagni bosish bilan hisoblash sxemasi ishlaydi va «uzish» richagiga bosib qo'yilsa to'xtaydi. B-2 radiometri asosan 110, 127, 220 kuchlanishlarda ishlaydi.

1-mashq. Radiometrni ishga tayyorlash

1. 5-10 minut davomida xona havosi shamollatib tozalanadi.
2. Hisoblash asbobini GSB-2 bloki va yuqori kuchlanishli to'g'rilagichga ulanadi.
3. Torsli schyotchik qo'rg'oshinli uychaga joylashtiriladi.
4. B-2 qurilma elektr tarmog'iga ulanadi, bu holda sinov lampasi yonadi va qurilmaning qizishi uchun 10-15 minut kutiladi.

5. Ulagich «tekshirish» holatiga qo'yiladi va ulagich richagini ishga tushirib neon lampalar impulsi qayd etila boshlaydi.

6. Hisoblash sxemasining raqamlari va neon lampalarni o'chirish uchun («Sbros») tugmachasidan foydalaniladi.

7. Elektromexanik schyotchiklarning ko'rsatkich siferbn-latini 0 raqamligini ko'rish kerak va «ulash» yoki «qo'shish» holatiga qo'yib sekundomer ham ishlatiladi. 60 sekunddan keyin «qo'shish» («pusk») tumblerini va sekundomerni to'xtatish kerak.

8. EMS dagi raqamlar 47jadvalga yozib olinadi, hisoblash koeffisienti bo'yicha va tajribani 2, 3, 4, 5, va 6 minut vaqt uchun o'lchash natijalari yozib boriladi.

47-jadval

Radiometr yordamida o'lchash natijalari

O'lchashlar	Harqaysi o'lchash-lar, min.	Hisoblash koeffisienti	EMS ko'rsatishi	Neonli lam-poch-kalar yongandagi raqamlar soni	Hisoblash vaqtida qayd etilgan impuls	Hisoblash tezligi (imp/min)	50 Gs chastotali tezlikda chetga chiqish, %
N ₀	Z	K	K(a 100Qv)	C	n	$N \frac{n}{Z}$	$\frac{3000-N}{3000} \times 100$

9. Yuqoridagi tartib bo'yicha har xil mavjud radioaktiv moddalarning aktivligini hisoblang. Har xil tog' jinslarida, yong'oqning qobig'ida, mag'zida, bargida, paxta chigiti qobig'ida o'lchangan va natijalarini jadvalga yozib boring.

10. Olingan natijalarning o'rtacha kvadratik xatoligini hisoblab, Styudent jadvali bo'yicha ishonchlilik (ehtimollik) darajasi aniqlansin.

2-mashq. DRGZ-02 va DRGZ-03 dozimetrlari bilan rentgen va gamma nurlanishni ekspozision miqdori (dozasi) quvvatini aniqlash

Kerakli asbob va materiallar: 1. Rentgen apparati yoki gamma nurlanish manbai; 2. Dozimetr (DRGZ-02 yoki DRGZ-03); 3. Radioaktivligi yuqori bo'lgan o'simliklar va urug'laridan namunalar.

Ishni bajarish tartibi. 1. DRGZ-02 dozimetri uchun 0 dan to 100 mkR/s, DRGZ-03 uchun esa 0 dan to 1000 mkR/s, orasida ekspozision nurlanish quvvatiga ega bo'lgan ob'ekt (uran konlaridan olingan ma'danlar, ayrim o'simliklar ildizlaridan, urug'laridan namunalar) tayyorlash kerak.

2. V₁ pereklyuchatelni («pusk nulya») nol holatiga keltiramiz, V₂ «nakal» holatiga, dozimetr strelkasi esa ajratilgan sektorga kelishi kerak.

Keyingi V_2 pereklyuchatelni «Anod» holatida saqlash kerak, bu holda strelka pastki shkalasi bo'yicha 7,5-9V ko'rsatadi.

3. Dozimetr 3 minut qizigandan keyin V_1 pereklyuchatelni «x10» holatiga qo'yish kerak va yorug'lik tuynigini potensiometr yordamida strelkani nol holatiga keltirib tuynikni yana ochish kerak.

4. Detektor konteyner uyasiga kontrol manba bilan o'rnatiladi. Bu holda dozimetr strelkasi pasportdagi qiymatining 9,5, 10% ini ko'rsatishi kerak.

5. Har xil maqsadlarda tekshirilayotgan manbani, radioaktiv ifloslangan qishloq xo'jalik mahsulotlarini o'lchab ushbu 48-jadvalga yozish kerak.

48-jadval.

Dozimetr yordamida o'lchash natijalari

O'lchana yotgan ob'ekt	Takroriy o'lchashlar soni	Schyotchik bilan ob'ekt orasidagi masofa	Dozimetr ko'rsatishi (mkR/s)	Natijaviy doza

Sinov savollari

1. DRGZ—02 va DRGZ-03 dozimetrlarining ishlash prinsipini tushuntiring.
2. Ionlovchi nurlanish ekspozision quvvati deb nimaga aytiladi?
3. Ekspozision nurlanish dozasi o'lchov birligi mkr/s ni SI sistemasiga qanday o'tkaziladi?

3-mashq. Gamma radioaktiv preparatni va beta radioaktiv ifloslangan biologik ob'ektlarning aktivligin o'lchash

Kerakli asbob va materiallar: 1. DP-5A yoki DP-5B rentgenmetr komplekti; 2. DP-5V gamma yoki beta nurlannsh manbalari; 3. Gamma yoki beta radioaktivlik bilan ifloslangan qattiq, suyuq biologik ob'ektlar.

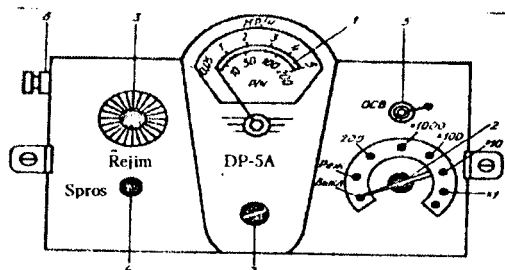
Bu mashqni bajarishda yuqorida keltirilgan asosiy nazariy tushunchalardan foydalaniladi.

Ishni bajarish tartibi. 1. Strelkani asbobning nol bo'limida (93-rasm) saqlab «Rejim» dastasini soat strelkasiga teskari yo'nalishda oxirigacha buraladi.

2. Asbobni tokka ulanadi, pereklyuchatel esa «Rejim» holatiga qo'yiladi. «Rejim» ulagichni bir tekis harakatlantirib strelka ni shkaladagi belgigacha keltiriladi.

3. Radioaktiv manba (radioaktiv modda asbob g'ilofida mavjud) yordamida asbobni ishlashini 200 (qurilma shkalasi bo'limlarining oxirgi qiymati) dan boshqa diapazonlarda tekshirib ko'ring. Radioaktiv moddani schyotchik oynasi yoniga yaqinlashtirish bilan telefonda

impulsi chiqargan tovush eshitaladi hamda strelkani x10 va x1 diapazonlarda sakrashlarini kuzatib boring.



93-rasm. DP-5A radiometr-rentgenmetrning old tomondan ko'rinishi.

1-elekt o'lchagich asbob, 2-kichik diapozonlar ulagichi, 3-rejimnn boshqarish potensiometri, 4-ko'rsatishlarni tashlash tugmachasi, 5-shkalani yoritish tumbleri, 6-telefonlarni ulash uyasi, 7-nolga keltirish vinti (saqlagich).

4. Beta nurlanishni aniqlash uchun zondagi ekran «B» holatiga keltiriladi va tekshirilayotgan ob'ektga zond 1-2 sm yaqinlashtiriladi. O'lchash katta diapazondan kichigiga qarab keltiriladi, aks holda dozimetr strelkasini ishdan chiqarish mumkin. Olingan natija bo'yicha jadval tuziladi. Eslatib o'tish joizki, bunda umumiy beta nurlanish yig'indisini o'lchadingiz.

5. Gamma nurlanishni o'lchash uchun dozimetrdagi zond ekran «G» holatiga qo'yiladi. Bu o'lchashlar yuqori diapazondan (x1000, x100, x10, x1, x0,1) pastki diapazonga qarab boriladi. Bu holda asbob gamma nurlanish quvvatini qayd etadi. Olingan natijalar jadvalga yoziladi.

6. DP-5B va DP-5V dozimetrlar bilan yuqoridagidek o'lchash ishlarini olib boring.

Sinov savollari

1. Barqaror holatda va dala sharoitida o'lchaydigan dozimetrlar qo'llanish sohaslarini tushuntiring.
2. Beta nurlanish qanday zaryadli zarralar oqimidan iborat?
3. Gamma nurlanishni tushuntirib bering.
4. Rentgen nurlanishi deb nimaga aytiladi?
5. Aktivlikning SI sistemasidagi va sistemaga kirmagan birliklarini izohlang?

4-mashq. SRP-68-01 radiometrida radioaktiv ifloslanishni o'lchash

Kerakli asbob va materiallar: 1. SRP-68-01 radiometr komplekti; 2. Uran konlaridan yoki radioaktiv ifloslanish mavjud bo'lgan hududlardan

yig'ilgan ma'danlar, o'simlik ildizlari, urug'lari va barglaridan namunalar; 3. Radioaktiv ifloslangan suvli idish; 4. Radioaktiv ifloslangan suvda yashagan baliq suyagi.

Bu ishda ham asosan oldingi ishlardagi nazariy tushunchalarga suyaniladi. SRP-68-01 radiometri o'lchash diapazoni 0 dan 3000 mkR/s. Bunda diapazon (0,1x, x1, x10, x100, x1000) mavjuddir.

Ishni bajarish tartibi. 1. Radiometrni sinchiklab qarab chi-qing, mexanik nosozlik yo'qligiga ishonch hosil qiling va ayniqsa o'lchash boshqarmasining (pult) blok detektorlariga e'tibor bering. Boshqaradigan qismlar bilan tanishing.

2. Pereklyuchatelni «Bat» holatiga qo'ying. Bu holda o'lchov asbobining strelkasi 6,5 dan 15 V kuchlanish oralig'ida ko'rsatadi.

3. Pereklyuchatelni «5V» holatiga qo'ying, o'lchov asbobining strelkasi ko'rsatishini kuzating. So'ng rejimni «5» holatiga o'zgartiring, bu holda o'lchov asbobining strelkasi ekspozision gamma nurlanish quvvatini ko'rsatadi.

4. Radiometr SRP-68-01 da mavjud bo'lgan kontrol radioaktiv modda va asbobning ishlash prinsipi bilan tanishing.

5. Kontrol zonaga detektor blokini kiriting va to'liq shkalani kamida 30% egallaydigan qilib MkR/s kerakli diapazonni o'rnatish.

6. O'lchanayotgan ob'ektni har xil masofalarda (1 sm, 5 sm, 15 sm, 45 sm, 100 sm) MkR/s larda o'lchab, olingan natijalar jadvalga yozib boriladi.

7. Gamma-nurlanuvchi radionuklidlarni hajmiy va solishtirma aktivligini tuproqda yoki suvda aniqlashda o'lchagich uchi idish tagidan 2-3 sm yuqorida bo'lishi kerak.

8. Har xil biologik ob'ektlarda radioaktiv ifloslanish dara-jasini aniqlang. O'lchash natijalarini bir necha bor takrorlang.

Sinov savollari

1. Hajmiy va solishtirma radioaktivlikni tushuntirib bering.
2. Radionuklidlar deb nimaga aytiladi.?
3. Qaysi o'simlik don (urug')larida radioaktivlik nisbatan katta?
4. Radioaktiv nuklidlar o'simlik urug'larida, ildizlarida yoki bargida to'p-lanishining zararini tushuntirib bering.
5. Ekspozision doza va ekspozision doza quvvati orasidagi farqni so'zlab bering va o'lchov birliklarini yozing.
6. Yutilgan doza bilan to'qimada yutilgan doza quvvati orasidagi farqni ayting va ularning SI va sistemaga kirmagan birliklarini yozib ko'rsatiing.

Ilovalar:

1. Ba'zi qattiq va suyuq moddalarning zichliklari (kg/m^3)

Modda	Zichligi	Modda	Zichligi
Alyuminiy	2700	Suv (0^0 da)	1000
Temir	7874	Kerosin	790-820
Jez	8300-8700	Kastor moyi	960
Mis	8940	Kungaboqar moyi	926
Nikelin	8500	Simob (0^0 da)	13595
Qalay	7300	Gliserin	1260
Qo'rg'oshin	11340	Neft	730-940
Muz	880-920	Etil spirti (0^0 da)	806
Aseton	781	Baliq moyi	945

2. Turli haroratlarda suvning zichligi

T, K	kg/m^3	T, K	kg/m^3	T, K	kg/m^3
273	999,87	285	999,52	297	997,32
274	999,93	286	999,40	298	997,07
275	999,97	287	999,27	299	996,81
276	999,99	288	999,13	300	996,54
277	1000,00	289	998,97	301	996,26
278	999,99	290	998,80	302	995,97
279	999,97	291	998,62	303	995,67
280	999,93	292	998,43	304	995,37
281	999,88	293	998,23	305	995,05
282	999,81	294	998,02	306	994,72
283	999,73	295	997,80	307	994,40
284	999,63	296	997,57		

3. Ba'zi moddalarning elastiklik koeffitsientlari ($\text{E} \cdot 10^{10} \text{ N}/\text{m}^2$)

Modda	Yung moduli
Alyuminiy	7,1
Temir	(19 - 20)
Jez	9,7 - 10,2
Mis	10,5 - 13,0
Shisha	5,1 - 7,1
Po'lat	20 - 21

4. Ba'zi suyuqliklarning 18° S dagi ichki ishqalanish koeffisientlari

Suyuqlik turi	$\eta \cdot 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
Anilin	4,6
Aseton	0,347
Gliserin	13,93
Suv	1,05
Simob	1,59
Etil spirti	1,22

5. Metall va qotishmalarning solishtirma issiqlik sig'imi

Metall yoki qotishma	Harorat, °S	Solishtirma issiqlik sig'imi	
		J/(kg°S)	kal/(g°S)
Alyuminiy	0-200	920	0,22
Temir	0-100	460	0,11
Mis	0-500	380	0,09
Qo'rg'oshin	0-300	140	0,03
Po'lat	50-300	500	0,12
Rux	0-300	380	0,097
Cho'yan	0-200	540	0,13

6. O'tkazgichlarning solishtirma elektr qarshiliklari ($t=20^\circ \text{S}$)

O'tkazgich	$\rho \text{ mkOM}\cdot\text{m}$	O'tkazgich	$\rho, \text{ mkOM}\cdot\text{m}$
Alyuminiy	0,028	Platina	0,105
Temir	0,10	Simob	0,96
Jez	0,07-0,08	Qo'rg'oshin	0,21
Mis	0,017	Po'lat	0,10-0,14
Nikel	0,073	Rux	0,059
Qalay	0,12	Cho'yan	0,5

7. Ba'zi moddalarning sindirish ko'rsatkichlari (n)
($\lambda=589 \text{ nm}$ sariq nur uchun)

Modda	n	Modda	n
Suv	1,33	Shisha	1,5-1,8
Gliserin	1,47	Vodorod	1,000138
Olmos	2,42	Havo	1,000292
Muz (0 dan-4°C gacha)	1,31	Kislород	1,000272

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O.Ahmadjonov. «Fizika kursi». Optika, atom va yadro fizikasi T. «O'qituvchi» 1983 y.
2. S.A.Budarina, A.A.Isroilov. Fizikadan laboratoriya mashg'ulotlari. T. «O'qituvchi» 1984 y.
3. R.I.Grabovskiy. Fizika kursi. M.«Visshaya shkola» 1980
4. Q.F.Parpiev, U.A.Abduboev, U.Sh.Shukurov. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. T. «O'qituvchi» 1978 y.
5. J.Kamolov va boshqalar. Prof. P.K.Xabibullaev tahriri ostida. Fizikadan praktikum. Elektr va optika. T. «O'qituvchi» 1982
6. E.N.Nazirov, Z.A.Xudoyberganova, N.X.Safiullina. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. T. «O'qituvchi» 1979
7. M.X.O'lmasova, J.A.Toshxonova, I.Ismoilov, J.Kamolov. Fizikadan praktikum (Mexanika va molekulyar fizika). T. «O'qituvchi» 1996 y.
8. B.T.Agapov, G.V.Maksyutin, P.I.Ostroverxov. Laboratorno'y praktikum po fizike. M. «Visshaya shkola» 1982 y.
9. A.D.Belov va boshqalar. «Praktikum po veterinarnoy radiobiologii». M.: «Agropromizdat» 1988 y.
10. Yu.G.Jukovskiy, V.S.Sergeev, N.T.Antoneva. «Praktikum po yadernoy fizike». M. Visshaya shkola» 1975 y.

M U N D A R I J A

	Soʻz boshi	3
I	bob. FIZIK KATTALIKLARNI OʻLCHASH	5
	Bevosita va bilvosita oʻlchashlar	5
	Xatolik turlari	7
	Bevosita oʻlchashlarning tasodifiy xatoliklarini aniqlash	11
	Bilvosita oʻlchashlarning tasodifiy xatoliklarini aniqlash	14
	Fizik kattaliklarni oʻlchash natijalariga ehtimollar nazariyasi va matematik statistika yordamida ishlov berish	20
	Oʻlchash natijalarini grafik ravishda tasvirlash	29
	Taqribiy hisoblashlar qoidolari	31
II	bob. ODDIY OʻLCHOV ASBOBLARI VA ULARDAN FOYDALANISH	37
	Shtangensirkul	37
	Mikrometr	40
	Sekundomer	42
III	bob. MEXANIKA	44
	1-ish. Analitik tarozida tortish	44
	2-ish. Dempferli analitik tarozida tortish	54
	3-ish. Daraxtlarning turini zichligiga qarab aniqlash	58
	4-ish. Urugʻlarning zichligini piknometr yordamida aniqlash	62
	5-ish. Suyuqlikning zichligini piknometr yordamida aniqlash	65
	6-ish. Kartoshkaning zichligini gidrostatik torish usulida aniqlash va kraxmalini belgilash.....	67
	7-ish. Elastiklik modulini qattiq jismning egilish deformasiyasidan aniqlash	70
	8-ish. Aylanuvchi qattiq jismning inersiya momentini aniqlash.....	75
	9-ish. Erkin tushish tezlanishini matematik mayatnik yordamida aniqlash	81
	10-ish. Erkin tushish tezlanishini agʻdarma mayatnik yordamida aniqlash.....	84
IV	bob. MOLEKULYAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA ..	89
	11-ish. Suyuqlikning ichki ishqalanish koefitsientini sharchaning tushish usuli bilan aniqlash	89
	12-ish. Suyuqlikning sirt taranglik koefitsientini halqaning suyuqlik sirtidan uzish usuli bilan aniqlash.....	95
	13-ish. Qattiq jismning solishtirma issiqlik sigʻimini aniqlash	100
	14-ish. Suyuqlikning solishtirma bugʻlanish issiqligini aniqlash	104
	15-ish. Gazlarning issiqlik sigʻimlari nisbatini aniqlash	109

V	bob. ELEKTR VA MAGNETIZM.....	115
	16-ish. Kondensatorlar sig'imini ampermetr va voltmetrlar yordamida aniqlash.....	117
	17-ish. O'tkazgichning solishtirma qarshiligini ampermetr va voltmetr yordamida aniqlash.....	124
	18-ish. O'tkazgich qarshiligini o'zgarmas tok ko'prigi yordamida aniqlash.....	127
	19-ish. Elektr istigich asboblarning foydali ish koeffisientini aniqlash.....	132
	20-ish. Termojuftni darajalash	134
	21-ish. Misning elektrokimyoviy ekvivalentini va elektron zaryadini aniqlash.....	140
	22-ish. Elektr chirog'i iste'mol qiladigan tok quvvatining berilayotgan kuchlanishga bog'liqligini o'rganish.....	145
	23-ish. Yerning magnit maydoni induksiyasining yotiq tashkil etuvchisini tangens-galvanometr yordamida aniqlash	148
	24-ish. O'tkazgichlar qarshiligining termik koeffisientini aniqlash.....	153
	25-ish. G'altak induktivligini aniqlash.....	157
VI	BOB. OPTIKA.....	163
	26-ish. Shishaning sindirish ko'rsatkichini mikroskop yordamida aniqlash.....	163
	27-ish. Qavariq linzaning bosh fokus masofasini va optik kuchini aniqlash.....	167
	28-ish. Yorug'lik to'liqini uzunligini difraksion panjara yordamida aniqlash.....	172
	29-ish. Eritmaning konsentrasiyasini polyarimetr yordamida aniqlash.....	182
	30-ish. Eritmalarning sindirish ko'rsatkichini va konsentrasiyasini refraktometr yordamida aniqlash.....	192
	31-ish. Gaz lazeri nurlanishining to'liqin uzunligini difraksion panjara yordamida aniqlash.....	199
VII	bob. ATOM VA YADRO FIZIKASI	207
	32-ish. Moddalarning radioaktivligini radiometr yordamida aniqlash.....	207
	Ilovalar	217
	Foydalanilgan adabiyotlar	219

***Norali Norboyevich Norboyev,
Husan Arg'inboev,
Xamidulla Ubayevich Abdullayev***

Fizikadan amaliy mashg'ulotlar

(o'quv qo'llanma)

O'zbek tilida

Muharrir: O.Xudoyberdiyev

IB № 312

Bosishga ruxsat etildi 30.05.2010 bichimi (60x84)¹/₁₆. Nashr bosma tabog'i 14,0 .
Adadi 200 nusxa. Bahosi shartnoma asosida.

Abdulla Qodiriy nomidagi «Xalq merosi» nashriyoti, 2001.
Toshkent-129, Navoiy ko'chasi, 30-uy.

O'zbekiston Respublikasi matbuot qo'mitasining ruxsatnomasiga asosan Toshkent
Davlat agrar universitetining nashr taxriryati bo'limining
RIZOGRAF apparatida chop etildi.

Toshkent – 140, Universitet ko'chasi 2-uy, ToshDAU.

Toshkent Davlat agrar universitetining Axborot – resurs markazi kitob fondiga Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash fakultetining qishloq xo'jaligini elektrlashtirish yo'nalishi 1-87 va 1-88 guruh talabalari nomidan sovg'a sifatida taqdim etildi.

