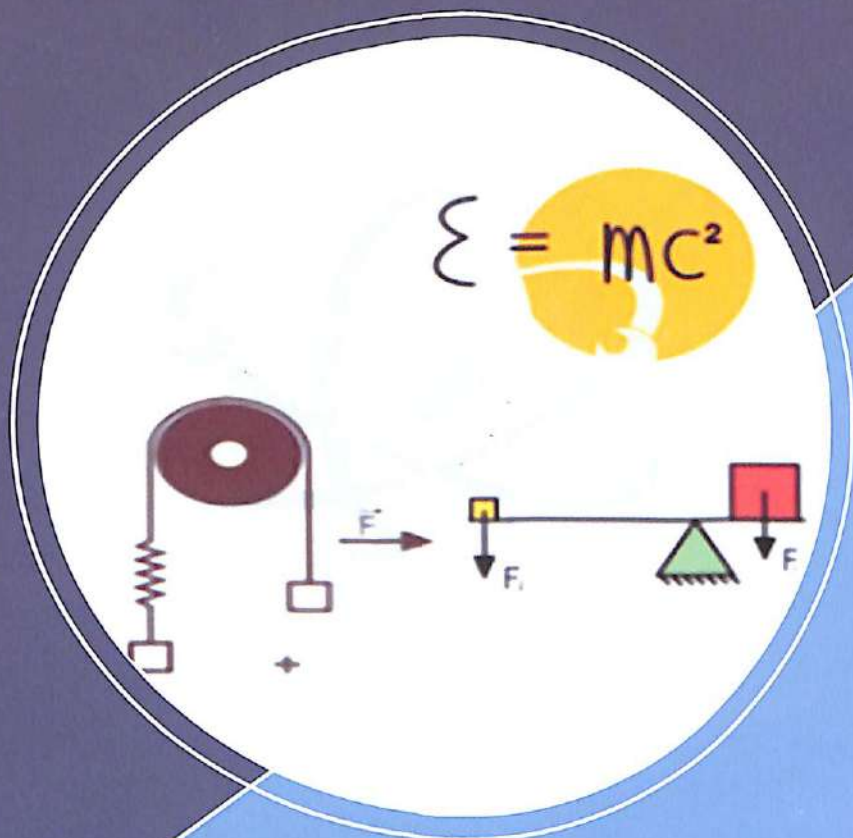


A.QOSIMOV , SH.JO'RAYEV,
B.QO'YLIYEV

UMUMIY FIZIKADAN LABORATORIYA ISHLARI



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

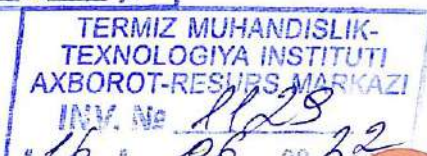
TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETI

FIZIKA KAFEDRASI

UMUMIY FIZIKADAN LABORATORIYA ISHLARI



Termiz-2019



O'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2019 yil «20» iyul buyrug'iga asosan 654- sonli guvohnoma asosida nashrga tavsiya etilgan.

Ma'sul muharrir: fizika-matematika fanlari doktori,
professor To'rayev E.Yu.

Taqrizchilar: fizika-matematika fanlari doktori,
professor Saidov Ch.S.
fizika-matematika fanlari nomzodi,
dotsent Turaev B.E.

Mazkur qo'llanmaga 5140200 – fizika ta'lim yo'nalishida tahsil olayotgan talabalar uchun, o'quv dasturiga kiritilgan laboratoriya ishlarining tafsiloti keltirilgan. Shuningdek ayrim laboratoriya ishlaridan olingan taxminiy natijalar va talabalar tomonidan bajarilishi lozim bo'lgan hisobot jadvali berilgan. Innovatsion texnologiyalarning asosiy masalalaridan biri darsning texnologik xaritasini tuzib olishdir. Har bir darsning qiziqarli bo'lishi avvaldan puxta o'ylab tuzilgan mashg'ulotning loyixalashtirilgan texnologik xaritasiga bog'liqdir. Texnologik xaritani tuzish o'qituvchining mahoratini ochib beradi, oldiga qo'yan maqsadga erishish uchun xizmat qiladi.

KIRISH

Bugungi kunda fan va texnika sohasi shiddat bilan rivojlanib bormoqda. Qanday sohada bo'lmasin yangiliklarga guvoh bo'lmoqdami. Mustaqil O'zbekistonimizdagi yosh olimlarning ilmiy va amaliy ishlarini ham e'tirof etishimiz joiz bo'ladi. Fan va texnika sohasida O'zbekiston yoshlari ham o'zining munosib o'rniga ega bo'lib bormoqdalar. Shu o'rinda Prezidentimiz SH. Mirziyoyevning quyidagi fikrlari ega tushadi "Yoshlarimiz haqli ravishda Vatanimizning kelajagi uchun javobgarlikni zimmasiga olishga qodir bo'lgan, bugungi va ertangi kunimizning hal etuvchi kuchiga aylanib borayotgani barchamizga g'urur va iftixor bag'ishlaydi. Bu sohada olib borayotgan keng miqyosli ishlarimizni, xususan, ta'lim-tarbiya bo'yicha qabul qilingan umummilliy dasturlarimizni mantiqiy yakuniga yetkazishimiz zarur". Prezidentimizning yuqoridagi fikrlaridan shunday xulosa kelib chiqadiki, bugungi kun yoshlari har tomonlarni yetuk kadr va komil inson bo'lib ulg'ayishlari uchun avvalambor, jahondagi so'ngi ilm-fan yutuqlaridan bohabar bo'lishlari bilan bir qatorda, zamonaviy va keng ko'lamda bilim olishlari talab qiladi. Buning uchun bugungi kundagi ta'lim tizimimizda amal qilayotgan an'anaviy ta'limni mazmunan va uslubi jihatdan yangilash, ta'lim jarayonini tashkil etishni tubdan isloh qilish davr taqozasidir. Bunda, fizika ta'lim tizimiga innovatsion ta'lim texnologiyalarni uyg'unlashgan holda qo'llash orqali, ta'lim samaradorligini yuqori pog'onaga ko'tarishni amalga oshirish mumkin. Shuningdek, mamlakatimizda qabul qilingan "Kadrlar tayyorlash milliy dasturi" ning uchinchi bosqichi – to'plangan tajribani tahlil etish va umumlashtirish asosida, mamlakatni ijtimoiy – iqtisodiy rivojlantirish istiqbollarga muvofiq kadrlar tayyorlash tizimini takomillashtirish va yanada rivojlantirish davri izchil davom etmoqda.

O'tgan davr mobaynida yaratilgan ma'muriy – huquqiy hujjatlar fanlar bo'yicha o'quv adabiyotlarini yaratishga asos bo'lib, o'quv jarayonining sifatini oshirishga xizmat qiladi. O'quv adabiyotlarining yangi avlodlarini yaratish, ularni tayyorlash bo'yicha ilmiy – uslubi, tashkiliy, iqtisodiy masalalarni hal etish uzluksiz ta'lim tizimida "Kadrlar tayyorlash milliy dasturi"ning uchinchi bosqichida ko'zda tutilgan maqsadlarga erishishga qaratilgan bir qator tadbirlar ishlab chiqishni taqozo qiladi.

Zamonaviy o'qitish kompyuter, multmediya, video va teleapparaturalar, masofadan o'qitishda internetdan foydalanish kabi bir qator yangi texnologiyalar asosida olib bormoqda.

Shu o'rinda Germaniya davlatidan keltirilgan fizik jihozlarni bevosita o'quv jarayonida qo'llash ahamiyatini ta'kidlab o'tish joizdir. Bu jihozlar fizika fanini o'qitishda yordam beradi. Bu jihozlarning texnik parametrlari to'g'risida qisqacha ma'lumotlar berilgan bo'lib, lekin ular asosida o'tkazishi mumkin bo'lgan

laboratoriya ishlari uchun ilmiy – uslubiy ko'rsatmalar bayon etilgan. Shu sababli ham laboratoriya ishlarining nazariy qismi hamda amaliy bajarilish tartiblarini ishlab chiqish zaruriyati tug'ildi. Fizika o'quv dasturida nazariy ahamiyat kasb etuvchi materiallar fizik ta'lim mazmunining deyarli uchdan ikki qismini tashkil etadi. Bugungi kunda o'qitish samaradorligini oshirishda amaliy xarakterdagi o'quv materiallarini ko'paytirish borasida ijodiy ishlar qilinmoqda.

Mazkur o'quv qo'llanma o'z mazmuniga ko'ra talabalar ixtiyoridagi laboratoriya ishlarini bajarish uchun kengroq imkoniyatlar yaratishga yo'naltirilgan. Germaniyadan keltirilgan fizik jihozlardagi ba'zi bir yetishmovchiliklar to'ldirilib, yanada ko'proq imkoniyatga ega bo'lishi mumkin.

Mazkur qo'llanmaga fizika o'quv dasturiga kiritilgan laboratoriya ishlarining tafsiloti keltirilgan. Shuningdek ayrim laboratoriya ishlaridan olingan taxminiy natijalar va talabalar tomonidan bajarilishi lozim bo'lgan hisobot jadvali berilgan. Innovatsion texnologiyalarning asosiy masalalaridan biri darsning texnologik xaritasini tuzib olishdir. Har bir darsning qiziqarli bo'lishi avvaldan puxta o'ylab tuzilgan mashg'ulotning loyixalashtirilgan texnologik xaritasiga bog'liqdir. Texnologik xaritani tuzish o'qituvchining mahoratini ochib beradi, oldiga qo'ygan maqsadga erishishi uchun xizmat qiladi.

Yana shu holatni ta'kidlab o'tish joizki, laboratoriya ishlarining ba'zi birlari umumiy o'rta ta'lim maktablarida o'tkaziladigan amaliy ishlar bilan takrorlanish hollari uchragan. Mazkur takrorlanishga har bir fizika o'qituvchisi ijodiy yondoshgan holda uzviylikni ta'minlash maqsadida kiritildi. Fizikaning zamonaviy yangi pedagogik texnologiyalariga asoslangan o'qitishda amaliy laboratoriya ishlarining o'rni juda muhimdir. Amaliy laboratoriya ishlarini bajarish orqali talabada asosiy fizik tushinchalar, qonunlarni amaliy va nazariy talqini shakllanadi. Shu nuqtai nazardan yangi pedagogik texnologiya asosida biz tavsiya etayotgan ushbu laboratoriya ishlari Oliy o'quv yurtlarining fizika mutaxassisligida o'qiydigan talabalar uchun ham amaliy qo'llanma bo'lib xizmat qiladi degan umiddamiz.

Qo'llanma haqida fikr – mulohazalaringizni bizga yuborishingizni va avvaldan sizlarga fikr – mulohazalaringiz uchun tashakkur bildiramiz.

Darsga tayyorgarlik ko'rish.

Laboratoriya ishiga tayyorgarlik ko'rish uchun, avvalo, fizika kabinetining sanitariya-gigiyenik holatiga alohida e'tibor berish lozim.

Fizika tajriba o'tkazish uchun zarur bo'lgan asbob va jihozlar tozalangan, quritilgan holatda bo'lishi lozim. Laboratoriya ishining maqsadi va ta'lim mazmuniga qarab laborant-assistent yo'riqnomada ko'rsatilgan asbob va jihozlarni belgilangan tartibda ehtiyotkorlik bilan stol ustiga terib chiqiladi. Tajriba o'tkazib bo'lgandan so'ng, barcha asbob va jihozlarni artib, ularning soz holatda ekanligiga ishonch hosil qilib, joy-joyiga qo'yilishi lozim. Ushbu tartibga rioya qilish talabalarga odat tusiga kirishiga erishish lozim. Talabalar o'tkaziladigan tajribalar fizikaning qaysi bo'limiga tegishli ekanligi va ularning qachon, qanday tartibda bajarilishini oldindan bilishlari zarur. Laboratoriya ishini bajarishdan maqsad, talabalarni asbob va jihozlarni ishlatishga tayyorlash jarayonida ulardan ehtiyotkorlik bilan samarali foydalanish hissini kuchaytirish, tajribalarning xavfsizligini ta'minlash, tajriba natijalarini tahlil etish mobaynida fizik hodisa va qonunlarning to'g'ri va ilmiy asoslanganligi haqida xulosalar chiqarish kabi bilim, ko'nikma va malakalarini hosil qilishga yo'naltirishdan iborat.

Darsning yanada samarali bo'lishi uchun o'qituvchi tomonidan yo'riqnomalar, tavsiya va topshiriqli varaqalar tayyorlashi mumkin. Odatda, ularda ishning maqsadi mujassamlanadi hamda tarkibiga ishni bajarish rejasi va topshiriqlari kiritiladi. Bunday vaqtlarda talabalar oldiga qo'yilgan masalani mustaqil yechish, tajribalarni ketma-ket amalga oshirish malakalarini rivojlantiradi. Mazkur topshiriq vaqtlari bilan ishlash jarayonida talabalarning ilmiy tadqiqotchilik qobiliyati rivojlanadi va faolligi ortib boradi.

Fizika laboratoriyasida xavfsizlik texnikasi qoidalar.

Qoidalar talabalarga o'qib beriladi, har bir qoidaning mohiyati va mazmuni tushuntiriladi. Maxsus jurnal tutilib, talabalarning qoida bilan tanishganligini tasdiqlovchi shaxsiy imzosi bilan rasmiylashtirilib qo'yiladi. Xavfsizlik texnika qoidalar fizika laboratoriyasining ko'rinadigan joyiga maxsus ramkaga solib qo'yiladi.

Laboratoriya ishini bajarishda quyidagilarga e'tiborni qaratish lozim.

- Ish jarayonida faqat toza, quruq va butun, ishga yaroqli asbob va jihozlardan foydalanish lozim.
- Asbob va jihozlardan foydalanishdan oldin ularning yo'riqnomasi bilan mukammal tanishib chiqish kerak.
- Elektr o'lchov asboblari ma'sul xodimning ruxsatisiz tok manbaiga ulash mumkin emas.

- Laboratoriya ishining elektr sxemasini yig'ishda xatolikka yo'l qo'yib bo'lmaydi, aks holda, asbob ishdan chiqishi va talabani hayotiga xavf tug'dirishi mumkin.
- Asbob va jihozlarni stolga uning yo'riqnomasida ko'rsatilgandek holatda o'rnatish lozim yotqizilgan, tik, burchak ostida va h.k.
- Har bir laboratoriya ishini yig'ib bo'lgandan so'ng, uni albatta ma'sul xodimning ko'rib chiqishi va uning ruxsati bilan tok manbaiga ulanishi shart.
- Laboratoriya ishini bajarib bo'lgach, elektr o'lchov asboblari tok manbaidan uzishni esdan chiqarish zarur.
- Idishlarda suyuqliklarni qizdirish uchun ularning 1/3 qismigacha suyuqlik quyish maqsadga muvofiq.
- Moddalar shisha idishlarda qizdirilganda ularni quruq yonilg'i alangasiga tekkizmaslik kerak chunki idish darz ketib sinishi mumkin.
- Quruq yoqilg'ini ishlatib bo'lgach, uni maxsus qopqoq bilan berkitib o'chirish lozim.

Man etiladi.

- Asbob va jihozlarni ularning yo'riqnomasi bilan tanishmasdan ishlatishga urinish.
- Asbob va jihozlarni ma'sul xodim yoki laborantning ruxsatisiz olib ishlatish.
- Elektr o'lchov asboblari suv va boshqa suyuqliklardan sepish, o'qituvchining ruxsatisiz ularni tok manbaiga ulash va ularning qisqichlarini qo'l bilan ushlash.
- Tajriba jarayonida asbob va jihozlarni joylashgan taglikka o'tirish, har xil buyumlar qo'yish va unga kuch bilan zarba berish.
- Asbob va jihozlarni begonalarining foydalanishi uchun berish.
- Asbob va jihozlarni yoki ortiqcha buyumlarni olib ketish.
- Tajriba jarayonida suyuqlikli (bug'lanayotgan, qaynab turgan) himoya vositasiz ushlash va hokazo.

O'lchash xatoliklari va ularni aniqlash.

O'lchash xatosi qanday aniqlanadi. Laboratoriya ishlarini bajarish turli fizik miqdorlarni o'lchash va keyin ularning natijalarini ishlab chiqishdan iborat.

O'lchash - fizik kattalikning qiymatini o'lchash vositalari yordamida tajribada aniqlash.

Bevosita o'lchash - biror aniq fizik kattalik o'lchov asboblari ko'rsatishi asosida (masalan, vaqt-sekundomer, tok kuchi-ampmetr, kuchlanish-voltmetr va h.k.) aniqlanadi.

Bilvosita o'lchash - fizik kattalikning qiymatini bevosita o'lchab topiladigan fizik kattaliklar bilan bog'lovchi formula yordamida aniqlanadi. Masalan: jismning biror h balandlikdan erkin tushishi uchun ketgan t vaqt

sekundomer bilan, balandlik esa chizg'ich bilan o'lchanadi va $u = \frac{gt^2}{2}$ formuladan foydalanib hisoblab topiladi.

Fizik kattaliklarni aniqlash uchun quyidagi amallar ketma - ket bajarilishi kerak:

- o'lchov asboblari kerakli holatlarda o'rnatish va ularni to'g'ri ishlayotganligini tekshirish;
- asboblarning ko'rsatishlarini kuzatib borish va kerakli vaziyatlarda ularni yozib olish;
- o'lchash natijalaridan foydalanib, aniqlanishlari kerak bo'lgan fizik kattaliklarni hisoblash;
- aniqlanishi mumkin bo'lgan fizik kattaliklarning xatoligini hisoblash.

Yuqorida keltirilgan hisoblash yoki o'lchash usullarida o'ziga hos xatoliklarga yo'l qo'yiladi. Xatoliklar ikki xil: sistematik o'lchash xatoliklari; tasodifiy o'lchash xatoliklari. **Sistematik o'lchash xatoliklari** - o'lchov asboblari nosozligidan, noto'g'ri ishlatilishidan hamda hamma hodisalar c'tiborga olinmaganligidan paydo bo'ladi. **Tasodifiy o'lchash xatoliklari** - o'lchash vaqtida nazorat qilib bo'lmaydigan tasodifiy ta'sirlar hisobiga paydo bo'ladi. Ushbu xatolikni hisobga olishda eng yaxshi usul hamma o'lchash natijalarining o'rtacha arifmetik qiymatini olishdir, ya'ni:

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n}{n}$$

O'lchash vaqtida to'plangan qiymatlar bir - biridan farqli bo'lib, ularning o'rtacha qiymatidan farqi ayrim o'lchashning **absolyut xatoligi** deyiladi. Absolyut xatolik $\Delta\alpha$ belgisi orqali belgilanadi. U holda birinchi α_1 o'lchashning absolyut xatoligi.

$$\Delta\alpha_1 = |\bar{\alpha} - \alpha_1|,$$

Ikkinchi α_2 o'lchashning absolyut xatoligi

$$\Delta\alpha_2 = |\bar{\alpha} - \alpha_2|,$$

Uchinchi α_3 o'lchashning absolyut xatoligi

$$\Delta\alpha_3 = |\bar{\alpha} - \alpha_3|,$$

Oxirgi n - α_n o'lchashning absolyut xatoligi

$$\Delta\alpha_n = |\bar{\alpha} - \alpha_n|, \text{ ifodalari orqali aniqlanadi.}$$

Muayyan o'lchashda olingan qiymat o'rtacha arifmetik qiymatdan katta yoki kichik bo'lishi mumkin, shu sababdan absolyut xatolikni hisoblashda ayirmaning moduli olinadi.

Agar n marotaba takroriy o'lchash natijasida $\Delta\alpha_1, \Delta\alpha_2, \Delta\alpha_3, \dots, \Delta\alpha_n$ absolyut xatoliklar yuz bergan bo'lsa, o'lchashlarning o'rtacha absolyut xatoligi shu

Qurilma tarkibi	
Gravitatsion torsion balansir.....	332 101
IQ holat detektor (IRPD).....	332 11
Optik rels, standard ko'ndalang kesimli 1 m	460 32
Optik surgich 60/50.....	460 373
Optik surgich 90/50.....	460 374
Taglik sterjeni, 25 sm.....	300 41

a) Maksimal og'ish usuli

Maksimal og'ish usuli m_1 va m_2 massali ikki sferik sharcha orasidagi gravitatsion tortishish kuchini berilgan masofada aniqlashga asoslangan (1-rasm).

$$F = G \cdot \frac{m_1 m_2}{b^2} \quad (1)$$

Shunday qilib m_1 massali ikkita katta sharlar 1 vaziyatda bo'lganlarida (1-rasmga qarang) torsion mayatnikka ta'sir qiluvchi kuch miqdori momenti M_1 quyidagiga teng

$$M_1 = 2 \cdot F \cdot d = 2 \cdot G \cdot \frac{m_1 m_2}{b^2} d \quad (2)$$

Tortishish hosil qilgan kuch momenti sterjenning aylanish momenti bilan kompensatsiya qilinadi va shunday qilib s_1 vaziyatda muvozanat hosil bo'ladi.

II vaziytdagi katta qo'rg'oshin sharchalarni siljitib kuch simmetrikinverterlanadi (kompensatsiyalanadi). Endi jismlarga ta'sir qiluvchi kuch momentlari uchun $M_0 = -M_1$ tenglik o'rinli. Mayatnik tebranishlari S_{II} muvozanat vaziyati atrofida so'nadi. Bu ikki kuch momentlari farqi mos ravishda α_I va α_{II} burchaklar farqiga bog'liqdir.

$$D \cdot (\alpha_I - \alpha_{II}) = M_1 - M_{II} = 2 \cdot M_I \quad (3)$$

D burchak yo'naltirilganligi qiymati torsion mayatnik T tebranish davri va J inersiya momenti bilan aniqlanadi:

$$D = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot J$$

Texnika xavfsizligi

Gravitatsion torsion balansir va infraqizil harakat detektor yo'riqnomasini o'qib chiqing:

- Mexanik ta'sirlarga o'ta sezgir gravitatsion torsion balansir va infraqizil harakat detektorini mexanik zo'riqishlardan saqlang.
- Foydalanilmagan paytlarda ham gravitatsion torsion balansir holatini ko'zdan kechirib turing.
- Doimo, qurilmani ko'chirishda va qayta yig'ishda tebranuvchi tizimi

mahkamlanganiga e'tibor qiling.

- Statik elektr zaryadi IQ harakat detektor electron qismiga zarar yetkazishi mumkin.
- Tajriba uchun shunday joy tanlangi u yerda biror qurilmalar yoki foydalanuvchi tomonida statik elektr zaryadi hosil qilinmasin.

Bu yerdagi J inersiya momenti ikki kichik sharlar inersiya momentlari yig'indisiga teng:

$$J = 2m_2 d^2 \quad (5)$$

Unda (4) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi.

$$D = \frac{8\pi^2}{T^2} \cdot m_2 \cdot d_2 \quad (6)$$

1, 2 va 3 tenglamalardan quyidagiga ega bo'lamiz

$$G = \frac{2\pi^2}{T^2} \cdot \frac{b^2 \cdot d}{m_1} (\alpha_I - \alpha_{II}) \quad (7)$$

Geometrik munosabatdan (vaziyatlari bo'yicha)

$$\tan 2\alpha = \frac{S_I}{L}$$

Kichik burchaklar uchun quyidagi kelib chiqadi:

$$\alpha = \frac{S_I}{2L} \quad (8)$$

Bu (8) va (7) tenglamadan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$G = \frac{2\pi^2}{T^2} \cdot \frac{b^2 \cdot d}{m_1} \frac{(S_I - S_{II})}{L} \quad (9)$$

b) Tezlanish usuli

Katta qo'rg'oshin sharchalar I vaziyatdan II vaziyatga o'tgach, quyidagi harakat tenglamsiga asosan kichik sharlar a_0 teslanishga ega bo'ladilar:

$$m_2 \cdot a_0 = 2 \cdot G \cdot \frac{m_1 m_2}{b^2} \quad (10)$$

Bundan gravitatsiya doimiysi kelib chiqadi:

$$G = \frac{a_0 b^2}{2m_1} \quad (11)$$

m_2 massali jisimga berilgan tezlanish a_0 , a'_0 tezlanish va geometrik masofalar d va

L orqali quyidagicha aniqlanadi: $a_0 = a'_0 \frac{d}{2L}$ (12)

Bosib o'tilgan yo'l tenglamasi quyidagicha bo'lgani uchun

$$s(t) = \frac{1}{2} a_0 t^2 \quad (13)$$

a_0 harakatning birinchi fazasi umumiy tenglamasi

$$s(t) = At^2 + Bt + C \quad (14)$$

dan keltirib chiqarilishi mumkin.

(13) tenglamani (14) tenglama bilan solishtirib quyidagini olamiz:

$$a_0' = 2A$$

(12) tenglama bilan gravitatsiya doimiysi ham aniqlanadi

$$G = a_0' \frac{db^2}{4m_1L} \quad (15)$$

Tajriba qurilmasi

Muhim: torsion balansir talab bo'yicha sozlangan bo'lsagina o'lchash natijalari qoniqarli bo'lishi mumkin. Bundan tashqari jismlar orasidagi ta'sirlashuv mayatnikning tashqaridan tebranishlari bilan buzilmasligi kerak. Torsion mayatnik korpusiga beriladiki tashqi mexanik ta'sirlarga juda sezgirdir. Torsion balansir korpusidagi harorat farqi tufayli yuzaga keladigan konveksiya ham torsion mayatnik tebranishiga olib kelishi mumkin.

Tajriba qurilmasi uchun mustahkam devor tanlang.

Tajriba uchun to'g'ridan to'g'ri quyosh nuri tushmaydigan shamol (yelvizak) bo'lmaydigan joyni tanlang. Sharlar asosini burayotganda yoki qo'rg'oshin sharlarni o'rnatayotganda asosga zarb berilmasin.

2 – rasmda tajriba qurilmasi umumiy ko'rinishi keltirilgan.

Gravitatsion torsion balansirni ishga tushirishdagi yig'ish:

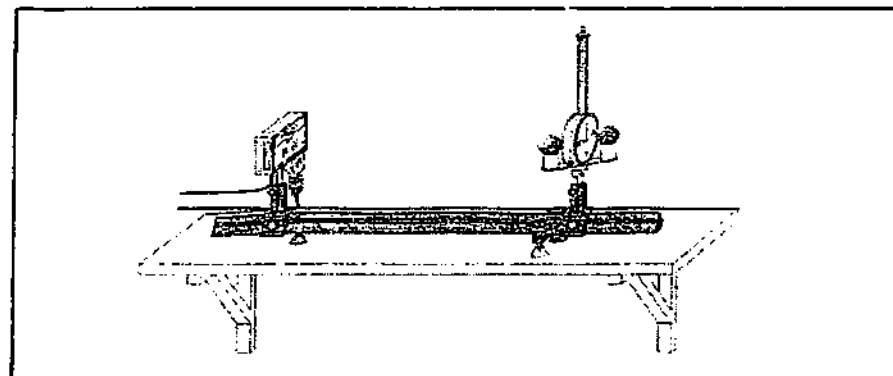
- Tajriba uchun ishchi stolini 2-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing (332 101 va 322 11 yo'riqnomalarni ham qarab chiqing).
- Gravitatsion torsion balansir mahkamlangan optik relsni o'rnatish.
- Gravitatsion torsion balansirni shunday holatga keltiringki (katta sharlar qo'yilmagan holatda) katta sharlar o'qi uchun yetarlicha joy bo'lsin.
- Torsion mayatnikning tutib turish mexanizmini bo'shating va shunday sozlangki mayatnik osmalari uchlaridagi ignalari teshik o'rtasida bo'lib, mayatnik erkin aylana olsun.
- Torsion mayatnikning bir yoki bir necha kun osilgan holda turishiga qo'yib bering. Kerak bo'lganda nolini qayta sozlang (332 101 yo'riqnomasiga qarang).

Gravitatsion torsion balansir va IQ harakat detektor orasidagi masofani dastlabki (birinchi marta) tanlash.

- IQ harakat detektorini optik relsga o'rnatilgan taglik sterjeniga orqa paneli bilan qistiring (mahkamlang).
- IQ harakat detektorini optik relsga shunday o'rnatishki, gravitatsion balansir

oynasi va IQ detektor orasidagi masofa 70 sm bo'lsin.

- 12 V o'zgaruvchan tok ta'minlash manbaini IQ harakat detektoriga ulang va IQ yorug'lik diodlarini gravitatsion torsion balansir bilan bir sathga qo'ying.
- Ikki qizil yorug'lik diodlari shunday yorqin yonadiki ularning akslangan tasviri qurilma tekisligida ko'rinsin yoki uning yoniga qo'yilgan oq qog'ozda akslansin.
- Agar tasvir oynaning chap yoki o'ng tomonida paydo bo'lsa gravitatsion torsion mayatnikni tebranishini shunday kamaytirishki LED diodlar nuri akslanishi old panelda ko'rinsin.
- Agar tasvir oynadan pastda yoki yuqorida bo'lsa IQ detektorini pastga yoki yuqoriga harakatlantirib nurni markazga olib keling.
- Amin bo'lingki, fototranzistorlar qatori oynadan qaytgan nurlar bilan to'la qoplangan bo'lib barcha tranzistorlar o'lchashda qatnashsin.
- Balandlik sathini yashil va qizil yorug'lik diodlari nuri bilan to'g'rilab oling. Fototranzistorlar yorug'lik nurlari kuchiga qarab ochiladi yoki yopiladi (kalit sifatida ishlaydi).
- Qizil LED multilasa: yoritilganlik/sozlanganlik yetarlicha.
- Yashil LED multilasa yoritilganlik/sozlanganlik yaxshi.



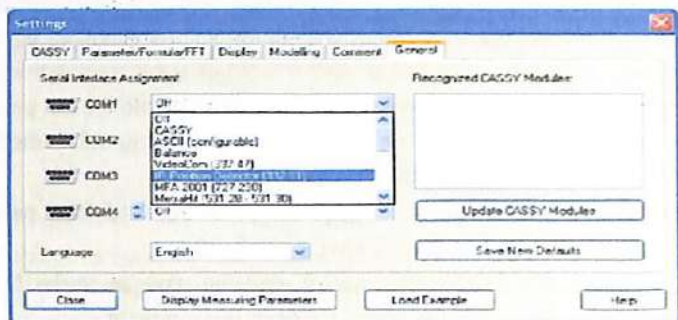
2-rasm. Tajriba qurilmasi: Tebranishni IQ harakat detektor elektron tarzda qayd qiluvchi gravitatsion torsion balansir qurilmasining stoldagi yig'masi.

Tebranishlarni qayd qilish

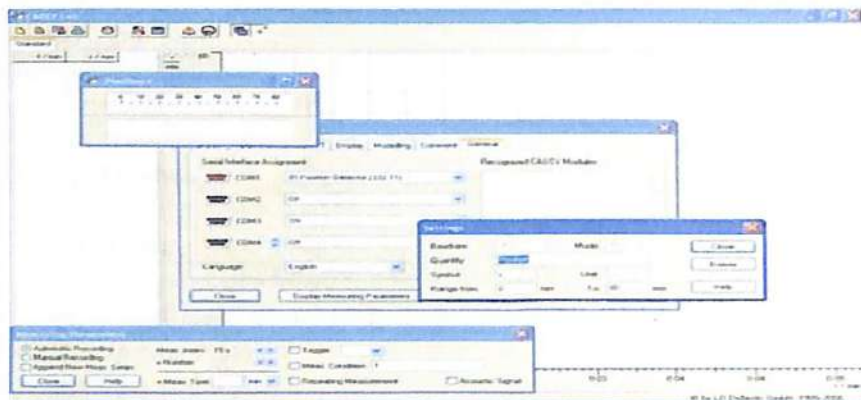
- IQ detektorini RS232-interfeys porti orqali kompyuterga ulang.
 - Hali kompyuterga dastur o'rnatilmagan bo'lsa o'rnatish va ishga tushirish (CASSY Lab foydalanuvchi interfeysini sozlang).
- “Settings” oynasini asboblarning panelidagi tugmasini yoki F5 klavishini bosib

chaqirig:

- “Settings” oynasidan “General” bo'limini tanlang va IQ harakat detektori uchun mos COM portni tanlang:



IQ harakat detektori uchun mos COM port tanlangandan keyin dasturdagi ishchi oynalar va jadvallar ochiladi hamda o'lchanuvchi kattaliklar indikatorini faollashadi ya'ni, “Positions”, “Settings” va “Measuring Parameters” oynalari ochiladi.



- Tanlangan parametrlar ekrandagi barcha menyu oynalari yopilgach qabul qilinadi.
- Gravitatsion torsion balansir tebranishini qayd qilish uchun tugmasini bosib yoki F9 klavishini bosib.

Eslatma: tugma tumblerli kalit kabi ishlaydi. Ma'lumotni qabul qilish tugmasi yoki F9 klavishi bilan to'xtatilishi mumkin.

Tajriba qurilmasini sozlash bir tajriba davomida faqat bir marta bajarilishi kerak. Gravitatsion torsion balansir yopilgandan keyin tinch holati saqlanishi lozim.

Tajribaning borishi

Dastlabki tayyorgarlik

- Mayatnik biror bir muvozanat holatida tinch turishi uchun qurilma kamida ikki soat davomida tashqi zarba va ta'sirlardan holi bo'lishi zarur.

Eslatma: Yaxshi sozlash uchun maqbul muvozanat holatiga taxminan 20 mm va 50 mm masofalarda boladi. Agar bu holat bajarilmasa, aylanma tortishish tarozisi kichik burchakgagina og'adi. Bu holda bu qadamni bir necha marta bajarilishi kerak boladi.

Agar tutib turuvchi vint bo'shatilgan holda aylanuvchi mayatnik ko'p vaqt davomida ishlatilmay turgan bo'lsa uni muvozanat holatiga keltirish uchun ko'p vaqt talab qilinishi mumkin.

Sanoq boshini qayd qilayotganda nol nuqtaning stabiligini tekshiring.

Tugmasini bosib ma'lumotlarni qabul qilishni boshlang.

- Nol nuqta fluktuatsiyalarini 10 daqiqa davomida kuzating.

a) Maksimal og'ish usuli

Sistema to'la muvozanat holatiga kelgunicha kuting (dastlabki tayyorgarlik ko'rsatmasiga qarang).

- Siz o'lchangan asosiy chiziqni tugmasi yoki F4 klavishi bilan o'chirishingiz mumkin.
- Axborot yig'ishni tugmasini yoki F9 klavishini bosib boshlang.
- Qo'rg'oshin sharli kronshteynni I holatdan II holatga tez (ammo ehtiyotkorlik bilan) o'tkazing.
- Qo'rg'oshinli sharlarni II holatdan I holatga olib keling va I holat atrofida tebranishlarni o'lchashni takrorlang.
- Axborot yig'ishni © tugmasi yoki F9 klavishi bilan to'xtating.

Eslatma: O'lchagan natijalaringizni tugmasini yoki F2 klavishini bosib saqlashingiz mumkin

b) Tezlanish usuli

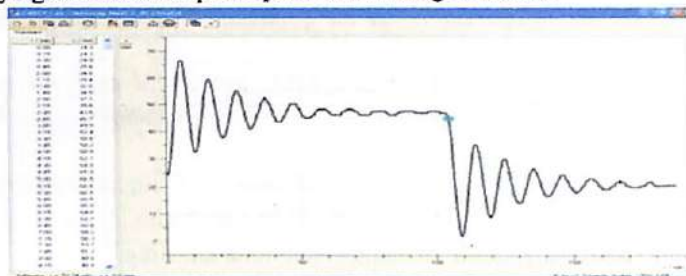
- Sistema to'la muvozanat holatiga kelgunicha kuting (dastlabki tayyorgarlik ko'rsatmasiga qarang).
- Siz o'lchangan asosiy chiziqni tugmasi yoki F4 klavishi bilan o'chirishingiz mumkin.
- Axborot yig'ishni tugmasini yoki F9 klavishi bosib boshlang.
- Qo'rg'oshin sharli kronshteynni I holatdan II holatga tez (ammo ehtiyotkorlik bilan) o'tkazing va harakatning birinchi fazasini yozib oling.
- Axborot yig'ishni tugmasi yoki F9 klavishi bilan to'xtating.

Eslatma: Bu tajribada gravitatsion torsion balansirlar tebranishini qayd qilishga mo'ljallangan IQ harakat detektor maksimal og'ish usulida o'lchashlar olib

borilganda avtomatik ishga tushadi. Olchash intervalini kiritish zarur bo'ladi masalan 15 sekund.

O'lchash namunasi

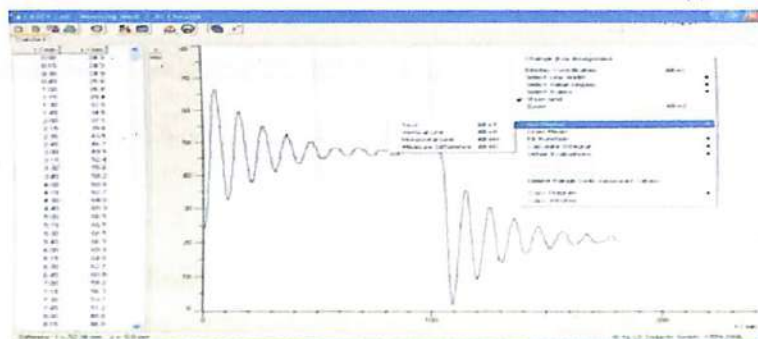
3-rasmda gravitatsion torsion balansirning ikki muvozanat holati atrofida tebranishlarining so'nishi ko'rsatilgan. Qo'rg'oshin sharlarni II holatdan I holatga qaytarayotganda axborot qabul qilish o'chirilmagan bo'lsin.



3-rasm. Kavendish gravitatsion torsion balansirining I va II muvozanat holatlaridagi tebranishi.

Baholash

Dasturiy vosita o'lchangan qiymatlarni tez va oson tahlil qilish imkonini beradi. Baholash va tahlil qilish funksiyalariga murojat qilish uchun ekranda sichqoncha o'ng tugmasini bosib menyularni chaqiring.



4-rasm. Ma'lumotlarni qayta ishlash uchun sichqoncha o'ng tugmasini oynada bosing.

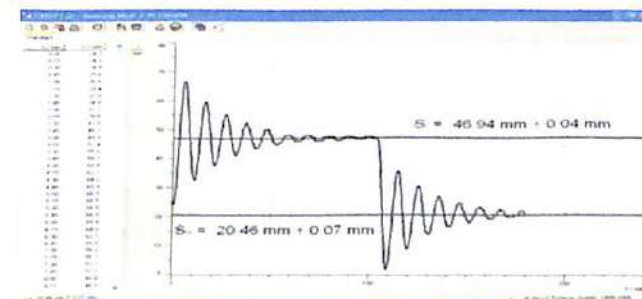
a) Maksimal og'ish usuli

Eslatma: Kattalashtirish asbobi (Alt-Z) qayd qilingan natijalar grafigini kattalashtirish uchun zarur bo'lishi mumkin. Boshqacha usulda sichqoncha o'ng tugmasini bosib ma'lumotlarni qayta ishlash uchun oynani ochish mumkin.

I va II muvozanat holatini aniqlash.

Ikki qo'rg'oshin sharlarning tugal stabil muvozanatda bo'luvchi I va II holatlarini quyidagicha aniqlash mumkin.

- O'rtacha qiymatini aniqlang, masalan "Draw the Mean" amalini tanlab I holat uchun.
- Qayd qilinadigan tebranish chegarasini sichqoncha ko'rsatkichi bilan tanlang (tanlangan ma'lumotlar ko'k tusga o'tadi).
- "Set marker" menyusidan (yoki Alt+T) "Text" amalini tanlab ekranda hisoblash natijasini chiqaring. Muqobil ravishda qayd qilingan natijalar ishchi oynaning chap tomonida alohida oynada ko'rish ham mumkin. Chap quyi qatorda kursor turgan nuqtadagi qiymat ko'rsatiladi (5-rasm).
- Tahlil qilishni II holat uchun ham takrorlang.



5-rasm: Tebranish oxirida S_1 va S_2 qiymatlar o'rtacha qiymatini hisoblab I va II muvozanat holatlarni aniqlash.

Tebranish davrini aniqlash

- Alt-D tugmalarini bosib "Measure Difference tool" amalini tanlang (yoki sichqonchaning o'ng tugmasini bosib "Select Marker" funksiyasini tanlab bajaring).
- Tebranish davrini aniqlang. Buning uchun kamida 5 ta davrni tanlang, tanlashni dastlabki va yakuniy tebranishlar fazasining bir qiymatidan boshlang va tugallang.
- Baholash (tahlil) natijasi Alt+T tugmalari bosilishi bilan chiqariladi. U qobil sifatida natijalar holatlar oynasidan chaqirilishi ham mumkin.
- II muvozanat holati atrofida baholash va tahlillarni takrorlang.

b) Tezlanish usuli

- Harakatning birinchi fazasidagi tasvir masshtabini kattalashtiring, masalan II holat uchun qayd qilingan natijalar uchun parabolik qonuniyatni o'rnatung.
- Baholash va tahlil natijalar grafik ravishda Alt+T klavishlari bosilib ekranga chiqarilishi mumkin.

Natijalar

a) Maksimal chetlashish usuli

5 va 6 rasmlardagi o'lchash natijalariga ko'ra xulosa qiling:
Tebranish davri $T = 634$ s Ikki vaziyatlari orasidagi masofa:

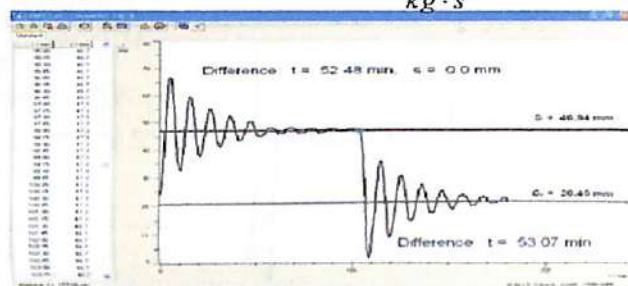
$$S = S_{II} - S_I = 26.5 \text{ mm}$$

Bu qiymatlarni (9) tenglamaga qo'yib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$G = \frac{2\pi^2}{634^2 \text{ s}^2} \cdot \frac{0.047^2 \text{ m}^2 \cdot 0.05 \text{ m}}{1.5 \text{ kg}} \cdot \frac{0.026 \text{ m}}{0.7 \text{ m}}$$

$$G = 6.71 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$$

Adabiyotlardagi qiymati: $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$



6-rasm: I va II muvozanat holatlarida kamida 5 ta tebranish mobaynida tebranish davrini aniqlash (eslatma: 5-rasmida S_I va S_{II} uchun o'rtacha qiymat matni aniqroq tushunish uchun o'zgartirilgan)

b) Tezlanish usuli

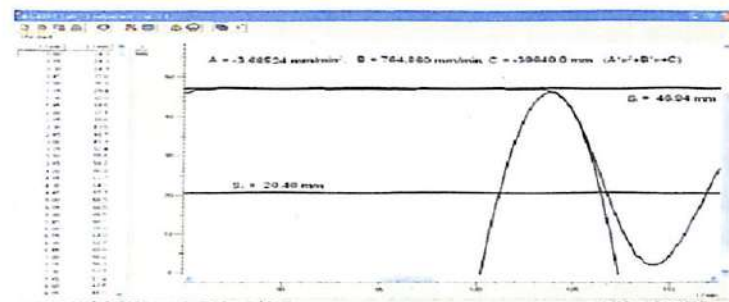
Qo'rg'oshin sarchalar II holatdan I holatga aylanib qaytganida tebranishlarning birinchi fazasiga muvofiq (7-rasmga qarang) quyidagiga ega bo'lamiz:

$$A = 1.03 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}$$

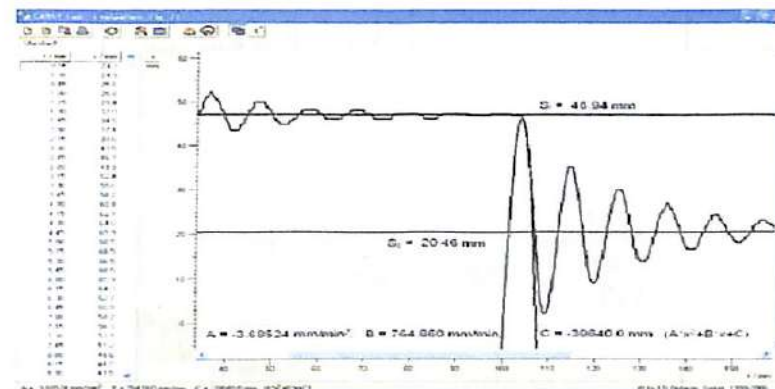
$$\alpha_o = 2.05 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}$$

$$G = 1.33 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{0.05 \text{ m} \cdot 0.047^2 \text{ m}^2}{4 \cdot 1.5 \text{ kg} \cdot 0.7 \text{ m}}$$

$$G = 5.4 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$$



7-rasm. Qo'rg'oshin sarchalar II holatdan I holatga aylanib qaytganida tebranishlarning birinchi fazasi uchun tezlanishni aniqlash. (kichikroq kattalashtirishli tasvirda uchun 8-rasmga qarang)



8-rasm. Qo'rg'oshin sarchalar II holatdan I holatga aylanib qaytganida tebranishlarning birinchi fazasi uchun tezlanishni aniqlash

Qo'shimcha ma'lumot

Geometrik bog'liqliklarni va ularning o'lchash xatoligiga ta'sirini batafsil ko'rib chiqish uchun nuqtaviy yorug'lik usuliga ya'ni P1.1.3.1 yo'riqnomasiga murojaat qiling.

Noelastik to'qnashuvda energiya va impuls – ikki shoxsimon yorug'lik datchigi bilan o'lchash.

Mexanika

Moddiy nuqtaning ilgarilanma harakati

Harakat miqdorining saqlanishi

Elastik to'qnashuvda energiya va impuls - Ikki shoxsimon yorug'lik datchigi bilan o'lchash. CASSY Lab 2 tomonidan tavsifnoma.

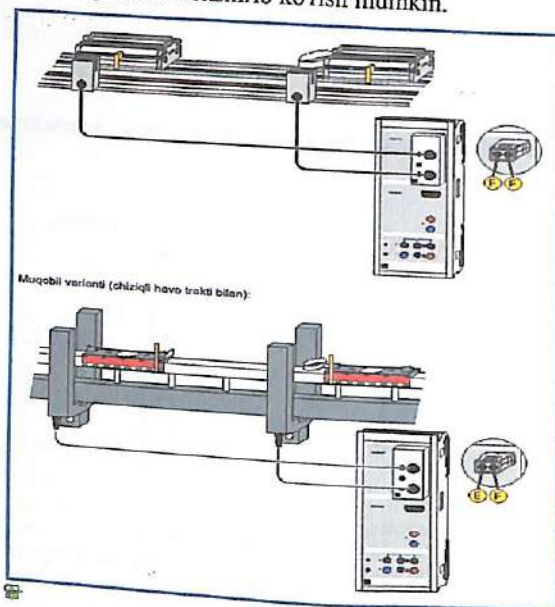
Namuna tajribalari va parametrlarni yuklash uchun CASSY Lab 2 help ma'lumotnomasidan foydalaning.

Energiya va impulsning saqlanishi (to'qnashuvda)

Pocket-CASSY bilan bajarilishi mumkin

Tajriba tavsifi

Ikki aravachaning 9 tezliklari to'qnashuvdan oldin va keyin ikki yorug'lik datchiklari orasidan o'tish vaqtini o'lchash orqali o'lchanadi. Shu usulda elastik va noelastik to'qnashuvda impulsning saqlanishi hamda elastik to'qnashuvda energiya saqlanishi qonunini tekshirib ko'rish mumkin.



Windows XP/Vista/7/8 OT o'rnatilgan kompyuter Muqobil varianti (chiziqli havo trakti bilan):

CASSY-	524 010 yoki 524
sensori.....	
CASSY Lab 2 dasturi.....	
Taymerli adapter yoki Taymer S.....	013 524 220
Chiziqli havo trakti.....	524 034 yoki 524
Trakt asosi.....	074 337 501
Havo manbai.....	337 45
Ta'minlash manbai kontrolleri.....	337 53
Shoxsimon yorug'lik datchigi.....	667 823
Ko'p negizli kabellar, 6-qutbli, 1.5 m.....	337 46
	501 16

Tajriba qurilmasi (rasmga qarang)

Dastlab trakti ishga tushiring va ikki yorug'lik datchikli ayirlarni o'rnatib (E va F kirishlarga taymerni ulang). Aravalar datchikli ayri orasidan bemalol o'ta olsun. Ikki aravachaga o'rnatilgan bayroqchalar aravacha ayri orasidan o'tganda yorug'lik datchiklari yaqinidan o'tishi lozim.

Tajribaning o'tkazish tartibi

Parametrlarni o'rnatish

- Jadvalga m_1 va m_2 massalarni kiriting (sichqoncha bilan m_1 va m_2 kiritiladigan xonalarga bosib klaviaturadan kiritishni faollashtiring).
- To'qnashuvdan oldin aravachalarning E va F datchiklarga bo'lgan o'rnini kiriting (Settings ϑ_1 , ϑ_2 , ϑ_1' yoki ϑ_2'). To'rtta turli joylashish holatlari mavjud:
 - Ikkala arava ham yorug'lik datchigi orqasida.
 - Chap aravacha yorug'lik datchiklari orasida, o'ng aravacha esa yorug'lik datchigi orqasida.
 - O'ng aravacha yorug'lik datchiklari orasida, chap aravacha esa yorug'lik datchigi orqasida.
 - Ikkala aravacha ham ichkarida (tutashgan holda).
- Bayroqchalarni o'rnatib (Settings ϑ_1 , ϑ_2 , va ϑ_2' ga ham).
- To'qnashuvni yuzaga keltiring (agar to'qnashuvdan oldin tezlik qiymati noldan farq qilsa $\rightarrow 0 \leftarrow$ amali bilan nolga keltiring) va amin bo'lingki yorug'lik datchiklari biron bir boshqa zarb yoki impulsni qayd qilmasin (masalan aravaning trakt oxiridagi qaytish zarbini va h.k.).
- O'lchashlarni End of Collision funksiyasi bilan chegaralang (o'lchashlar to'rtta tezlik o'lchab bo'lingach avtomatik to'xtatiladi).
- O'lchangan qiymatlarni @ tugma orqali jadvalga o'tkazib yoki $\rightarrow 0 \leftarrow$ amali bilan yangi o'lchashlarni boshlang.

Baholash

Jadvallar to'qnashishni amalga oshirishda oldin tayyorlanishi zarur, to'la impuls, energiya, to'la energiya va yo'qotilgan energiya qiymatlarini siz yoqorida tayyorlagan jadvallaringizga tugmasi bilan kiriting. Natijalarni belgilash uchun jadval kataklariga Click qiling. Agar siz qiymatlar to'qnashuvdan keyin shu zahoti kiritilishi zarur bo'lsa ekrandagi mos tugmalarni bosing.

Siz nazariya va tajriba natijalarini tekshirish uchun qo'shimcha formulalarga zarurat sezasiz. Elastik to'qnashuv uchun quyidagiga egamiz

$$\vartheta_1' = (2m_2\vartheta_2 + (m_1 - m_2)\vartheta_1) / (m_1 + m_2) \quad \vartheta_2' = (2m_1\vartheta_1 + (m_2 - m_1)\vartheta_2) / (m_1 + m_2)$$

Noelastik to'qnashuv uchun quyidagi o'rinli:

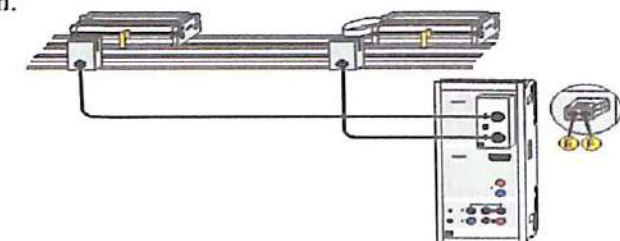
$$\vartheta_1' = \vartheta_2' = (m_1\vartheta_1 + m_2\vartheta_2) / (m_1 + m_2)$$

Noelastik to'qnashuvda energiya va impuls–ikkishoxsimon yorug'likda tchigibilano'lchash.

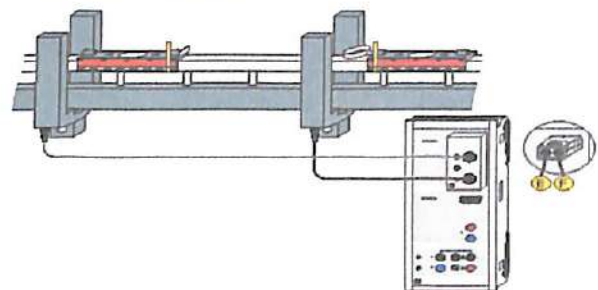
Mexanika

Moddiy nuqtaning ilgarilanma harakati Harakat miqdorining saqlanishi

Elastik to'qnashuvda energiya va impuls -Ikki shoxsimon yorug'lik datchigi bilan o'lchash.



Muqobil varianti (chiziqli havo trakti bilan):



CASSY Lab 2 tavsifnomasi

Namuna tajribalari va parametrlarni yuklash uchun CASSY Lab 2 help ma'lumotnomasidan foydalaning.

Energiya va impulsning saqlanishi (to'qnashuvda)

Pocket-CASSY bilan bajarilishi mumkin

Tajriba tavsifi

CASSY-sensori.....	524 010 yoki 524 013
CASSY Lab 2 dasturi.....	524 220
Taymerli adapter yoki Taymer S.....	524 034 yoki 524
Trakt.....	074 337 130
Aravacha.....	337 110
Qo'shimcha yuklar jufti.....	337 114
Aravacha uchun zarb prujinasi.....	337 112
Unversal yorug'lik datchigi.....	337 462
Ko'p negizli kabellar, 6-qutbli, 1.5 m.....	501 16

Ikki aravachaning 9 tezliklari to'qnashuvdan oldin va keyin ikki yorug'lik datchiklari orasidan o'tish vaqtini o'lchash orqali o'lchanadi. Shu usulda elastik va noelastik to'qnashuvda impulsning saqlanishi hamda elastik to'qnashuvda energiya saqlanishi qonunini tekshirib ko'rish mumkin.

Muqobil varianti (chiziqli havo trakti bilan):

CASSY-sensori.....	524 010 yoki 524
CASSY Lab 2 dasturi.....	013 524 220
Taymerli adapter yoki Taymer S.....	524 034 yoki 524
Chiziqli havo trakti.....	074 337 501
Trakt asosi.....	337 45
Havo manbai.....	337 53
Ta'minlash manbai kontrolleri.....	667 823
Shoxsimon yorug'lik datchigi.....	337 46
Ko'p negizli kabellar, 6-qutbli, 1.5	501 16

Windows XP/Vista/7/8 OT o'rnatilgan kompyuter

Tajribaning o'tkazish tartibi

Parametrlarni o'rnatish

- Jadvalga m_1 va m_2 massalarni kiriting (sichqoncha bilan m_1 va m_2 kiritiladigan xonalarga bosib klaviaturadan kiritishni faollashtiring).
- To'qnashuvdan oldin aravachalarning E va F datchiklarga bo'lgan o'rmini kiriting (Settings ϑ_1 , ϑ_2 , ϑ_1' yoki ϑ_2').

To'rtta turli joylashish holatlari mavjud:

- Ikkala arava ham yorug'lik datchigi orqasida.
- Chap aravacha yorug'lik datchiklari orasida, o'ng aravacha esa yorug'lik datchigi orqasida.
- O'ng aravacha yorug'lik datchiklari orasida, chap aravacha esa yorug'lik datchigi orqasida.
- Ikkala aravacha ham ichkarida (tutashgan holda).
- Bayroqchalarni o'rnatish (Settings ϑ_1 , ϑ_2 , va ϑ_2' gaham).
- To'qnashuvni yuzaga keltiring (agar to'qnashuvdan oldin tezlik qiymati nol dan farq qilsa $\rightarrow 0 \leftarrow$ amali bilan nolga keltiring) va amin bo'lingki yorug'lik datchiklari biron bir boshqa zarb yoki impulsni qayd qilmasin (masalan aravaning trakt oxiridagi qaytish zarbini va h.k.).
- O'lchashlarni **End of CoNision** funksiyasi bilan chegaralang (o'lchashlar to'rtta tezlik o'lchab bo'lingach avtomatik to'xtatiladi).
- O'lchangan qiymatlarni @ tugma orqali jadvalga o'tkazing yoki $\rightarrow 0 \leftarrow$ amali

bilan yangi o'lchashlarni boshlang.

Baholash

Jadvallar to'qnashishni amalga oshirishda oldin tayyorlanishi zarur, to'la impuls, energiya, to'la energiya va yo'qotilgan energiya qiymatlarini siz yoqorida tayyorlagan jadvalaringizga tugmasi bilan kiriting. Natijalarni belgilash uchun jadval kataklariga Click qiling. Agar siz qiymatlar to'qnashuvdan keyin shu zahoti kiritilishi zarur bo'lsa ekrandagi mos tugmalarni bosing.

Siz nazariya va tajriba natijalarini tekshirish uchun qo'shimcha formulalarga zarurat sezasis. Elastik to'qnashuv uchun quyidagiga egamiz

$$g'_1 = (2m_2g_2 + (m_1 - m_2)g_1) / (m_1 + m_2), g'_2 = (2m_1g_1 + (m_2 - m_1)g_2) / (m_1 + m_2)$$

Noelastik to'qnashuv uchun quyidagi o'rinli:

$$g'_1 = g'_2 = (m_1g_1 + m_2g_2) / (m_1 + m_2)$$

Erkin tushish-natijalar VideoCom bilan qayd va tahlil qilish

Mexanika

Moddiy nuqta ilgarilanma harakati. Erkin tushish

Natijalar VideoCom bilan qayd qilinadi va tahlil qilinadi

Tajriba maqsadi:

- Erkin tushish traketoriyasini VideoCom bilan qayd qilish.
- g – erkin tushish tezlanishini aniqlash

Qisqacha nazariya

Agar jism h balandlikdan pastga gravitatsiya maydonida erkin tushsa jismga g o'zgarmas tezlanish ta'sir qiladi va tushish balandligi kichik bo'lganda ishqalanishni hisobga olmaslik mumkin. Bunday harakat erkin tushish deyiladi. Erkin tushish to'g'ri chiziqli tezlanuvchan harakatga misol bo'la oladi.

Time $t = 0$ vaqtdagi boshlang'ich tezlik $g_0 = 0$ bo'lsa oniy tezlik quyidagicha

$$g(t) = g \cdot t \quad (16)$$

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

$$S = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (17)$$

Tajribada erkin tushayotgan jism tezkor bir-kadrli VideoCom CCD kamera bilan tasvirga olinadi. Kamera LED chiroqlar bilan erkin tushuvchi jismga o'rnatilgan akslantiruvchi folgani yoritadi va qaytgan chaqnash nuri kamera obyektiv orqali 2048 piksellli CCD liniyasiga tushadi (CCD: charge-coupled device-fotosezgir yarim o'tkazgichli matritsa). Berilgan holatida erkin tushayotgan jismning joriy holati tasviri kompyuterga ketma-ket interfeys orqali sekindiga 80 marta uzatiladi. Kompyuter dasturi bilan ta'minlangan VideoCom erkin tushayotgan jismning barcha harakatlarini yo'l-vaqt grafifi sifatida ko'rsatadi va o'lchangan qiymatlarni tahlil qiladi. Xususan tezlik

$$g(t) = \frac{S(t + \Delta t) - S(t - \Delta t)}{2 \cdot \Delta t}$$

va tezlanish

$$a(t) = \frac{g(t + \Delta t) - g(t - \Delta t)}{2 \cdot \Delta t}$$

sichqoncha bilan faollashtirilishi mumkin va biror Δt vaqt intervali tanlanishi mumkin.

Qurilma

VideoCom.....	337 47
tutashtiruvchi blok 230 V / 12 V~ / 20 W.....	562 791
uch oyoqli kamera.....	300 59
VideoCom uchun erkin tashlanuvchi jism.....	37 472
uslab qoluvchi magnit.....	336 21
taglik asosi, V-shaklli, 28 sm.....	300 01
taglik sterjeni, 25 sm.....	300 41
taglik sterjeni, 150 sm.....	300 46
Leybold multiqisqichlari.....	301 01
ulash simlari, 200 sm.....	501 38

Qo'shimcha:

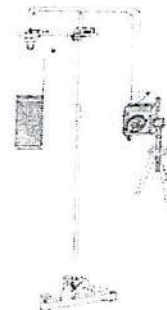
Windows 95/NT yoki yangiroq versiyali OT o'rnatilgan kompyuter

Qurilma va tajribani o'tkazish

Tajriba qurilmasi 9 – rasmda keltirilgan.

Erkin tushish uchun qurilmani sozlash:

Tutib qoluvchi magnitni taglik materialiga 9-rasmda ko'rsatilgabi kabi pastga qarab o'rnatish va VideoCom simlarini ulang (Video-Com yo'riqnomasiga murojat qiling).



9-rasm. Erkin tushish traketoriyasini VideoCom bilan qayd qilish tajribasi qurilmasi.

VideoCom o'rnatmalari:

- VideoCom uch oyoqli kamerani qat'iy vertikal joylashuvini ta'minlang va u

erkin tushish nuqtasidan taxminan 3 m masofada bo'lsin.

- VideoCom kamerasini iloji boricha erkin tushish traektoriyasiga parallel bo'lishini ta'minlang. Qat'iy perpendikulyarlik ta'minlanishiga e'tibor qiling.
- VideoCom kamerani tutashtiruvchi blok orqali tarmoqqa ulang va kompyuterning serial (COM1) portiga ulang.
- Zarurati bo'lsa VideoCom dasturiy ta'minotini o'rnatish va o'rnatish nomini "VideoCom Motions" deb nomlang va foydalanish tilini va ulanish uchun kerma-ket interfeysni tanlang (VideoCom yo'riqnomasiga qarang).

VideoCom sozlash:

VideoCom uchun mo'ljallangan erkin tushuvchi jismini ushlab turuvchi magnitga osilib turishi uchun

- elektromagnitga iloji boricha kamroq kuchlanish bering. Kuchlanishni VideoCom korpusidagi (a) pin bilan sozlang va erkin tushuvchi jism magnitga kuchsiz yopishib turishini ta'minlang.
 - Tutib turuvchi elektromagnitning ferromagnit o'zagini moslovchi vint (b) bilan shunday rostlangki erkin tushuvchi jism vertikal tik bo'lsin.
 - "VideoCom Motions" dasturida "Intensity Test" ga bosing.
 - Fonni kamaytirish uchun xonani bir oz qorong'ilashtiring.
 - VideoCom ni shunday sozlangki kameradagi LC displeyida yoki ekranda, o'ng tomonda ikkita cho'qqi ko'rinsin. Perpendikulyar yustirovkasini ham tekshiring.
 - Boshqa cho'qqilar bo'lmasligi uchun interferensilashgan yoki qaytgan yo'rug'lik tushishini cheklang.
 - Cho'qqilar intensivligi o'zgarishi bilan yustirovkani ham yaxshilab boring va 5 dan 1 ga qaytishda ham.
- VideoCom kalibrovkasi va yo'lning vaqtga bog'liqlik diagrammasini qayd qilish:**
- "Settings/Path Calibration" menyusini IET tugmasi yoki F5 klavishi bilan chaqiring.
 - "Path Calibration" registridagi ikkita akslantiruvchi folgalarning birinchi vaziyati uchun 0.2 m va ikkinchi vaziyati uchun 0 m qiymatlarni kiriting.
 - "Read Pixels from Display" tugmasini bosing va "Apply Calibration" funksiyasini faollashtiring.
 - "Settings/Path Calibration" menyusini yana bir marta chaqiring va "Measuring Parameters" registridan quyidagi o'rnatmalarni tanlang.
- Δt 12.5 ms (80 fps)

Flash\chaqnash Auto

Smoothing\illiqlash Maximum (8*dt)

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

- [C] Tugmasini yoki F9 klavishini bosib o'lchashni va erkin tushishini yozib olishni boshlang.
- Keyin "Settings/path Calibration" menyusidan "Linearization" registridan "Suggest Linearization" tugmasini bosing.
- Agar burchak $\alpha > 1^\circ$ aniqlansa VideoCom nni yetarlicha perpendikulyar bo'lunicha yustirovka qiling (10 - rasmga qarang).
- "Cancel" buyrug'i bilan linearizatsiyani bekor qiling.
- Video Com ning perpendikulyar yustirovkasini yaxshilang.

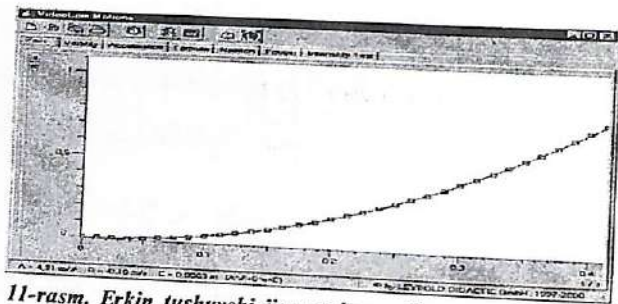


10-rasm. VideoCom va erkin tushish traektoriyasi orasidagi burchakni aniqlash chizmasi

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

- Jarayonni $\alpha < 1^\circ$ bo'lguncha takrorlang; keyin "Apply Lincization" ni faollashtiring va aniqlangan δ buzilishni qabul qiling.
 - O'lchangan qiymatlarni tugmasi bilan yoki F2 klavishi bilan saqlang va faylni nomlang.
- "Path Calibration" registratoridagi "Read Pixels from
- Table" tugmasini bosib so'l kollektorini takrorlang, "Apply Calibration" funksiyasini faollashtiring va "OK" bosib tasdiqlang.
 - Sichqonchani "s1/m" o'lchangan qiymatlar ustuniga olib kelib o'ng tugmasini bosing va chiqqan menyudan "Delete Column" buyrug'ini tanlang.
 - [R] Tugmasini bosib natijalarni saqlang va fayl nominikiritish uchun F2 dan foydalaning.

11-rasmda erkin tushayotgan jismning yo'l-vaqt diagrammasi (bosib o'tilgan yo'lning vaqtga bog'liqligi) keltirilgan. Bundan ko'rinadiki s yo'l t vaqtga chiziqli bog'liq emasligini ko'rsatadi. Vaqtga bog'liqligi parabolik qonuniyatga ega.

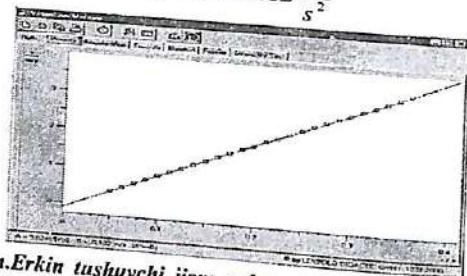


11-rasm. Erkin tushuvchi jism uchun yo'l-vaqt diagrammasi

O'lchash namunasi va baholash

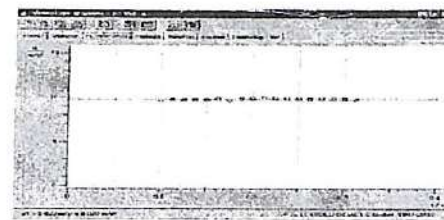
Parabola Ax^2+Bx+C asosida erkin tushish tezlanishi aniqlanadi. U quyidagicha $g = 2A = 9.82 \frac{m}{s^2}$. Oniy v tezlikning "Velocity" registratorini bosib hisoblangan qiymati vaqtga chiziqli bog'liqdir (12-rasmga qarang va (II) bilan solishtiring). $Ax+B$ to'g'ri chiziq qiyaligidan erkin tushish tezlanishi aniqlanadi:

$$g = A = 9.82 \frac{m}{s^2}$$



12-rasm. Erkin tushuvchi jism uchun tezlik-vaqt diagrammasi

Agarda oniy tezlanishning nazariy hisoblanadigan qiymati vaqt funksiyasidan topilsa, doimiy qiymati esa "Acceleration" tugmasi bosilib aniqlik chegarasida o'lchandi (13-rasmga qarang). Uning o'rtacha qiymati quyidagicha $g = 9.82 \frac{m}{s^2}$. Adabiyotlarda keltirilgan erkin tushish tezlanishining Evropa uchun qiymati: $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$



13-rasm. Erkin tushuvchi jism uchun tezlanish-vaqt diagrammasi

Qo'shimcha ma'lumot

12 va 13- rasmlarda keltirilgan erkin tushuvchi jism boshlang'ich tezligining qiymatlari manfiydir $B = -0.1 \text{ m/s}^{-1}$ (fizik jihatdan mantiqsiz). Amalda natijalarni qayd qilish harakat boshlanishidan sal oldinroq boshlanadi chunkin uslab turuvchi magnit jismni kichik vaqtga kechiktiradi.

Gorizantal burchak ostidagi harakat

Mexanika

Moddiy nuqtaning ilgarilanma harakati. Proyeksiya burchagi

Parabolaik shaklli traektoriyaning tezlikka o'tish burchagiga bog'liqligini nuqtaviy qayd qilish

Qisqacha nazariya

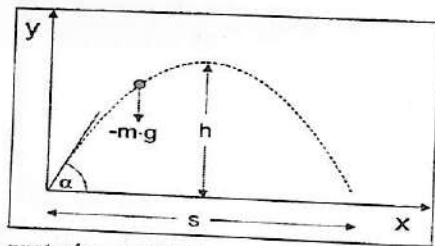
Tajribada m massali po'lat sharcha gorizontga α burchak ostida 90° boshlang'ich burchak ostida otigan. Po'lat sharchaning gravitatsiya maydonidagi harakatining tekislikdagi proeksiyasi (14-rasm) quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi:

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = m \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix} \quad (18)$$

$$\vec{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \text{ radius vektori}$$

m : po'lat sharcha massasi

$$\vec{F} = m \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix} \text{ po'lat sharchaga ta'sir qiluvchi kuch}$$



14-rasm. Moddiy nuqtaning gravitatsiya maydonidagi harakati. (18) tenglama asosida bo'ladigan harakatning tanlangan koordinatalar sistemasida tavsiflanishi

Texnika xavfsizligi

Quyidagi boshlang'ich shartlar asosidagi

$$\vec{r}(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{va} \quad \vec{g}(0) = \begin{pmatrix} g_0 \cdot \cos \alpha \\ g_0 \cdot \sin \alpha \end{pmatrix}$$

(18) tenglama yechimi po'lat shar koordinatalarining t vaqt funksiyasi kabi ifodalanadi:

$$x(t) = g_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

$$y(t) = g_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad (19)$$

Bularni s uchish masofasi va h maksimal ko'tarilish balandligining h og'ish burchagi α va g_0 boshlang'ich tezlikka bog'liq tenglamalar kabi ifodalash mumkin:

$$s = \left(\frac{g_0^2}{g} \right) \sin 2\alpha \quad (20)$$

$$h = \left(\frac{g_0^2}{2g} \right) \sin^2 \alpha \quad (21)$$

Bu tajribada uchish uzoqligi s va h maksimal ko'tarilish balandligi α og'ish burchagining funksiyasi sifatida g_0 boshlang'ich tezlikning uchta turli qiymati uchun aniqlangan.

Qurilma asbob-anjomlari

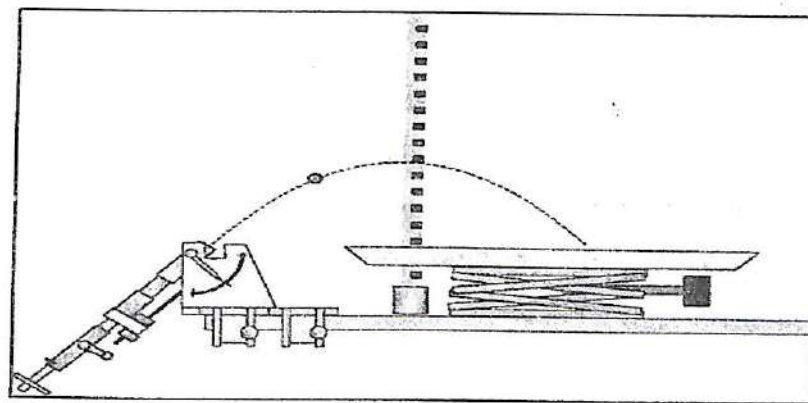
1 Katta proyeksion qurilma	33656
2 Qisqich	301 06
1 Vertikal shkala, 1 m	311 22
1 Po'lat o'lchov lentasi 2 m	311 77
1 Egarsimon asos	300 11
1 Laboratoriya tagligi	300 76
1 Lotok, 552 x 197 x 48 mm	649 42
1 Kvarts quv 1 kg	309 00 743

Texnika xavfsizligi

- Proyeksion qurilma yorlig'idagi texnika xavfsizligi bo'yicha tavsiyalar bilan tanishish.
- Qurilmani o'rnatishda yoki ish jarayonida barmoqlaringizning xavfli zonalarida bo'lishiga yo'l qo'ymang.
- Qo'lingizni jaraholashdan saqlaning

Qurilma

- Proyeksion qurilmani 15-rasmda ko'rsatilgani kabi stolga o'rnatish.
- Latokni laboratoriya tagligiga o'rnatish.
- Qum to'shalma sathi (I usulda) yoki oq qog'oz varagi ustidagi nusxa olish qog'ozi (II usulda) sathi proyeksion qurilmadagi sharcha sathi (10 sm) bilan bir xil sathda bo'lsin.
- Traektoriyaning h maksimal ko'tarilish balandligini o'lchash uchun shoxsimon asosga shkala o'rnatish.



15-rasm. Uchish uzoqligi va balandligining otilish burchagiga bog'liqligini aniqlovchi tajriba qurilmasi tuzilish chizmasi. Biror o'zgarish borligini tekshirish uchun 336 56 raqamli qurilma yo'riqnomasi bilan solishtiring

Tajribani o'tkazish tartibi

- Uchish uzoqligining otilish burchagiga bog'liqligini aniqlash.
- Berilgan boshlang'ich g_0 tezlikda s uchish uzoqligining otilish burchagiga bog'liqligini o'lchang.
 - Tajribani proyeksion qurilma prujinasining boshqa ikki holati y'ani v_0 boshlang'ich tezlikning yana ikki qiymati uchun ham takrorlang.

Eslatma: Sharchaning tushish nuqtasi ikki usulda Qum to'shalma (I usul) yoki oq qog'oz varagi ustidagi nusxa olish qog'ozi (II usul) bilan

qayd qilinishi mumkin. Ikkinchi usul uchun nusxa olish va oq qog'ozni yopishqoq lenta bilan mahkamlash tavsiya qilinadi. Har bir tushish nuqtasini raqamlab boring (336 56 raqamli qurilma yo'riqnomasiga qarang).

b) Ko'tarilish balandligining otilish burchagiga bog'liqligini aniqlash.

- Berilgan θ_0 boshlang'ich tezlikda maksimal ko'tarilish balandligining otilish burchagiga bog'liqligini o'lchang.
- Tajribani proyeksiya qurilma prujinasining boshqa ikki holati y'ani boshlang'ich tezlikning yana ikki qiymati uchun ham takrorlang.

Eslatma. Trayektoriyaning h maksimal ko'tarilish balandligi vertikal shkalali harakatlanuvchi chizg'ich bilan oson va aniq aniqlanishi mumkin. Qo'shimcha ma'lumot uchun 336 56 raqamli qurilma yo'riqnomasiga qarang.

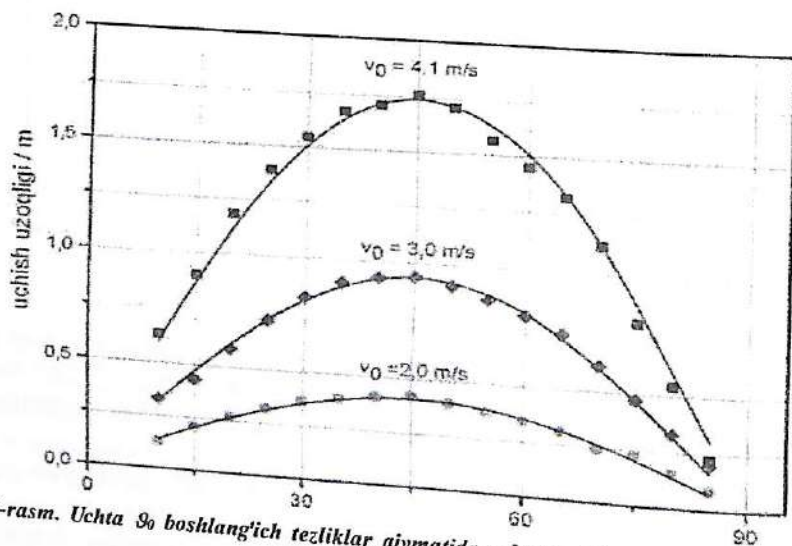
O'lchash namunasi

a) Determination of the range as function of inclination angle.

Baholash va natijalar

Uzluksiz chiziqlar (21) tenglama asosida kichik kvadratlar usulida aniqlangan qiymatlarga mos keladi. Parabolik qonuniyatdan chetlashish havoning qarshiligi natijasi bo'lishi mumkin.

Uzluksiz chiziqlar (20) tenglama asosida kichik kvadratlar usuli bilan hisoblangan qiymatlarga mos keladi. 16-rasmdan boshlang'ich v_0 tezlik $\alpha = 45^\circ$ burchak uchun (20) tenglamadan aniqlangan



16-rasm. Uchta θ_0 boshlang'ich tezliklar qiymatida s bosib o'tilgan yo'l qiymatining α o'g'ish burchagiga bog'liqligi

1-jadval. Turli boshlang'ich tezliklarda uchish uzoqligining α otilish burchagiga bog'liqligi.

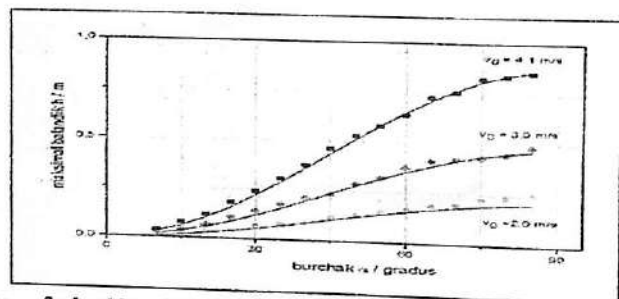
α , gradus	s_1 , m	s_2 , m	s_3 , m
10	0.130	0.330	0.630
15	0.210	0.430	0.900
20	0.265	0.580	1.180
25	0.320	0.715	1.390
30	0.365	0.825	1.545
35	0.390	0.900	1.670
40	0.410	0.930	1.705
45	0.420	0.940	1.760
50	0.400	0.910	1.710
55	0.375	0.860	1.565
60	0.345	0.800	1.450
65	0.310	0.735	1.320
70	0.245	0.610	1.120
75	0.225	0.470	0.800
80	0.155	0.330	0.540
85	0.085	0.200	0.225

2-jadval: Uchta har xil boshlang'ich tezliklar uchun h maksimum ko'tarilish balandligining otilish burchagiga bog'liqligi.

α , gradus	h , m	h , m	h , m
10	-	0.025	0.035
15	0.0250	0.035	0.075
20	0.030	0.065	0.115
25	0.035	0.105	0.180
30	0.065	0.140	0.235
35	0.080	0.175	0.305
40	0.085	0.213	0.375
45	0.110	0.230	0.460
50	0.130	0.285	0.530
55	0.150	0.320	0.580
60	0.165	0.375	0.640
65	0.185	0.410	0.730
70	0.195	0.422	0.760
75	0.225	0.430	0.825
80	0.235	0.445	0.840
85	0.250	0.485	0.256

16 va 17-rasmlardagi grafiklar (20) va (21) tenglamalarda ifodalangan qonuniyatlarni vertikal erkin tushishda va gorizontal harakatda qarshilik bo'lmagan deb hisoblangan to'la tasdiqlaydi. Po'lat sharcha trayektoriyasi kengligi va balandligi otilish burchagi va boshlang'ich tezligi qiymatiga bog'liq bo'lgan paraboladir.

$v_1 = 2.0 \text{ m/s}$
 $v_2 = 3.0 \text{ m/s}$
 $v_3 = 4.1 \text{ m/s}$



17-rasm. v_0 boshlang'ich tezlikning uchta turli qiymatlarida maksimal ko'tarilish balandligining α ug'ish burchagiga bog'liqligi.

Qo'shimchama'lumot

v_0 boshlang'ich tezlik shoxsimon moslamaga o'rnatilgan yorug'lik datchigi (33746) o'lchanishi mumkin. Tajriba qurilmasi haqida ko'proq ma'lumotlarni 33656 yo'riqnomasidan olasiz. O'lchangan qiymatlar to'g'ridan to'g'ri a) qismda tajriba natijalariga ko'ra eng kichik kvadratlar usulida topilgan qiymati bilan solishtirish mumkin. 16-rasmdagi namunaga qarang.

3-jadval: O'lchangan v_0 boshlang'ich tezlik qiymatining tajriba natijalari bilan solishtirish.

	a) tajriba	o'lchangan(yorug'. datchigi)
v_1 m/s	2.0	2.1
v_2 m/s	3.0	3.1
v_3 m/s	4.1	4.0

Yorug'lik datchigi bilan v_0 tezlikni o'lchash shuni ko'rsatadiki boshlang'ich tezlik v_0 qiymati α burchakka bog'liq emas.

Mexanika

Moddiy nuqtaning ilgarilanma harakati.

Gorizonttal va qiya harakat

Murakkab harakat: qiya harakat va erkin tushishni solishtirish.

Tajriba maqsadi:

- Bu tajriba shuni ko'rsatadiki, qiya trayektoriya bo'ylab harakatni vertikal va gorizonttal yo'nalgan ilgarilanma harakatlar yig'indisi deb qarash mumkin.

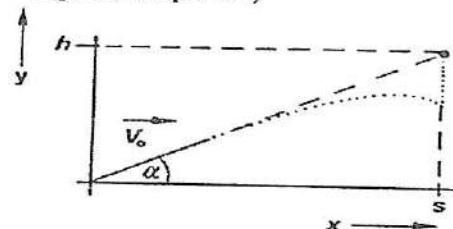
Qisqacha nazariya

Tajribada v_0 boshlang'ich tezlikli jims (sharcha) gorizontga nisbatan α burchak ostida $t=0$ vaqtda otilgan. Jism ko'chishi aniqlash uchun koordinatalar sistemasi kiritilgan bo'lib, harakat trayektoriyasi xy - tekislikka chiziladi va jismning boshlang'ich vaziyati koordinatalar boshi bilan mos tushadi (18-rasmga qarang). Harakatning x_1 va y_1 tashkil qiluvchilari quyidagilardir.

$$x_1(t) = v_0 t \cos \alpha \quad (22)$$

$$y_1(t) = v_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2 \quad (23)$$

bu erda g -erkin tushish tezlanishi, x_1 tashkil qiluvchi ilgarilanma harakatni y_1 tashkil qiluvchi esa $v_0 \sin \alpha$ boshlang'ich tezlikli vertikal harakatni tavsiflaydi. (22) va (23) tenglamalarni tajribada tekshirish uchun ikkinchi sharcha koordinatalar sistemasida (s , h) nuqtaga o'rnatilgan (18-rasmga qarang) va birinchi jism otilgach qo'yib yuboriladi hamda erkin tushadi. Bu ko'chish quyidagich ifodalanadi (y_2 tashkil qiluvchi)



18-rasm: Qiya otilgan jism harakatini erkin tushuvchi jism harakati bilan solishtirish

$$y_2(t) = h - \frac{1}{2} g t^2 \quad (24)$$

Agar ikkinchi sharcha harakat yo'nalishida qurilma uzunligiga teng masofaga qo'yilsa ko'tarilish balandligi va uchish uzoqligi otilish burchagi bilan quyidagicha bog'lanishda bo'ladi

$$\frac{h}{s} = \tan \alpha \quad (25)$$

Unda ikkala sharcha ushishi davomida to'qnashadi. (25) ga asosan 1-sharcha x -o'qi bo'ylab s masofani bosib o'tishi uchun

$$t_s = \frac{s}{v_0 \cos \alpha} \quad (26)$$

teng vaqt o'tadi. Agar t_s ni tenglamaga qo'ysak y_1 tashkil qiluvchi harakat tenglamasiga ega bo'lamiz:

$$y_1(t = t_s) = \frac{s \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{1}{2} g t_s^2 = h - \frac{1}{2} g t_s^2$$

$$\left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha \right)$$

Bu tenglama t_0 vaqtida erkin tushayotga ikkinchi jism harakat tenglamasi bilan yaxshi mos tushadi. Tajriba shuni ko'rsatadiki agar (25) shart bajarilsa ikkala sharchalar ham otilish tezligi v_0 qiymatidan qat'iy nazar to'qnashadilar.

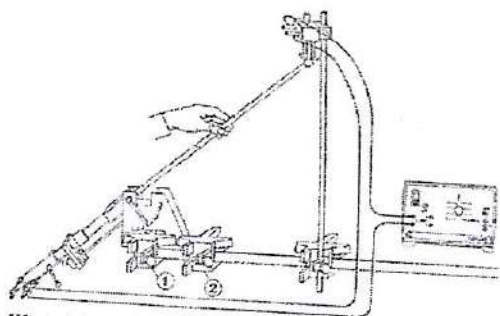
Harakat gorizontal bo'lsa, ikkinchi shar proeksion qurilma shathida joylashgan bo'lsa va $h=0$ balandlikdan erkin tushishdagi y_2 tashkil qiluvchi quyidagiga teng

Qurilma tarkibi

1 katta namoyish qurilmasi.....	336 56
1 ushlab turuvchi magnit.....	336 21
Ta'minlash manbai 10 V DC va 2A	
1 past kuchlanishli transformator S.....	591 09
1 metall o'lchov lentasi.....	311 77
3 qisqichlar.....	301 07
1 asosli sterjen, 75 sm.....	300 43

Qurilmani o'rnatish

Namoyish qurilmasi prujinasini siqayotganda va ishga tushirganda barmoqlaringizni xavfli zonaga olib bormang. Katta namoyish qurilmasini stolga eksplyatatsiya yo'riqnomasi va 19-rasm asosida mustahkam o'rnatish. O'rnatilgandan keyin burab qotiriladigan (1) va (2) qisqichlarni mustahkam qotiring.



19-rasm. Qiyalik bo'ylab harakatni o'rganish qurilmasi va qiyalik burchagini o'rnatish

Tutib turuvchi magnitni quvvur oxiriga harakatni to'xtatish uchun 19-rasmda ko'rsatilganidek o'rnatish. Proyeksiya nuqtasi va taglik ustuni orasidagi masofa taxminan 40 sm bo'lishi lozim. Kerakli elektr ulanishlarni amalga oshiring. Ta'minlash manbaini ulang va qurilma prujinasini siqing (siqish darajasi -2) va ikkinchi 30 millimetrlil po'lat sharni ushlab turuvchi magnitga biriktiring.

Tajribani bajarish tartibi

Proyeksion qurilmaning ishga tushirish uchun qattiq siqilgan prujinasini bo'shatish mexnizmini bosing va sharlar uchishi trayektoriyasini kuzating. Kerak bo'lsa proyeksion qurilmani qayta sozlang. Agar sharlar to'qnashsa prujinaning siqilish darajasini o'zgartiring va tajribani takrorlang

Baholash va natijalar

Agar qurilma to'g'ri sozlangan bo'lsa (sharlar otuvchi prujinali qurilma sathi darajasida to'qnashadi) otilish kuchi darajasidan qat'iy nazar sharlar erkin tushish paytida to'qnashadilar. Shunday qilib (22) va (23) tenglamalar bilvosita tasdiqlandi. Xususan, qiyalik bo'ylab harakat vertikal va gorizontal o'qlar bo'ylab ilgarilanma harakatlari yig'indisidan iborat deb qaralishi mumkin.

Girooskop chayqalishi

Mexanika

Aylanma harakat dinamikasi

Girooskop harakati. Girooskop pressesiyasini o'rganish

CASSY Lab 2 bilan birga bajariladi

Namunalar va ma'lumotlarni yuklash uchun CASSY Lab 2 help menyusidan foydalaning.

Girooskop pressesiyasi girooskop tashqi kuch tasirida harakatlanganda sodir bo'ladi. Girooskop shindeliga aylantiruvchi moment tasir qilsa shindel bu aylantiruvchi momentga mos aylanmaydi, u faqat to'g'ri burchakka buriladi. Girokopda koordinata boshidan o'tuvchi va koordinata boshiga burchak ostida bo'lgan aylanish o'qi mavjud (20-rasm). Koordinata boshidan girooskop og'irlik markazigacha bo'lgan masofa s va girooskop o'qining Z -o'qiga nisbatan og'irishi α ga teng.

Girokopning impuls momenti quyidagiga teng

$$\vec{L} = J \cdot \vec{\omega} \quad (27)$$

bu erda ω - girooskop aylanma chastotasi, J - girokopning 3-o'qqa nisbatan inertsia momenti. L qiymati odatda vaqtga bo'liq bo'ladi ya'ni $L=f(t)$. Girokopning og'irlik markaziga ta'sir qiluvchi $F=mg$ og'irlik kuchi aylantiruvchi momentni hosil qiladi va girooskop o'qining aylanishiga sabab bo'ladi.

$$\vec{M} = d\vec{F} = m \cdot d\vec{g}$$

shuning uchun

$$\vec{M} = d\vec{F} = m \cdot d\vec{g} \quad (28)$$

M kuch momenti F va d ga bog'liq bo'lib tekislikka nisbatan perpendikulyar yo'nalgan bo'lib dL impuls momentining o'zgarishiga olib keladi. dL impuls momentining o'zgarishi impuls momenti oniy qiymatiga perpendikulyar

yo'nalgan. M kuch momenti tomonidan hosil qilingan qo'shimcha impuls momenti quydagicha boladi:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} \quad (29)$$

bu erda quyidagi kelib chiqadi

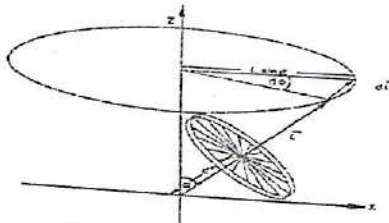
$$M = L \sin \alpha \frac{d\varphi}{dt} = L \cdot \sin \alpha \cdot \omega_p$$

bu erda

$$\omega_p = \frac{d\varphi}{dt} \quad (30)$$

precession chastota (28), (27) va (29) asosida quyidagini olish mumkin:

$$\omega_p = \frac{m \cdot g \cdot d}{L} = \frac{d}{\omega} \cdot \frac{m \cdot g}{J}$$



20-rasm. Giroskop pressesiyasi

Bundan aytish mumkinki pressesiya chastotasi d ogirlik markazidan tayanch nuqtasigacha bo'lgan masofaga to'g'ri proporsional va giroskop aylanish chastotasiga teskari proporsionaldir. Bu giroskop shpindeli va Z-o'q orasidagi burchakka bog'liq emas. (bu yerda diferensiallash uchun $\omega_p \ll \omega$ giroskop tez deb qaralgan). d bevosita aylana olmaydi chunki giroskop og'irlik markazi P noma'lumdir. O'lchashlardagi bu kattalik-masofa giroskop spindelining quyi nuqtasi va giroskop azimuti yuqori nuqtasi orasidagi masofadir. S_0 giroskop spindeli yuqori nuqtasi va spindelidagi ochilgan pazi orasidagi masofa. Giroskop og'irlik markazi P bo'ladi agar yuqoridan qo'yilgan qismi aniq pastga joylashsa. Agar $S = S_0$ giroskop og'irlik markazi va tayanch nuqtalari ustma-ust tushsa, ya'ni giroskop muvozanat holatini saqlasa, chapga yoki o'ngga og'masa (erkin giroskop kabi). Tanlangan har qanday P uchun

$$d = S_0 - S$$

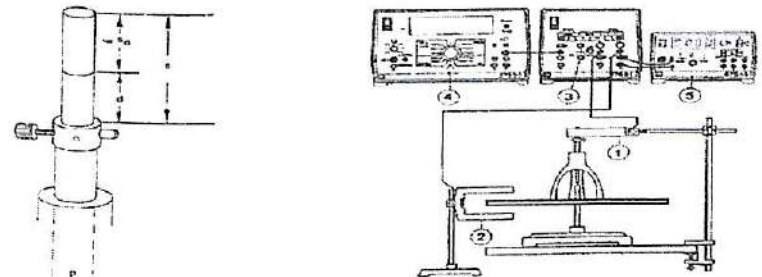
d ning qiymati musbat yoki manfiy va pressesiya harakat yo'nalishi soat streklasi bo'ylab yoki teskari bo'lishi tayanch nuqtasi og'irlik markazidan yuqorida yoki pastda bo'lishiga bog'liq.

Qurilma tarkibi

taglikli sterjen, 100 sm.....	300 44
taglikli sterjenlar, 25 sm.....	300 44
Leybold multiqisqichlar.....	301 01
burama qisqich, yakkalik.....	301 07
Shoxsimon yorug'lik datchigi.....	337 46
katta giroskop.....	348 18
ulanish kabellari, 6-pinli, 1.5 m.....	501 16
P-sanagich.....	575 51
raqamli sanagich.....	575 50
boshqarish kalitlari.....	575 51
10 dona yuklar, har biri 100 g.....	590 24
ulanish simlari, 25 sm.....	501 23
bir juft shtangosirkul.....	311 52
dinamometr, 100 N.....	314 201
taglik asos.....	300 02

O'rnatish:

21-rasmda keltirilgan tajriba qurilmasini yig'ing. Pressesiya chastotasini o'lchash uchun yorug'lik datchigidan (1), boshqaruv bloki va raqamli sanagich (4) dan foydalaning. Pressesiya davrini o'lchash uchun 21-rasmda ko'rsatilgan boshqaruv bloke qora tugmasini bosib va tanlash kalitini (3) "man" holatiga o'tkazing. Raqamli sanagichni (4) vaqtini o'lchash holatiga o'tkazing.



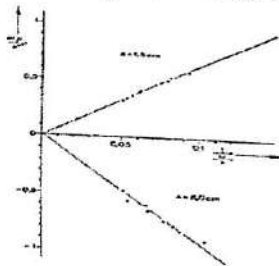
21-rasm. Tajriba qurilmasi

Eslatma:

Aylanma chastota ω giroskop spitsalari bilan (2) yorug'lik datchigidan o'tishi chastotasi f bilan aniqlanishi mumkin. Bir aylanish yorug'lik yo'lidan 18 marta o'tishga mos keladi (18 ta spetsa): $\omega = 2\pi f = 2\pi N / 18$ (N : sanagich ko'rsatishi)

Tajribaning borishi: Maqbul s masofani stangensirkul bilan o'rnatib. Giroskopni vertikal o'rnatib va asos taglikni shunday joylashtiringki giroskop spetsialari yirug'lik datchigi virtual o'qida yorug'lik nurini kesib o'tsin. Giroskopni harakatga keltiring. O'ng qo'l bilan yuqori nuqtasidan mahkam ushlab chap qo'l

bilan giroskop gildiragini aylantiring, giroskop tez aylansin ammo 3 Hz dan tezroq emas. Giroskop shpindelini sekin qiyalatingki giroskop pressessiyasi shindellarning qo'shimcha tebranishsiz sodir bo'lsin. Giroskop sekin-asta sekinlasguncha ω_p va ω qiymatlarni bir necha marta o'lchang. Amin bo'lingki, pressessiya chastotasi mos ω aylanish chastotasida o'lchangan bo'lsin. Tajribani s ning bir necha qiymatida olib boring. So ni shtangensirkul bilan o'lchang.

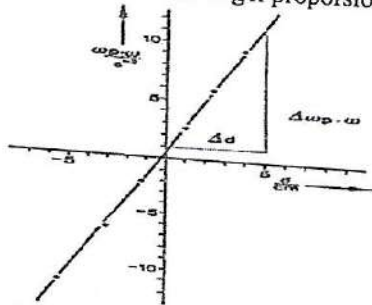


22-rasm. ω_p $s_1=1.5$ sm va $s_2=8.0$ sm bo'lganda $1/\omega$ funksiyasi

22-rasmdan ω_p , $s_1=1.5$ sm va $s_2=8.0$ sm bo'lganda $1/\omega$ funksiyasidir; ω (6) ga asosan aniqlanadi.

Natijalar: 22-rasm ko'rsatadiki ω va $1/\omega$ qiymatlar orasida (30) tenglamaga asosan d ning turli qiymatlarida chiziqli proporsionallik mavjud.

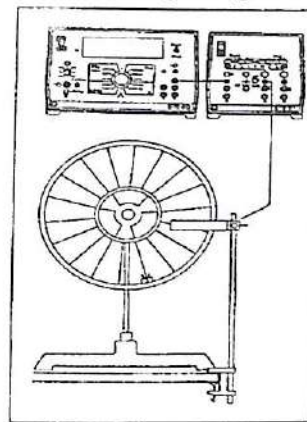
23-rasmdan ko'rinadiki ω/ω_p va d orasida to'g'ri proporsionallik mavjud ekan.



23-rasm. $\omega_p \cdot \omega d$ funksiyasidir, $d=s_0-s$; $\omega(6)$ asosida aniqlangan

Eslatma: so uzunligini o'lchashdagi xatoliklar tufayli 23-rasmdagi grafik to'g'ri chizig'ining koordinata boshidan o'tmasligiga olib keladi. Shuning uchun d ning qiymati taxminan 2 mm ga kichikroq va mos holda to'g'ri chiziq 2 mm ga d tomon siljigan. Pressessiya burchagi kichikroq bo'lib qoladi, giroskop vertikal holatdan doimo og'ishga intilishi bilan yana ham kichikroq bo'lib boradi. Pressessiya burchagi kichikroq bo'lib qoladi, giroskop vertikal holatdan doimo og'ishga intilishi bilan yana ham kichikroq bo'lib boradi. Bu effekt giroskop azimutidagi podshibniklaridagi ishqalanish tufayli vujudga keladi va bu giroskop

tajribalar davomida turtib turishi kerakligini anglatadi.



24-rasm. Giroskopning J inertiya momentini aniqlash

Giroskop fizik mayatnik kabi ishlashi lozim. Unga 24-rasmda ko'rsatilgani kabi 100 g massali yukni gi'dirak ichiga qo'ying. J qiymati qo'shimcha yuk massasini R masofa va T aylanish davri orqali hisoblanishi mumkin.

$$J = mR \left(\frac{gT^2}{4\pi} - R \right)$$

Bu yerda g - erkin tushish tezlanishi.

To'la bir marta tebranishni sanagich bilan qayd qilish uchun boshqaruv blokidagi qora tugmani (24-rasm) bosish zarur. Raqamli sanagichni vaqtni o'lchash uchun ishga turshiring.

Tajribani o'tkazish:

Reset tugmasi bilan sanagichni nolga keltiring. Mayatnikni shunday joylashtiringki yorug'lik datchigi faqat bitta spetsiya bilan to'la bir marta aylantirishda kesib o'tish zarur.

Eslatma: Bu spetsiya bir aylanish mobaynida ikki marta yorug'lik datchigini kesib otadi.

Va nihoyat prujinali dinamometr bilan giroskop massasini aniqlang.

O'lchash namunasi:

$$m=3.0 \text{ kg}, T=3.48 \text{ s}, R=0.236 \text{ m}$$

Baholash va natijalar:

O'lchash namunasiga ko'ra biz $J=0.13 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ inertiya momentiga ega bo'ldik (7) ga ko'ra. Shunday qilib, 23-rasmdagi grafik gradiyenti uchun nazariy qiymati

$$\frac{mg}{J} = \frac{3.0 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ ms}^{-2}}{0.13 \text{ kgm}^2} = 226 \text{ m}^{-1}\text{s}^{-2}$$

23-rasmdan gradiyentni quyidagicha qayd qilamiz

$$\frac{\Delta(\omega_p \cdot \omega)}{\Delta d} = 214 \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

Shunday qilib pressesiya chastotasi qiymati miqdoran shunday aniqlanadi.

Mexanika

Giroskop chayqalishi

Aylanma harakat dinamikasi. Giroskop harakati

Ishni maqsadi

- Azimutda muvozanatda turuvchi giroskopning chayqalish chastotasining aylanish chastotasiga bog'liqligini o'lchash.

$$f_n = f_z \cdot \frac{J_z}{J_{xy}} \text{ bog'lanishni nazariya bilan solishtirish}$$

J_z - z o'qi bo'ylab inertsia momenti

J_{xy} - ekvatorial o'q bo'ylab inertsia momenti

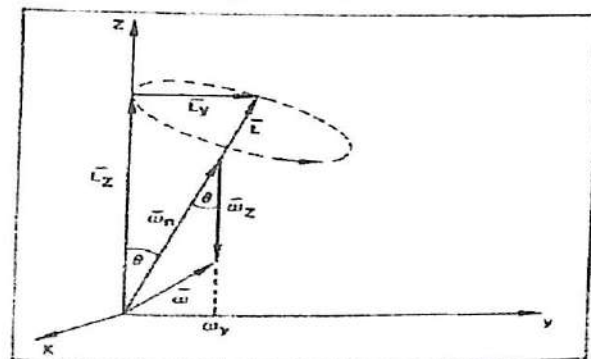
Aylantiruvchi moment ta'sir qilmayotgan simmetrik giroskop og'irlik nuqtasida muvozanatda bo'ladi va uning impuls momenti quyidagiga teng va doimiydir

$$\vec{L} = J\vec{\omega}$$

bu erda ω - giroskopning burchak tezligi, J - inertsia tenzoridir. Bizning tajribada qo'llanilayotgan giroskop uchun J inertsia momenti quyidagi tashkil qiluvchilarga ega.

Agar burchak tezlik yo'nalishi inertsia momenti asosiy o'qlari bo'ylab yo'nalmagan bo'lsa, L va ω yo'nalishi mos tushmaydi. Natijada, giroskopning koordinata boshi bilan bog'langan o'qi bir nuqtada doimiy turmaydi, ammo impuls momenti vektori yo'nalishi bo'ylab f-“chayqalish chastotasida” aylanadi. Burchak tezlik ω ikkita tashkil qiluvchiga ajratilishi mumkin ω_z - giroskop o'qi bo'ylab aylanish burchak chastotasi va ω_n chayqalish burchak tezligi (25- rasmga qarang). ω yo'nalishi ham “oniy aylanish o'qi” kabi aniqlanadi. L , ω va ω_z yo'nalishlari doimo bir tekislikda yotadi. ω_z va ω_n orasidagi bo'g'lanishni hisoblash uchun biz giroskop harakatini giroskop tanasi bilan bog'langan Dekart koordinatalar sistemasining laboratoriya bilan bog'langan Dekart koordinatalar sistemasi bilan mos kelgan vaqtda o'rganamiz.

$$J = \begin{pmatrix} J_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & J_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & J_z \end{pmatrix};$$



25-rasm. Qo'llaniladigan o'zgaravchilar va (4) tenglamani differensiallash uchun matnga qarang

Dastlab, quyidagi tenglamalar L impuls momenti tashkil qiluvchilari uchun o'rinalidir:

$$L_y = J_{xy}\omega_y = L \sin \theta \quad (32)$$

$$L_z = J_z\omega_z = L \cos \theta \quad (33)$$

L_x nolga teng chunki, $L(x,y)$ tekislikda yotadi. 25-rasmda biz quyidagini olishimiz mumkin:

$$\sin \theta = \frac{\omega_y}{\omega_n} \quad (34)$$

(32) va (34) dan dastlab quyidagini olishimiz mumkin

$$L = J_{xy}\omega_n$$

Agar biz (33) tenglamadan L ni yo'qotib bu tenglamani ω bo'yicha yechsak ω_n

$$\text{uchun quyidagini olamiz: } \omega_n = \omega_z \frac{J_z}{J_{xy} \cos \theta}$$

yoki 2π ga bo'lingandan keyin va kichik θ burchaklar uchun

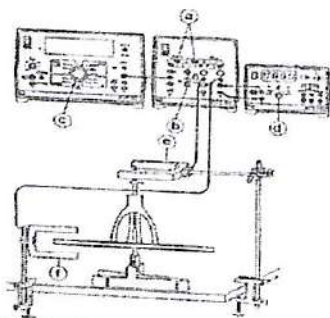
$$f_n = f_z \cdot \frac{J_z}{J_{xy}} \quad (35)$$

Aylanish chastotasi f_z va chayqalish chastotasi f_n orasidagi bo'g'lanishni ifodalovchi proporsionallik koeffitsiyenti tajribada miqdor jihatdan ko'rsatildi. Agar giroskopning asosiy inertsia momentlari J_z va J_{xy} ma'lum bo'lsa proporsionallik koeffitsiyenti J_z/J_{xy} ham aniqlanishi mumkin.

Qurilma tarkibi:

U-simon yorug'lik datchigi.....337 46

Ulanish kabellari, 6-o'zakli.....	501 16
Taglik asosga o'rnatilgan katta giroskop.....	348 18
Sanagich-P.....	575 45
Raqamli snagich.....	575 50
Boshqaruv paneli.....	575 51
Taglikli sterjen, 75 sm.....	300 43
Taglikli sterjen, 47 sm.....	300 42
Taglikli sterjen, 25 sm.....	300 41
Leybold multiqisqichlari.....	301 01
Stolga qo'yikadigan qisqich(tutgich), yakka.....	301 07 2
Ulash simlari, 25 sm.....	



26-rasm. Chayqalish chastotasi f_n va aylanish chastotasi f_z ni aniqlash qurilmasi

Qurilma: Qurilmani 26-rasmga ko'rsatilgani kabi tuzing va bir birga biriktiring va ulang. Boshqaruv panelidan qora rangdagi (a) tugmani bosib T_n chayqalish davrini o'lchang. "man" rejimi uchun (b) kalitni ulang. Vaqt shkalasini ms ga va chastotani 1 kHz qilib tanlash uchun (c) tugmani "Hz" shkala rejimini tanlash uchun (d) tugmani bosing.

Giroskopni shunday sozlangki og'irlik markazi tayanch sterjen oxirida bo'lsin. Buni posibnik vtulkasida mahkamlagichni siljitib tekshiring. Giroskop o'qini giya holda saqlab uni sekin aylanish holatiga o'tkazing va qo'yib yuboring. Pressesiya harakati sodir bo'lmasin.

Sozlash uchun yordamchi ma'lumot: to'g'ri sozlangan holda podshibnik korpusi yuqori nuqtasi podshibnik panelida ko'rsatilgan belgi sathida bo'ladi.

Giroskop tagligini shunday siljitingki val (c) yorug'lik datchigi nurini kesib o'tsin, keyin esa (f) yorug'lik datchigini shunday o'rnatilgan nurini giroskop spetsiyalari kesib o'tsin (kesib o'tish holati yorug'lik datchigidagi LED diodlar bilan indikasiya qilinadi).

Tajribaning borishi:

Chap qo'lingiz bilan giroskop validan ushlang va chap qo'lingiz bilan giroskop tez aylanishi uchun bir nech bor turtki bering. Giroskop valini qo'yib

yuborganingizda unga yon tomonga qarab kichik turtki beringki, chayqalish boshlanganda u yorig'lik datchigi nuri yo'lini kesib o'tsin.

1H Iz In Hz	In In ns	$f_n = \frac{1}{T_n}$ in Hz	Fz in Hz
38	308	3.25	2.11
35	301	3.25	1.94
33	355	2.82	1.83
32	362	2.76	1.78
30	387	2.58	1.67
28	420	2.38	1.56
26	440	2.27	1.44
25	467	2.14	1.39
22	536	1.87	1.22
20	575	1.74	1.11
19	610	1.64	1.06
18	645	1.55	1.00
17	688	1.45	0.94
16	729	1.37	0.89
15	774	1.29	0.83
14	859	1.16	0.87
13	890	1.12	0.72
11	1089	0.92	0.61

Boshqaruv panelida reset tugmasini bosib T chayqalish davrini sanagich bilan aniqlang. P sanagichdagi 18 f nurni kesib o'tish soniga (18-spetsiya) 1 ta aylanish yoki bir davr to'g'ri keladi.

Tajribani aylanish tezligi kamayishi barobarida bir necha marta takrorlang (Har bir o'lchashdan oldin reset tugmasini bosishni unutmang).

Baholash va natijalar.

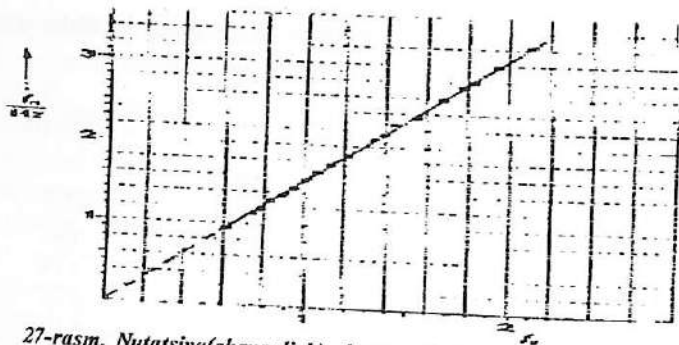
$f_n = f(f_z)$ funksiyani grafikli tasvirlanishi nutatsiya (chayqalish) chastotasi va aylanish chastotasi orasidagi boglanish chiziqli ekanligini ifodalaydi (27-rasmga qarang). $f_n \sim f_z$ yoki $f_n/f_z = \text{const}$.

Buyerda

$$c = \frac{\Delta f_n}{\Delta f_z} = 1.54$$

27-rasmidagi burchak qiyaligi bundan olamizki

$$\frac{f_n}{f_z} = 1.54$$

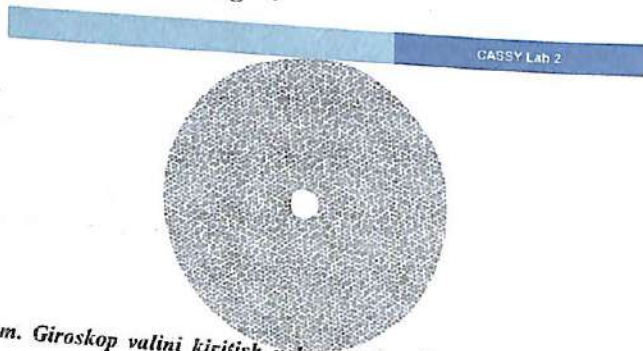


27-rasm. Nutatsiya(chayqalish) chastotasi f_n va f_z aylanish chastotasi orasidagi bog'lanish

(35) tenglamaga asosan quyidagi bog'liqlik kelib chiqadi:

$$\frac{f_n}{f_z} = \frac{J_z}{J_{xy}}$$

O'qqa ta'sir qiluvchi inertsia momenti $J_z = 0.128 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ va ekvatorial inertsia momenti $J_{xy} = 0.0855 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ bo'lganda: (1.4.4.3-tajribadan olingan) quyidagiga egamiz: $\frac{f_n}{f_z} = \frac{0.128 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{0.0855 \text{ kg} \cdot \text{m}^2} = 1,5$



28-rasm. Girooskop valini kiritish uchun qog'oz disk. O'lchumi diskka bog'liq va markazdagi tirgishli diametri 12 mm.

Eslatma: 25-rasmga ko'rsatilgan impuls momenti, burchak tezlik simmetriya o'qi holatlari bizning tajribada qo'llanilgan yassi girooskop uchun o'rinalidir. Cho'zinchoq girooskop uchun esa (yassi girooskopdan farqli ravishda $J_z < J_{xy}$) oniy aylanish o'qi inertsia momenti vektori qoyilgan nuqta va simmetriya o'qi orasida joylashadi. Biroq shuning uchun (35) bog'liqlik o'rinalidir.

Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishi aniqlash

Mexanika

Tebranishlar

Matematik va fizik mayatnik

Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishi aniqlash

Ishni maqsadi:

- Mayatnik tebranish davrining mayatnik ipi uzunligiga bog'liqligini aniqlash.
- Mayatnik tebranish davrining mayatnik og'ish burchagiga bog'liqligini aniqlash.
- Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash.

Kirish

Tebranish (va to'lqin) tabiatda va texnikada ko'p kuzatiladigan va yaxshi ma'lum bo'lgan hodisadir. Bu hodisani ham nazariy ham amaliy o'rganish fizikaning fundamental asoslarini tushunish va o'rganishda juda muhim hisoblanadi. Shuningdek bu tajribalar nazariy va amaliy fizika orasidagi bog'liqlikni elementar darajada tushunishga imkon beradi.

Matematik mayatnik tajribasi mexanik tebranishni modelini vaqt va uzunlikni o'lchash bilan tavsiflovchi ko'plab turli tajribalar orasida eng mashhuri hisoblanadi. Boshqa mexanik tebranishlar modelini tadqiq qilish uchun quyidagilarga murojat qiling: fizik mayatnik (ya'ni teskari mayatnik: P1.5.1.2 to P1.5.1.6), prujinali mayatnik (P1.5.2.1 yoki S-laserli harakat sensori bilan CASSY tajribalari: PCP1.5.1 dan PCP1.5.5 gacha) va aylanma tebranish (P1.5.3.1 dan P1.5.3.4 gacha) bularning bari o'rganilishi zarur bo'lgan tebranishlarning asosiy turlaridir (erkin, majburiy va vaoptik tebranishlar titrash tebranishi bilan birga).

Qisqacha nazariya

Oddiy matematik mayatnik deganda L uzunlikdagi vaznsiz ipga osilgan m massali moddiy nuqta tushuniladi. Ishqalanish kuchlarini hisobga olmagan holda moddiy nuqta harakati Nyuton qonunlari asosida nazariy ravishda quyidagicha tavsiflanishi mumkin:

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + D \cdot \sin \varphi = 0$$

(36)

$J = mL^2$: osma chetiga nisbatan inertsia momenti
 $D = m \cdot gL$: kuch momenti
 g : erkin tushish tezlanishi
 φ : og'ish burchagi

m: massa

Kichik burchaklar ($\sin \varphi \approx \varphi$) uchun (36) tenglama yechimi moddiy nuqta quyidagi tebranish davri bilan o'g'irlik kuchi ta'sirida tebranishini ko'rsatadi:

$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{J}{D}} = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (37)$$

Shuning uchun mayatnik tebranish davri T va L uzunligini bilgan holda matematik mayatnikdan g erkin tushish tezlanishini aniqlash mumkin.

Mayatnik tebranishi ham energiya aylanishini kuzatish mumkin bo'lgan standart namunadir. (36) tenglamani t vaqt bo'yicha integrallab energiyaning saqlanish tenglamasi ilinishi mumkin:

$$L^2 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + 2g L(1 - \cos \varphi) = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = E_0 = \text{const} \quad (38)$$

E_{kin} : kinetik energiya E_{pot} : potentsial energiya, E_0 : to'la energiya, $\varphi = \alpha$ bo'lgan nuqtada burchak tezlik nolga tenglashadi va potentsial energiya minimal qiymatga erishadi.

$$E_0 = 2g L(1 - \cos \alpha) \quad (39)$$

(38) tenglamani (39) tenglama bilan almashtirsak kattaroq og'ish burchaklari uchun tebranish davrini aniqlash imkonini paydo bo'ladi:

$$\frac{T}{4} = \sqrt{\frac{J}{g}} \int_0^\alpha \frac{d\varphi}{\cos \varphi - \cos \alpha}$$

$k = \sin(\alpha/2)$ deb olsak tebranish davri quyidagicha aniqlanadi

$$T = 4 \sqrt{\frac{L}{g}} \int_0^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}} = 4 \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot K(k)$$

Bu erda $K(k)$ birinchi tartibli elliptik integral. Tebranish davri uchun berilgan $K(k)$ tartibni davom ettirsak:

$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\varphi}{2} + \dots \right) \quad (40)$$

O'g'ish burchagining kichik qiymatlarida ya'ni $\varphi < 7^\circ$ bo'lsa, tebranish davri (36) tenglama natijasiga yaqin bo'ladi - bu tenglama esa m massali jismga ta'sir qiluvchi barcha kuchlarni hisobga olgan (35) tenglama.

Mazkur tajriba qurilmasida po'lat sharcha po'lat simga osilgan. (Muqobil sifatida po'lat sim o'rniga leskadan (309 48) foydalanish ham mumkin.) Osmaga mayatnik ilgakli burama mixga o'rnatilgan moslamada ishqalanishni kamaytirish uchun uchi bilan igna (ishqalanishni kamaytirish uchun) qo'yilgan Metall sharcha massasi po'lat sim massasidan ancha katta va osma turli ishqalanishlardan holi yoki minimallashtirishda matematik mayatnikning nazariy modelining approximationsidir. Natijalar aniqligini oshirish uchun tebranishlar sonini ham oshirish zarur. Bunday holda erkin tushish qiymatidagi xatolik faqat mayatnik uzunligi qiymatidagi xatolikka bog'liq bo'ladi.

Asboblari va anjomlar

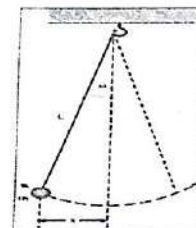
Osmaga osilgan sharli mayatnik.....346 39

Po'lat o'lchash lentasi, 2 m.....311 77

Stopli soat.....313 07

Qurilma

Birinchidan, osma mayatnikning ilgagi shiftning bo'rtik joyiga yoki mos joyiga maxsus moslama bilan biriktirish zarur bo'ladi. Osmali mayatnikni og'ish burchagini aniqlash oson bo'lishi uchun devor yaqiniga joylashtirish tavsiya qilinadi.



28-rasm. L uzunlkdagi oburchakka og'dirilgan matematik mayatnik tebranish davrini aniqlash qurilmasi

Po'lat simning bir uchi ilgakli burama mixga ilinadi, bog'langan. Ikkinchi uchi esa sim uzunligi o'lchagandan keyin halqaga mahkamlanadi. Shiftda parma bilan o'rin oching va ilgakni o'rnatish. Po'lat sim o'rniga leskadan foydalanish ham mumkin (30948).

Shiftga mahkamlangan ilgaksimon burama mixga sharli ip biriktirilgan ilgaksimon igna ilib qo'yiladi. Mayatnik uzunligi sharchadagi burama mixni burab keragicha moslashtirish mumkin.

Texnika xavfsizligi

Og'ish burchagini katta olish sharchaning katta amplitudada tebranishiga sababchi bo'ladi va buning natijasida sharchadan atrofdagilar zararlanishi mumkin.

Tajribaning borishi

Tebranish davrini og'ish burchagi funksiyasi sifatida aniqlash. Mayatnik uzunligini 1.0 metrdan uzunroq qilib tanlang. Bir nechta burchaklar uchun 10 davrni olchang. Og'ish burchagini φ ni aniqlash uchun mayatnik tagiga x ni aniq o'lchash uchun metall o'lchagich o'rnatilgan (28- rasmga qarang). Og'ish burchagi quyida berilgan trigonometrik tenglamadan aniqlanadi:

$$\varphi = \arcsin \frac{x}{L} \quad (41)$$

Tebranish davrining uzunlikka bog'liqligini aniqlash

1. Mayatnik uzunligini 1.0 metrdan uzunroq qilib tanlang.
 2. O'lchash xatoligini kamaytirish uchun 10 tebranish davrini o'lchang.
 3. Mayatnik uzunligi L ni o'lchang.
 4. Tajribani mayatnikning uzunligini o'zgartirib takrorlang.
- Mayatnik uzunligini 0.8 m dan 2.0 m gacha oraliqda tanlash tavsiya qilinadi.

O'lchash namunasi

- a) Tebranish davrining o'g'ish burchagiga bog'liqligini aniqlash.

4-Jadval. Mayatnik uzunligi $L=2.05$ m bo'lganda T tebranish davrining (o'lchashda tebranishlar soni 10 dan ko'proq) o'g'ish masofasi (amplitudasi) va burchagiga bog'liqligi. Og'ish burchagi (39) tenglama asosida aniqlanadi

$\frac{L}{m}$	φ ° deg	T s
0.10	2,8	2,83
0.20	5,6	2,83
0.30	8,4	2,83
0.40	11,3	2,84
0.50	14,1	2,84
0.60	17,0	2,85
0.80	23,0	2,86
1.00	29,2	2,88
1.20	35,8	2,89
1.35	41,2	2,93
1.50	47,0	2,96
1.70	56,0	3,00

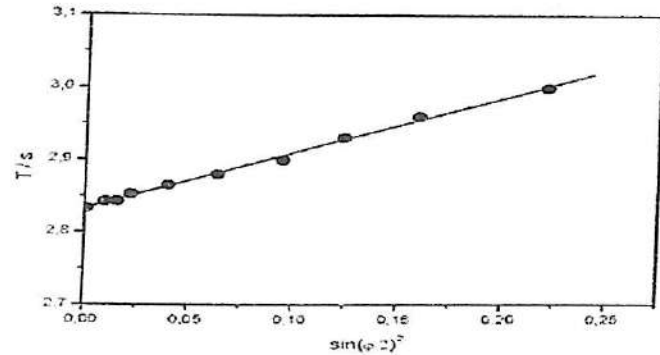
- b) Tebranish davrining uzunlikka bog'liqligini o'lchash

5-jadval. Tebranish davri T (o'lchash 10 tebranishda) L uzunlik funksiyasi sifatida (kichik og'ish burchaklarida).

L_m	T_s
0.80	1.77
1.00	2.10
1.25	2.24
1.50	2.44
1.75	2.66
2.05	2.84

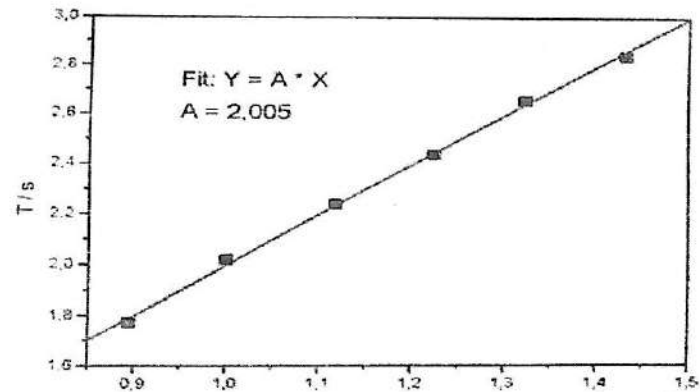
Baholash va natijalar

29-rasm 5-jadval natijalarini akslantiradi: Tebranish davri T (V) tenglamaga asosan $\sin^2(\varphi/2)$ qiymatiga proporsionaldir.



29-rasm. Uzunligi $L = 2.05$ m bo'lgan mayatnikning T tebranish davrining o'g'ish burchagiga bog'liqligi

Bog'lanish yaqqolroq ko'rinishi uchun T qiymatining $\sin^2(\varphi/2)$ ga bog'liqligi tasvirlangan. Uzlüksiz chiziqli (V) tenglama asosida olingan bog'lanishdir. 30-rasm 5-jadvalda keltirilgan natijalar grafigi keltirilgan. Tebranish davri va mayatnik uzunligi L o'zaro quyidagicha bog'langan: $T \sim \sqrt{L}$. Chiziqli bog'lanish asosida (30-rasm) aniqlangan erkin tushish tezlanishi qiymati quyidagicha: $g=9.82$ m/s², $g=9.8$ m/s² (adabiyotlardan Germaniya uchun olingan qiymat)



30-rasm. T tebranish davrining (kichik φ burchaklardagi) mayatnik uzunligi L ga bog'liqligi. Uzlüksiz chiziqli (II) tenglama asosida olingan

Qo'shimcha ma'lumot

Matematik mayatnik tebranish davrini aniqlash bo'yicha tadqiqotlarni birinchi bo'lib Galiley olib borgan bo'lib, u tebranish davrining mayatnik massasiga bog'liq emasligini aniqladi. Buni (38) va (39) tenglamalar tasdiqlaydi. Matematik mayatnik tebranish davrining massaga bog'liq emasligini ko'rsatadi.

Tebranish davrining uzunlikka bog'liqligini aniqlash

1. Mayatnik uzunligini 1.0 metrdan uzunroq qilib tanlang.
 2. O'lchash xatoligini kamaytirish uchun 10 tebranish davrini o'lchang.
 3. Mayatnik uzunligi L ni o'lchang.
 4. Tajribani mayatnikning uzunligini o'gartirib takrorlang.
- Mayatnik uzunligini 0.8 m dan 2.0 m gacha oraliqda tanlash tavsiya qilinadi.

O'lchash namunasi

- a) Tebranish davrining o'g'ish burchagiga bog'liqligini aniqlash.

4-Jadval. Mayatnik uzunligi $L=2.05$ m bo'lganda T tebranish davrining (o'lchashda tebranishlar soni 10 dan ko'proq) o'g'ish masofasi (amplitudasi) va burchagiga bog'liqligi. Og'ish burchagi (39) tenglama asosida aniqlanadi

$\frac{L}{m}$	φ °deg	$\frac{T}{s}$
0.10	2,8	2,83
0.20	5,6	2.83
0.30	8,4	2.83
0.40	11,3	2.84
0.50	14,1	2.84
0.60	17,0	2.85
0.80	23,0	2.86
1.00	29,2	2.88
1.20	35,8	2.89
1.35	41,2	2.93
1.50	47,0	2.96
1.70	56,0	3.00

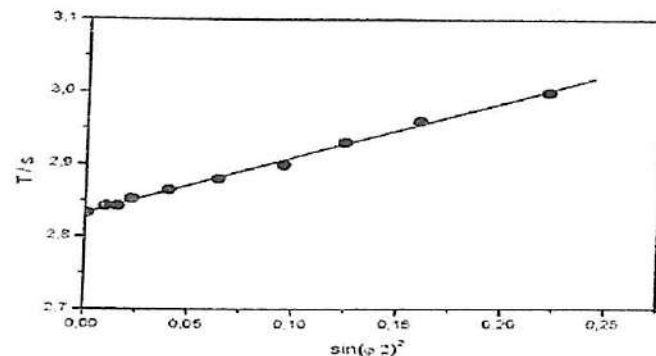
- b) Tebranish davrining uzunlikka bog'liqligini o'lchash

5-jadval. Tebranish davri T (o'lchash 10 tebranishda) L uzunlik funksiyasi sifatida (kichik og'ish burchaklarida).

Lm	Ts
0.80	1.77
1.00	2.10
1.25	2.24
1.50	2.44
1.75	2.66
2.05	2.84

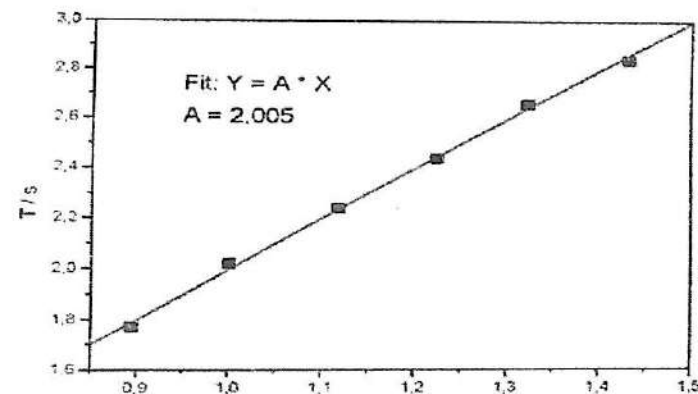
Baholash va natijalar

29-rasm 5-jadval natijalarini akslantiradi: Tebranish davri T (V) tenglamaga asosan $\sin^2(\varphi/2)$ qiymatiga proporsionaldir.



29-rasm. Uzunligi $L = 2.05$ m bo'lgan mayatnikning T tebranish davrining og'ish burchagiga bog'liqligi

Bog'lanish yaqqolroq ko'rinishi uchun T qiymatining $\sin^2(\varphi/2)$ ga bog'liqligi tasvirlangan. Uzluksiz chiziq (V) tenglama asosida olingan bog'lanishdir. 30-rasmda 5-jadvalda keltirilgan natijalar grafigi keltirilgan. Tebranish davri va mayatnik uzunligi L o'zaro quyidagicha bog'langan: $T \sim \sqrt{L}$ Chiziqli bog'lanish asosida (30-rasm) aniqlangan erkin tushish tezlanishi qiymati quyidagicha: $g=9.82$ m/s², $g=9.8$ m/s² (adabiyotlardan Germaniya uchun olingan qiymat)



30-rasm. T tebranish davrining (kichik φ burchaklardagi) mayatnik uzunligi L ga bog'liqligi. Uzluksiz chiziq (II) tenglama asosida olingan

Qo'shimcha ma'lumot

Matematik mayatnik tebranish davrini aniqlash bo'yicha tadqiqotlarni birinchi bo'lib Galiley olib borgan bo'lib, u tebranish davrining mayatnik massasiga bog'liq emasligini aniqladi. Buni (38) va (39) tenglamalar tasdiqlaydi. Matematik mayatnik tebranish davrining massaga bog'liq emasligini ko'rsatadi.

“Maksvel mayatnigi” laboratoriya qurilmasi

Mexanika

Rotational motions of a rigid body

Energiya saqlanishi. Maksvel diski

Ishning maqsadi:

Energiya saqlanishi qonuniga kirish.

Potensial energiyaning kinetik va yalanma harakat energiyasiga aylanishida energiya miqdorini o'lchash.

Maksvel diski inertsia momentini aniqlash.

Qisqacha nazariya

Mexanik energiyaning saqlanish qonunini namoyish qilish uchun Maksvel diskidan foydalaniladi. Agar disk qo'lda yuqoriga ko'tarilsa va pastga tusha boshlasa E_{pot} potensial energiya kinetik energiyaga aylanadi $E_{ilg} + E_{ayl}$ (ilgarilanma va aylanma harakat kinetik energiyasi).

Sistemaning to'la energiyasi T esa o'zgarmasdir:

$$T = E_{pot} + E_{ilg} + E_{ayl} \quad (42)$$

yoki

$$T = m \cdot g \cdot h + \frac{m}{2} v^2 + \frac{J}{2} \omega^2 \quad (43)$$

bu erda m - massa va J - disk inertsia momenti, h - ko'tarilish balandligi, v - chiziqli tezligi va ω - burchak tezligi hamda g - erkin tushish tezlanishi.

Tinch holatda ($v = 0$ va $\omega = 0$) deb hisoblab, harakat pastga yo'nalganda (43) tenglamani quyidagicha yozish mumkin

$$m \cdot g \cdot h = \frac{m}{2} v^2 + \frac{J}{2} \omega^2 \quad (44)$$

r shpindel radiusini bilgan holda v chistotani quyidagicha aniqlash mumkin

$$\omega = v \cdot r \quad (45)$$

(45) va (44) bilan disk inertsia momentini aniqlash mumkin:

$$I = m r^2 \left(\frac{2gh}{v^2} - 1 \right) \quad (46)$$

bunda $m = 450 \text{ g}$, $r = 3 \text{ mm}$ va $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Apparatus

1 Maksvel diskilari.....	331 22
1 U-simon tutgichga o'rnatilgan yorug'lik datchigi .	337 46
1 Ko'p o'zakli kabel, $l = 1.5 \text{ m}$	501 16
1 Sanagich-S.....	575 471
1 Magnit tutgichli qaytuvchi mexanizmli adapter....	336 25
1 Ko'rsatkichli o'lchagich	311 23

1 Egarsimon asos.....	300 11
Support block	301 25
Taglik asos MF.....	301 21
2 Sterjen ustun, 50 cm	301 27
2 Sterjen ustun, 100 cm.....	300 44
4 Leybold multiqisqichi	301 01

Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasini 31-rasmga asosan yig'ing. Dastlab yo'rug'lik to'silishi sezuvchi datchikli ramka o'rnatiladigan po'lat ustunlarni yig'ing. Keyin Maksvel diskli sterjenni shunday o'rnatiladigan disk o'qi ikki uchi bir sathda bo'lsin. Tajribani boshlashdan oldin diskni pastga va yuqoriga bir necha marta harakatlantirsangiz yaxshi natijaga erishasiz.

Ulash kalitini boshqarish blokiga ulang.

Shkalali o'lchagichni U-simon tutgichga o'rnatiladigan. Shkala ko'rsatkichi yuqoridan disk o'qiniga eng yuqori holatiga to'g'rilangan bo'lsin. Bunday holati tajriba davomida o'zgarmasligi kerak. Eng quyi ko'rsatkichi esa yorug'lik nurini to'sish nuqtasi o'rni bilan barobar bo'lsin.



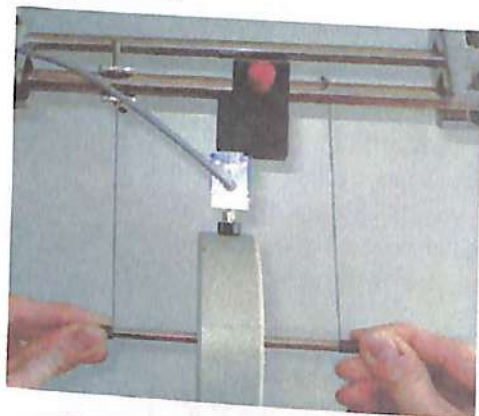
31-rasm: Maksvel diskilari yordamida energiya saqlanishi qonunini tekshirish uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi

Tajribaning borishi

Tajribada disk boshlang'ich holatdan yorug'liq datchigigacha bo'lgan masofani o'tguncha ketgan vaqt t o'lchanadi va s masofa o'tgandagi disk tezligi aniqlanadi. Masofa 15 sm dan 55 sm gacha bo'lib 5 sm oraliq o'zgartirib boriladi.

a) Boshlang'ich holatdan yo'rug'lik datchigigacha bo'lgan s masofada t harakat vaqtini o'lchash

- Klavishli kalitni sanagichning E portiga ulang. Yorug'lik datchigini F portga ulang.
- $t_{E \rightarrow F}$ rejimini tanlang.
- Diskni yuqqori nuqtasiga kalit tugmasini bosguncha ko'taring (2-rasm).
- START tugmasini bosing.
- Diskni qo'yib yuboring (sanagich hisoblashni boshlaydi).
- Disk yorug'lik datchigidan o'tishi bilan o'lchash to'xtaydi.
- t tushish vaqtini yozib oling.



32-rasm: Diskning boshlang'ich holati

- b) Yorug'lik datchigi yaqinidagi v tezlikni aniqlash
- Yorug'lik datchigini elektron sanagichning E portiga ulang.
 - t_E rejimini tanlang.
 - Diskni yuqqori nuqtasiga kalit tugmasini bosguncha ko'taring (32-rasm).
 - Start tugmasini bosing.
 - Diskni qo'yib yuboring (sanagich hali hisoblashni boshlamaydi) Disk yorug'lik datchigidan o'tishi davomida o'lchash amalga oshiriladi
 - Δt vaqtini yozib oling.
 - v tezlik qiymatini quyidagi ifodadan aniqlang

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

shpindel diametri $d = 6 \text{ mm}$.

(47)

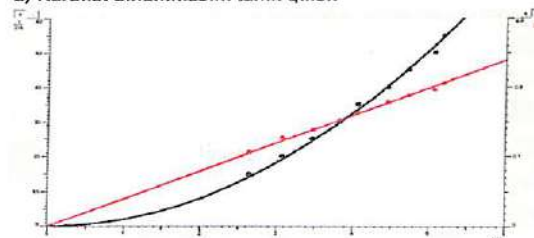
O'lchash namunalari

6-jadval: h masofa tanlangan, t vaqt o'lchangan Δt va tezlik hisoblanadi

$h, \text{ sm}$	$t, \text{ s}$	$\Delta t/\text{ms}$	$\beta, \text{ m/s}$
15	2.63	56.50	0.11
20	3.06	47.80	0.13
25	3.47	43.84	0.14
30	3.82	39.35	0.15
35	4.05	36.73	0.16
40	4.45	33.76	0.18
45	4.71	32.13	0.19
50	5.06	30.68	0.20
55	5.18	29.25	0.21

Natijalar tahlili

a) Harakat dinamikasini tahlil qilish



33-rasm. S -masofa (qora to'rtburchak) va tezlik (qizil uchburchak) qiymatining t ga bog'liqligi

33-rasmda 1-jadvalda keltilgan o'lchash natijalari grafik tarzda keltirilgan. E'tibor qilingki, X-o'qidagi o'lchangan vaqt qiymatlari masofa va tezlikka ham tegishlidir. Ko'rinib turibdiki masofaning vaqtga bog'liqligi chiziqli, tezlik qiymati esa parabolik boglanishga ega. Demak, $s \sim t^2$ va $v \sim t$ bog'lanishga ega bo'lamiz. b) I inertiya momentini aniqlash h va v ning o'lchangan qiymatlarini (47) tenglamaga qo'yib har bir o'lchangan qiymatlar uchun I inertiya momentini aniqlang. 7-jadval:

Inertsia momentini aniqlash		
$\frac{h}{\text{sm}}$	$\frac{v}{\text{m/s}}$	$\frac{I}{10^{-3} \text{ kg m}^2}$
15	0.11	1.05
20	0.13	1.00
25	0.14	1.06
30	0.15	1.02
35	0.16	1.04
40	0.18	1.00
45	0.19	1.02
50	0.20	1.03
55	0.21	1.03

Aniqlangan o'rtacha qiymat quyidagicha

$$I = (1.03 \pm 0.03) 10^{-3} \text{ kg m}^2$$

c) Energiya aylanishi

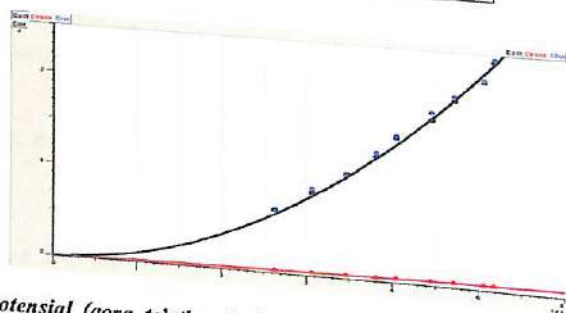
(45) va (46) tenglamalardan hamda I inertsia momenti qiymatidan foydalanib biz potensial E_{pot} va E_{kin} kinetik energiyani aylanma E_{ay} va o'zgarish energiyasi E_{trans} yig'indisi sifatida hisoblab topish mumkin (3-jadval).

$$E_{kin} = E_{rot} + E_{trans} \quad (48)$$

34-rasmda (manfiy) potensial energiya va kinetik energiya keltirilgan. Ular doimo bir xil qiymatga ega bo'ladilar. Ilgarilanma harakat energiyasi qiymati juda kichik bo'lgani uchun, xulosa qilishimiz mumkinki potensial energiyaning katta qismi aylanma harakat energiyasiga aylanadi.

8-jadval: Energiyani hisoblash.

$\frac{I}{\text{kg}}$	$\frac{E_{pot}}{\text{J}}$	$\frac{E_{kin}}{\text{J}}$	$\frac{E_{aylanish}}{\text{J}}$	$\frac{E_{trans}}{\text{J}}$
2.03	0.86	0.67	0.65	0.02
3.06	0.88	0.93	0.90	0.03
3.47	1.10	1.10	1.07	0.03
3.82	1.32	1.36	1.33	0.03
4.05	1.55	1.56	1.52	0.04
4.45	1.77	1.85	1.81	0.04
4.71	1.99	2.04	2.00	0.04
5.06	2.21	2.23	2.19	0.04
5.18	2.43	2.45	2.40	0.05



34-rasm. Potensial (qora to'rtburchak). Kinetik (ko'k doira) va aylangan energiya

(qizil uchburchak)

Qo'shimcha ma'lumot

Bu tajribani o'tkazishda olchashlar uchun taxminan 20 daqiqa va natijalarni baholash uchun 30 min vaqt talab qilinadi. Qo'shimcha mashqda olingan inertsia momenti qiymati $I = 1 \text{ kg m}^2$ bo'yicha erkin tushish tezlanishini aniqlash mumkin.

Shuningdek har bir tebranishda ishqalanish tufayli energiya yo'qotilishini balandlik pasayishini o'lchab hisoblash mumkin. Ilg'or talabalar uchun harakatni yo'nalishi o'zgarishini deyarli elastik to'qnashuvdagidek deb hisoblab tahlil qilishni tavsiya qilamiz.

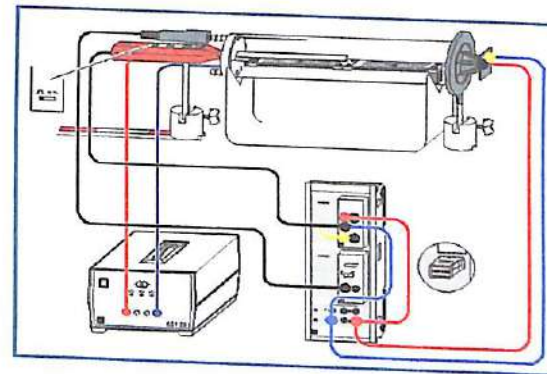
Havodagi tovush tezligining haroratga bog'liqligini o'rganish
Mexanika

Akustika Tovush to'lqinlari tezligi va to'lqin uzunligi

Havodagi tovush tezligining haroratga bog'liqligini o'rganish

Tavsifnoma CASSY Lab 2 tomonidan tuzilgan Tajriba o'tkazish va qurilmani ishga tushirish uchun CASSY Lab 2 yordam ma'lumotnomasidan foydalaning.

Tovushning havodagi tezligi



Tajriba tavsifi

Mazkur tajriba tovush impulsining havodagi tarqalish tezligini gruppaviy va fazaviy tezliklari teng bo'lgan holda aniqlaydi. Tovush impulsi "titrovchi" membranali kamayga arrasimon kuchlanish berib hosil qilinadi. Bunda zarb natijasida havoda zarb to'lqini hosil bo'ladi. Tovush impulsi mikrofon yordamida kamaydan malum masofada qabul qilinadi. c-tovush tezligini aniqlash uchun biz, tovush impulsining kamayda hosil bolishi va mikrofondan qabul qilinishi orasidagi t vaqtini o'lchaymiz. Kamayda shakllanadigan impulsning aniq boshlanish nuqtasini to'g'ridan-to'g'ri aniqlab bo'lmaydi.

Shuning uchun mikrofonni bir marta s_1 ikkinchi marta s_2 nuqtaga qo'yib o'lchash olib boriladi. Tovush tezligi $\Delta s = s_1 - s_2$ yo'llar farqi va o'tish vaqtlari farqi $\Delta t = t_1 - t_2$ nisbati kabi quyidagicha aniqlanadi

$$c = \Delta s / \Delta t$$

Tovush qurilmasiga isitgichdan isitilgan havo yuboriladi shu bilan birga shu vaqtda bu qurilma o'lchashga ta'sir qiluvchi tashqi faktorlar harorat farqi va havo konveksiyasi kabilarni blokirovka qiladi. Bu tizimda p bosim o'zgarish saqlanadi (atrof muhitning amaldagi bosimi). T harorat ortishi bilan phavo zichligi kamayadi va tovush tezligi ortadi.

Asboblarni ro'yxati

1 Sensor-CASSY.....	524 010 or 524 013
1 CASSY Lab 2.....	524 220
1 Timer	524 034
1 Haroratni o'lchash bloke	524 045
1 NiCr-Ni harorat sensori	666 193
yoki	
1 NiCr-Ni S adapter.....	524 0673
1 NiCr-Ni harorat sensori, K tipli.....	529 676
1 Tovush tezligini qayd qilish qurilmasi.....	413 60
1 Quvur va g'altaklar uchun taglik.....	516 249
Yuqori chastotali tovush dinamigi.....	587 07
Universal mikropfon.....	586 26
Transformator 12 V/3.5 A.....	521 25
Shkalali metall rels, 0.5 m.....	460 97
Egarsimon izolyatsiyali taglik.....	300 11
Juft kabel, 25 sm, qizil va qora.....	501 44
Juft kabel, 100 sm, qizil va ko'k.....	501 46
Windows XP/Vista/7/8 OT kompyuter.....	

Tajriba qurilmasi (rasmga qarang)

1. Isitgichni tovush tezligini o'lchash qurilmasidagi plastik quvurga tutashtiring.
2. Plastik quvurni quvur va shlanglar uchun mo'ljallangan taglikka joylashtiring va yuqori chastotali kamayni iloji boricha mushtahkam o'rnatib.
3. Universal mikrofonni o'rtadagi tirgishga taxminan 1 sm chuqurlikka o'rnatib va harkatlanganda quvur ko'ndalang kesimiga parallel qolishini ta'minlang. Universal mikrofon rejimlarini tanlash muruvatini "Trigger" (ishga tushurish) holatiga o'tkazing. Mikrofonni ishga tushirishni esdan chiqarmang.

4. Darajalangan metall relsni tezda egarsimon tutgich ostiga qo'ying.
5. Sensor-CASSY dagi A kirishga taymerni va B kirishga haroratni qayd qilish qurilmasini ulang va zanjirni rasmdagi kabi ulang, S ta'minlash manbaidan kuchlanishni maksimal qilib o'rnatib.

Ehtiyot chorolari

- Yuqori haroratlarda havo uzatuvchi va tezlikni o'lchashda qo'llaniladigan plastik quvurlar buzilishi (erishi) mumkin.
- 80 °C dan yuqori haroratgacha qizdirmang.
- Qizdirgichga beriladigan maksimum kuchlanishni 25 V dan oshirmang (tok kuchi esa 5 A atrofida).

Tajribani o'tkazish tartibi

a) Xona haroratidagi o'lchashlar

Qurilmani ishga tushuring

- O'rqali o'lchashlarni bir necha marta takrorlang.
- Siljiydigan kontaktga ega bo'lgan mikrofon butun yo'l davomida plastik quvur ichida bo'lib, metall relsda Δs masofada o'zgarishlarni seza oladi.
- Q'orqali o'lchashlarni bir necha marta takrorlang.
- $c = \Delta s / \Delta t$ ifodadan foydalanib tovush tezligini aniqlang (Draw Mean dan foydalanib grafikdan tovush o'tishi vaqtining o'rtacha qiymatini aniqlang).

b) Haroratga bog'liqligini o'lchash

Qurilmani ishga tushiring

- Universal mikrofonni o'rnatib.
- Xona haroratida yana Δt_{A1} o'tish vaqtini aniqlang va aniqlangan tovush tezligidan foydalanib $s = c \Delta t_{A1}$ mikrofon va dinamik orasidagi masofani hisoblang, hamda bu qiymatni jadvalga yozing (s-ustundagi birinchi qatarga kiritib).
- Qizdirgichni ta'minlash manbaiga (12 V, tok 3.5 A atrofida) himoyalangan kabell bilan ulang.
- Tok o'tish vaqtini θ o'rqali har 5 °C da aniqlang.

Tahlil

Xona haroratida tovush tezligini aniqlaganingizda (a-holda) s mikrofon va dinamik o'rtasidagi masofadir. b) holda kompyuter dasturi har bir Δt_{A1} o'tish vaqtida tovush tezligining to'g'ri qiymatini simulyatsiyalab hisoblaydi. Tovush tezligi qiymati o'lchash (tajriba) davomida harorat ekranida harorat funksiyasi sifatida yozib boriladi. Tuzatma kiritilgan to'g'ri chiziqni adabiyotlarda keltirilgan quyidagi qiymat bilan solishtirishingiz mumkin $c = (331.3 + 0.6 \cdot t / ^\circ\text{C}) \text{ m/s}$.

MOLEKULAR FIZIKA

1. Qattiq jismlarni chiziqli kengayish koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligini o'lchash
2. Suyuqliklarning issiqlikdan kengayish koeffitsiyentini aniqlash
3. Suv aralashmasi temperaturasi aniqlash
4. Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash
5. Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin issiqligini aniqlash
6. Kritik nuqtada suyuqlik-gaz fazaviy o'tishni kuzatish
7. Doimiy temperaturada gaz bosimining hajmga bog'liqligi (Boyl-mariott qonuni)
8. Doimiy bosimda gaz hajmining temperaturaga bog'liqligi (Gey-Lyusak qonuni)
9. Doimiy hajmda gaz bosimining temperaturaga bog'liqligi (Sharl qonuni) (Amonton qonuni)
10. Richard metodi bilan havo uchun adiabat ko'rsatkichini C_p/C_v aniqlash

Qattiq jismlarni chiziqli kengayish koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligini o'rganish

Issiqlik haqida ta'limot

Termik kengayish

Qattiq jismlarni chiziqli kengayish koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligini o'lchash

Ishning maqsadi:

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

Qisqacha nazariya

Qattiq jismning uzunligi l temperatura t ga chiziqli bog'liq:

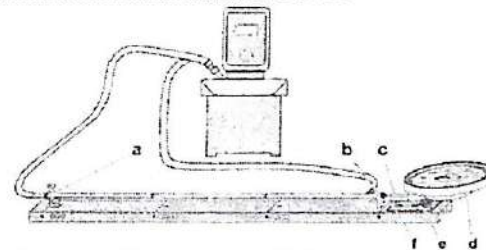
$$l = l_0(1 + \alpha t), \quad (49)$$

bu yerda l - xona temperaturasi t dagi uzunlik, t °C dagi temperatura.

Qattiq jismlarning chiziqli kengayish koeffitsiyenti α , ularning materiali bilan aniqlanadi. Mazkur ishda suvni qizdirish uchun sirkulyasion termostatdan foydalaniladi va qizigan suv turli materiallardan tayyorlangan quvurlar ichidan oqadi. Aylanma shkalasi 0,01 milimetrlilik shkalalar bo'linmalaridan iborat asbobdan uzunlikning o'zgarishini $\Delta l = l - l_0$ temperatura t ning funksiyasi sifatida o'lchashda foydalaniladi.

Kerakli asboblardan ashyolar

- 1 Bo'ylama kengayishni o'rganish uchun asbobD.....381 341
- 1 Siferblatli indikator, 10 mm.....361 15
- 1 Siferblatli indikatorni tutgich.....381 36
- 1 Termometr -10... dan +110 °C gacha382 34 1
- 1 Sirkulyasion termostat +25 ...dan +100 °C gacha.....666 768
- 1 Nasos.....666 7703
- 1 Silikonli quvurlar, 7 mm667 194
- Toza suv, 5 l.....675 3410



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

Tajriba qurilmasi

35-rasmda tajriba qurilmasi sxematik tarzda tasvirlangan.

- Siferblatli indikatorni 381 36 (e) tutgichdagi vintni burang (tafsilotlar uchun kengaytiruvchi apparat instruksiyasidan 381 341 foydalaning) va siferblatli indikatorni 361 15 (d) o'z o'rniga o'rnatish.
- Kengaytiruvchi apparatning qo'zg'almas tayanchini (a) 600 belgisiga o'rnatish va latun quvurning ochiq uchini qo'zg'almas tayanchga kiritib, bir tekis siljiting.
- Latun quvurning yopiq uchini biriktiruvchi quvur qismini yo'naltirgichga (b) shunday bir tekis siljitingki qisqa quvur (f) pastga qarasin.
- Latun quvurni qo'zg'almas tayanchga mustahkamlash uchun vintni burab qotiring (vint quvurdagi xalqasimon o'yiqa kirishi kerak).
- Kengayiruvchi qismni o'rnatish (c) (siferblatli indikator 361 instruksiyasining mos varag'iga qarang)
- Sirkulyasion termostatni ishga tayyorlang va uni ulang. To'liqroq bayonnoma tafsilotlari uchun, 666 768 instruksiyaning mos varag'iga murojat qiling.

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

- Sirkulyasion termostat vannasini distillangan suv bilan to'ldiring.
- Asbobni silikonli quvurlar yordamida sirkulyasion termostatga ulang, ya'ni latun quvurning ochiq uchini va qisqa quvurni (f) termostat nasosining qisqa quvuriga biriktiring
- Suv vannasining temperaturasi t o'lchash uchun termometrdan 382 foydalaning.

Texnika xavfsizligi

- Issiq suvning nazoratsiz chiqishini va bu bilan atrofdagilarga shikast va talofat yetishini oldini olish uchun, apparatning har bir ishlashidan oldin silikonli birikmalarni tekshiring.
- Sirkulyasion termostatdan foydalanish bo'yicha maslahatlarga amal qiling.
- Shisha trubka bilan ishlaganingizda, apparatning bayonida keltirilgan instruksiyalarga amal qiling.

Tajribani o'tkazish tartibi

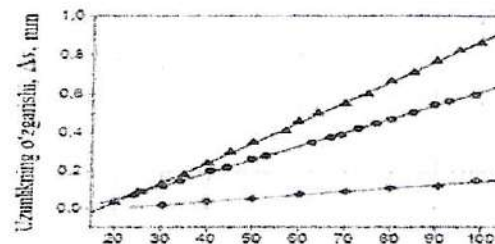
- Nolni o'rnatish uchun siferblatli indikatorning korpusini buring.
- Boshlang'ich temperaturani o'lchang, ya'ni xona temperaturasi t_0 .
- Sirkulyasion termostatni ulang va uning temperaturasi t_1 ga nisbatan 5°C ga kattaroq qilib o'rning.
- Toki termodinamik muvozanat o'rnatilmaguncha kuting.
- Temperaturani t o'lchang.
- Siferblatli indikatorning ko'rsatishini yozib oling.
- t temperaturani taxminan 5°C qadam bilan 100°C gacha ko'taring.
- Latun quvur xona temperaturasigacha sovushiga imkon bering.
- Latun quvurni po'lat quvur bilan almashtiring va kengaytiruvchi apparatning qo'zg'almas tayanchini (a) 600 belgisiga o'rning va po'lat quvurning ochiq uchini qo'zg'almas tayanchga kiritib, bir tekis siljiting
- Shunday tajribalarni shisha trubka bilan ham bajaring. Bu holda temperatura t ni taxminan 10°C qadam bilan ko'taring.

Tajriba namunasi

Jadval 9. Temperaturaning t funksiyasi sifatida uzunlikni o'lchangan o'zgarish qiymatlari Δl

Latun		Po'lat		Shisha	
$t, ^\circ\text{C}$	$\Delta l, (\text{mm})$	$t, ^\circ\text{C}$	$\Delta l, (\text{mm})$	$t, ^\circ\text{C}$	$\Delta l, (\text{mm})$
20.0	0.03	24.1	0.07	30.4	0.02
25.0	0.09	26.0	0.09	39.9	0.04
30.0	0.13	30.5	0.12	49.9	0.05
35.0	0.18	34.1	0.15	60.3	0.08
40.0	0.24	40.7	0.20	70.3	0.09
45.0	0.30	44.3	0.22	79.9	0.11
50.0	0.35	49.7	0.26	90.5	0.12
57.0	0.41	52.7	0.28	98.9	0.15

59.8	0.46	62.8	0.35	-	-
64.0	0.50	66.8	0.38	-	-
70.0	0.55	69.1	0.39	-	-
75.0	0.60	72.9	0.42	-	-
80.0	0.67	76.8	0.45	-	-
85.0	0.71	80.1	0.47	-	-
90.0	0.77	84.9	0.51	-	-
95.0	0.82	89.6	0.55	-	-
99.8	0.86	92.8	0.56	-	-
-	-	98.6	0.60	-	-



36-rasm. Temperatura (t) funksiyasi sifatida uzunlikning o'zgarishi Δl : latun (Δ), po'lat ($*$) shisha ($\circ$). Uzlaksiz chiziqlar (50) tenglama bo'yicha approksimatsiyaga mos keladi

Natijalar va ularning tahlili

Turli o'lchashlar jadval 9 da keltirgan. Chiziqli kengayish koeffitsiyentini α temperatura t funksiyasi sifatida aniqlash uchun uzunlikning o'zgarishini Δl o'lchash asosida grafik tuzilgan (36-rasmga qarang) Xona temperaturasida aniqlangan boshlang'ich uzunlikni l_0 tenglamaning (49) ikki tomonidan ham ayirib, uzunlikning o'zgarishi Δl uchun quyidagini olish mumkin

$$l - l_0 = l_0 \cdot \alpha \cdot t$$

$$\Delta l = k \cdot t \quad (50)$$

bu yerda $k = l_0 \alpha$ (50) tenglamani o'lchangan natijalar bo'yicha chiziqli approksimatsiyasi beradi α (36-rasm).

Natijalar jadval 10 da keltirilgan.

Jadval 10. (50) tenglama bo'yicha tuzilgan 36-rasm bo'yicha aniqlangan chiziqli kengayish koeffitsiyentlari α

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

Qo'shimcha ma'lumot

Qo'shimcha, issiqlikdan chiziqli kengayish quvurning to'liq uzunligi l_0 funksiyasi sifatida o'lchanishi mumkin. Issiqlikdan chiziqli kengayishni temperatura farqiga $\Delta t = t_1 - t_0$ bog'liqligini aniqlashning tajriba tartibi P2.1.1.2. instruksiyada keltirilgan.

Sirkulyasion termostat o'miga bug' generatoridan P2.1.1.2 foydalanish uzunlikning o'zgarishini Δl aniqlashga imkon beradi.

Shunday qilib, chiziqli kengayish koeffitsiyenti, masalan turli uzunlikdagi (200 mm, 400 mm, 600 mm) latun quvurlarniki, sirkulyasion termostatda o'rnatiladigan boshlang'ich t_0 va yakuniy t_1 temperaturalarini o'lchab, P2.1.1.2 instruksiyadagi 36-rasmda ko'rsatilganidek aniqlanishi mumkin (shuningdek asbobning 381 341 instruksiyasiga qarang).

Suyuqliklarning issiqlikdan kengayish koeffitsientini aniqlash

Issiqlik haqida ta'limot

Termik kengayish

Suyuqliklarning issiqlikdan kengayishi

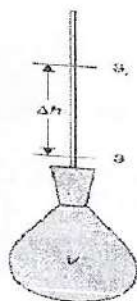
Suyuqliklarning issiqlikdan kengayish koeffitsientini aniqlash

Ishning maqsadi:

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

Qisqacha nazariya

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



$$\Delta V_0 = \gamma V_0 \Delta t \quad (51)$$

Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyentini aniqlash. Amalda hajmiy kengayish koeffitsiyenti γ suyuqlikning temperaturasiga bog'liq emas, ammo suyuqlikning turiga bog'liq. Umuman olganda suyuqliklar odatda, qattiq jismlarga nisbatan ko'proq kengayadi. Hajmiy kengayish koeffitsiyenti dilatometr yordamida

aniqlanishi mumkin.

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

$$\Delta V = \pi r^2 \Delta h \quad (52)$$

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

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

$$\Delta V_0 = \Delta V + \Delta V_d \quad (53)$$

bu yerda ΔV_0 dilatometr hajmining o'zgarishi bo'lib, u quyidagidan aniqlanadi:

$$\Delta V_d = \gamma_d V_0 \Delta t, \quad (54)$$

bu yerda $\gamma_d = 0.84 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$.

(51), (53), va (54) formulalardan foydalanib, suyuqlikning hajmiy kengayish koeffitsiyentini aniqlash formulasini keltirib chiqarish mumkin:

$$\gamma = (1/V_0) \cdot (\Delta V / \Delta t) + \gamma_d \quad (55)$$

Kerakli asboblardan va ashyolar

1 dilatometr	382 15
1 termometr, 10 dan 110 °C gacha	382
34	
yoki	
1 NiCr-Ni temperatura datchigi	666 193
1 Yakka kirishli raqamli termometr	666 190
1 O'quv laboratoriya tarozisi 311	315 05
1 Diametri $d = 150$ mm va quvvati 1500 W bo'lgan qizdirgich	666 767
1 Mustahkam shishadan tayyorlangan, hajmi 400 ml bo'lgan menzurka	664 104
1 V shaklidagi shtativ asosi	300 02
1 Uzunligi 47 sm bo'lgan shtativ ustuni	300 42
2 Multi qisgich Leybold	301 01
2 Diametri 0-80 mm bo'lgan universal qisgichlar,	666 555
1 Etanol, denaturat, 1 l	671 972

bundan tashqari kerak: Distillangan yoki tuzsizlantirilgan suv. Dilatometrning V_0 hajmini ham aniqlash kerak bo'ladi. U quyidagicha aniqlanadi: oldin bo'sh quruq dilatometrning massasi m_1 o'lchanadi, shundan so'ng ochiq kapillyarning

pastki belgisigacha suv bilan to'ldirilgan dilatometning massasi m_2 o'lchanadi. Turli temperaturalar uchun suv zichliklari keltirilgan jadvaldan (jad. 11 ga qarang) foydalangan holda, dilatometning hajmi quyidagi formuladan topiladi:

$$V_0 = (m_2 - m_1) / \rho \quad (56)$$

Jadval 11. Toza suv zichligining ρ temperaturaga bog'liq 3 funksiyasi sifatida adabiyotlarda keltirilgan natijalar

t	ρ , g / sm ³	t	ρ , g / sm ³
15 °C	0.999099	23 °C	0.997540
16 °C	0.998943	24 °C	0.997299
17 °C	0.998775	25 °C	0.997047
18 °C	0.998596	26 °C	0.996785
19 °C	0.998406	27 °C	0.996515
20 °C	0.998205	28 °C	0.996235
21 °C	0.997994	29 °C	0.995946
22 °C	0.997772	30 °C	0.995649

Laboratoriya qurilmasi va tajribalarni o'tkazish tartibi

Eslatmalar:

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

a) Dilatometrni kalibrflash:

- Bo'sh dilatometning massasini m_1 aniqlang.
- Kolbani ochiq tomonidan uchdan birigacha suv soling.
- Suv pufakchalaridan xoli bo'lish uchun, kapillyar trubkani mahkamlamasdan oldin, dilatometrni suv vannasida qaynash temperaturasigacha qizdiring.
- Suv vannasini xona haroratigacha sovushini kuting; shundan so'ng zurur bo'lgan sathgacha yana suyuqlik quyib to'ldiring. Temperaturani t qayd qiling.
- Kapillyar trubkani o'z joyiga o'rnatib. Trubkaning ochiq tomoniga barmog'ingizni bosib, kapillyar trubkani chiqarib oling va suyuqlikning sizishiga yo'l qo'ying.

- Kolbadagi kapillyarni o'zgartiring, dilatometrni quriting va suv bilan to'ldirilgan dilatometning massasini m_2 o'lchang.

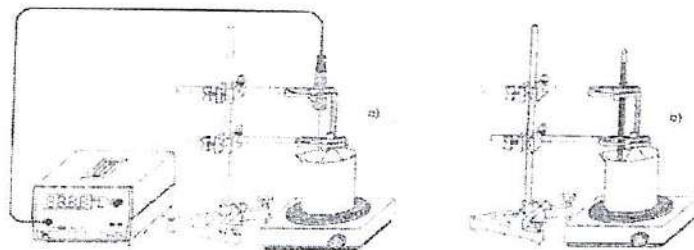
b) Suv va etanol hajmlarining kengayishini o'lchash.

Diqqat: Qizdirgich o'chirilganidan keyin ham suyuqlikning qandaydir vaqt mobaynida qizishi davom etadi va shu sababli suyuqlik dilatometrdan toshib ketishi mumkin. Ayniqsa, kolba etanol bilan to'ldirilgan holatda

ishlaganingizda, etanol toshib ketishining oldini olish uchun, qizdirgichni ancha ilgari o'chiring. Tajriba qurilmasi 37-rasmda tasvirlangan.

- Dilatometrni qiziyotgan suvli vannaga shunday tushiringki, kapillyar trubka vannadagi suv sathidan chiqib tursin.
- Qizdirgichni eng quyi qadam bilan o'zgaradigan pog'onada ulang va dilatometrdagi suyuqlikning sathi shkaladagi eng yuqoridagi belgiga yetganda uni o'chiring.
- Suyuqlikning sathi o'zining maksimumiga yetguncha kuting va shundan so'ng suvli vannaning taxminan 1-2 K ga sovushiga yo'l bering.
- Keyin suvli vannaning sovushi davom etishiga yo'l berib, kapillyar trubkadagi suv sathini h temperatura funksiyasi sifatida aniqlang (12-jadvalga qarang),
- Keyinchalik, to'liq quritilgan dilatometrni etanol bilan to'ldiring va uni suvli vannada qizdirib, suyuqlik sathini h temperatura funksiyasi sifatida o'lchashni takrorlang (13-jadvalga qarang).

Tajriba namunasi



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

a) Dilatometrni kalibrflash:

$$m_1 = 31.29 \text{ g}$$

$$m_2 = 88.01 \text{ g}$$

$$t = 22 \text{ °C}$$

a) temperatura datchigidan foydalanilganda; b) termometrdan foydalanilganda.

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

Jadval 12. Toza suv sathi h temperatura t funksiyasi sifatida

Jadval 13. Etanol sathi h temperatura t funksiyasi sifatida

t	h	t	h
	sm		sm
60 °C	9.5	45 °C	4.25
59 °C	9.3	44 °C	3.9

t	h	t	h
---	---	---	---

58 °C	8.9	43 °C	3.55
57 °C	8.6	42 °C	3.2
56 °C	8.2	41 °C	2.9
55 °C	7.85	40 °C	2.6
54 °C	7.5	39 °C	2.3
53 °C	7.1	38 °C	2.0
52 °C	6.75	37 °C	1.7
51 °C	6.4	36 °C	1.4
50 °C	6.0	35 °C	1.1
49 °C	5.7	34 °C	0.8

48 °C	5.3	33 °C	0.55
47 °C	4.9	32 °C	0.3
46 °C	4.6		

	sm		sm
38 °C	9.9	32 °C	4.6
37 °C	9.1	31 °C	3.7
36 °C	8.25	30 °C	2.7
35 °C	7.4	29 °C	1.8
34 °C	6.5	28 °C	0.9
33 °C	5.55		

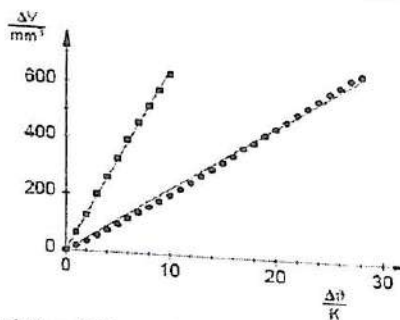
a) Dilatometrni kalibrlash:

massalar farqi: $m_2 - m_1 = 56.72$ g

$t = 22$ °C dagi zichlik $\rho = 0.9978$ g/sm³ ga teng (11- jadvaldan)

(56) ifodadan $V_0 = 56.85$ sm³ ekanligini aniqlaymiz.

a) Suv bilan etanolning hajmiy kengayishlarini o'lchash:



38-rasm. Suv hajmining ΔV (doiralalar) va etalon hajmining (to'rtburchaklar) temperaturalar farqi Δt funksiyasi sifatida issiqlikdan kengayishi

38-rasmda $\Delta h = h - h_0$ sathning o'zgarishi bo'yicha (52) formula bilan hisoblangan, suyuqlik hajmining o'zgarishini ΔV temperaturalar farqi $\Delta t = t - t_0$ funksiyasi sifatidagi bog'lanish grafiklari keltirilgan (mos ravishda $t_0 = 32$ °C suv uchun va 28 °C etanol uchun, 12 va 13-jadvallarni taqqoslang). Suv uchun koordinata boshidagi nuqtadan o'tgan to'g'ri chiziq og'masi $\Delta V/\Delta t = 22.9$ mm³/K va etanol uchun esa to'g'ri chiziq og'masi $\Delta V/\Delta t = 65.0$ mm³/K. (V) formuladan foydalanib, suv va etanol uchun hajmiy kengayish koeffitsiyentlarini topish

mumkin: $\gamma = 4.9 \cdot 10^{-4}$ K⁻¹ (suv), $\gamma = 12.3 \cdot 10^{-4}$ K⁻¹ (etanol).

Suv holida o'lchangan qiymatlarda chiziqli o'zgarishdan sistematik chetlanishlar mavjud. Suvning hajmiy kengayish koeffitsiyenti doimiy emas va u tajribada ko'rsatilganidek, temperatura 30 °C dan 60 °C ga ortganda oshadi. Etanolning hajmiy kengayish koeffitsiyenti suvnikiga nisbatan ancha katta. Temperaturalarining keng ko'lamida bu koeffitsiyent o'zgarmaganligi tufayli, etanoldan termometrlar uchun suyuqlik sifatida foydalanish mumkin.

Qo'shimcha eslatmalar:

Suvning issiqlik anomaliasi, ya'ni 0 °C dan 4 °C gacha oraliqda suv hajmining kamayishi P2.1.3.1 tajribada o'rganiladi.

Suv aralashmasi temperaturasini aniqlash

Issiqlik haqida ta'limot

Issiqlik energiyaning bir turi sifatida

Aralashma temperaturasi

Suv aralashmasi temperaturasini aniqlash

Ishning maqsadi:

- Temperaturalari t_1 va t_2 bo'lgan, m_1 va m_2 massali suv miqdorlarini kalorimetrdan aralashtirish va aralashmaning temperaturasini t_n aniqlash

Tajriba qurilmasi



39-rasm. Tajriba qurilmasi versiya (a)

Kerakli asboblari va ashyolar:

1 Dyuar idishi g'ilofi.....	384 161
1 Kalorimetr Dyuar idishi	386 48
1 O'quv laboratoriya torozisi 610 posangi torozi toshlari bilan	315 23
1 Menzurka DURAN (DURAN),	400 ml,
keng.....	664 104
1 Taymer 1.....	313 07
1 Elektroplitka.....	666 767

(a) versiya bo'yicha olchash

1 Termometr, -10 dan +110 °C/0.2 K gacha... 382 34
yoki (b)versiya bo'yicha o'lchash
1 Bir kirishli raqamli termometr..... 666 190
1 Temperatura datchigi, tip NiCr-Ni, 1.5 mm. 666 193
39-rasm. Tajriba qurilmasi versiya (a)
yoki (s) versiya bo'yicha o'lchash
1 Mobil SASSU (CASSY).....524 009A
1 NiCr-Ni adapter S, Tip K ... 524 0673
1 Temperatura datchigi, tip NiCr-Ni, 1.5 mm...529 676

Agar turli temperaturali ikki modda bir biriga tutashtirilsa, issiqlik almashinuvi jarayonidan keyin bu moddalar orasidagi temperaturalar farqi nolga teng bo'ladi. Aralashmaning temperaturasi aniqlash uchun quyidagi qoida qo'llaniladi:

$$c_1 m_1 (t_n - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t_n), \quad (57)$$

bu yerda c_1 va c_2 , mos ravishda modda 1 va modda 2 larning solishtirma issiqlik sig'irlari; m_1 va m_2 ularning massalari; t_1 va t_2 mos ravishda ularning temperaturalari, t_n esa aralashmaning umumiy temperaturasi.

Turli temperaturali moddalarni aralashtirish bo'yicha tajribalarda issiq jismdan berilgan issiqlik miqdori, sovuq jism olgan issiqlik miqdoriga teng. Ko'rilayotgan holda, issiq suv bergan issiqlik miqdori Q_1 , sovuq suv olgan issiqlik miqdoriga Q_2 teng, ya'ni $Q_1 = Q_2$.

Agar suvning solishtirma issiqlik sig'imi s_v ma'lum bo'lsa, unda turli massali suv aralashmasining temperaturasi (57) formula yordamida quyidagi formula bo'yicha hisoblanishi mumkin: $s_v = s_1 = s_2$

$$S_v = 4,19 \text{ kJ}(\text{kg} \cdot \text{K}),$$

$$t_n = \frac{m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2}{m_1 + m_2}.$$

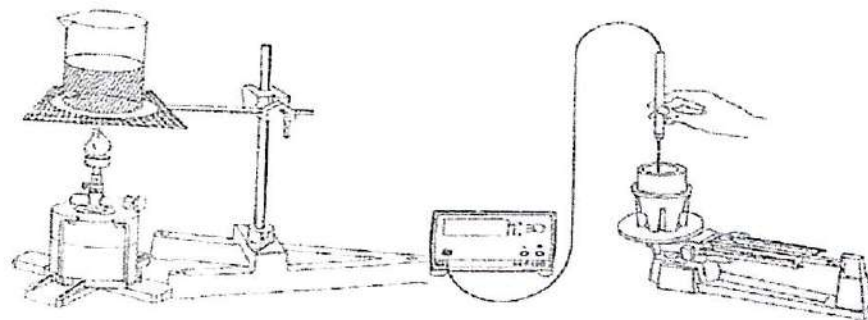
(58)

Kerakli asboblari va ashyolari:

1 Dyuar idishli kalorimetr38416
1 Temperaturani o'lchash uchun raqamli asbob666 190
1 Temperatura datchigi383 02
1 O'quv laboratoriya torozisi 610.....315 23
2 Menzurka, 400 ml,664 104
1 Saqlovchi to'r, qizdirish uchun rezistor (elektroplitka)...303 58
1 Katta shtativ asosi.....300 01
1 Shtativ ustuni, 25 sm.....300 02
1 Xalqa va asos.....302 68
1 Leybold multi qisgichlar301 01

1 Bunzen gorelka, butan uchun.... 303 11
1 Kallaklar uchta komplekti 303 11...303 12

Qo'shimcha:
Aralashtirgich
Qurilmani ishga tayyorlash
39-rasmida ko'rsatilgandek tajriba qurilmasini tayyorlang.



Tajribani o'tkazish tartibi:

Dyuar idishini toroziga qo'ying va uni bo'sh holatda torting. Unga temperaturasi 60 °C gacha qizdirilgan, $m_2 = 0,1$ kg massali suv quyding. Oldin sovuq suvning temperaturasi t_1 aniqlang va keyin kalorimetr ichidagi suvning temperaturasi t_2 aniqlang. Kalorimetrga $m_1 = 0,15$ kg massali sovuq suv qo'shing. Aralashtiring va aralashmaning temperaturasi t_n o'lchang.

Tajribani sovuq suv va issiq suv massalarining boshqa nisbatlari uchun qaytaring.

Tajriba namunasi:

Jadval 14.

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

Natijalar va ularning tahlili:

Aralashmaning temperatura qiymati suvning boshlang'ich temperaturalari oralig'ida yotadi. Aralashmaning hisoblangan va o'lchangan temperaturalari jadval 14 da keltirilgan. Jadval 14 dan ko'rinib turibdiki, temperaturalarning

qiymatlari tajriba xatoliklari chegarasida yaxshi mos keladi.

Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash

Issiqlik haqida ta'limot

Issiqlik miqdori. Issiqlik sig'imi

Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash

Ishning maqsadi:

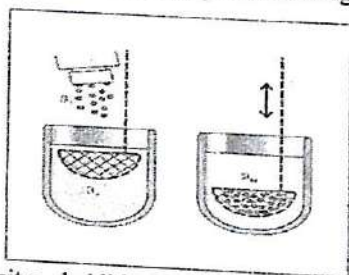
- Qizdirilgan mis, qo'rg'oshin va shishani sovuq suv bilan aralashtirish va aralashmaning temperaturasini o'lchash.
- Mis, qo'rg'oshin va shishaning issiqlik sig'imini aniqlash.

Qisqacha nazariya

Jism qizishida yoki sovushida yutilgan yoki ajralgan issiqlik miqdori ΔQ temperaturaning o'zgarishiga ΔT va massaga m proporsional:

$$\Delta Q = cm \cdot \Delta t \quad (59)$$

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



Mazkur tajribada pitra shaklidagi turli materiallarning solishtirma issiqlik sig'imi koeffitsiyenti aniqlanadi.

Har bir hol uchun pitralar torozida tortiladi va t_1 temperaturagacha qizdiriladi, keyin massasi torozida tortib aniqlangan t_2 temperaturali suv quyiladi. Yaxshi aralashgandan keyin issiqlik almashinuvi evaziga pitra bilan suv umumiy temperaturaga erishadi t_m . Bunda pitradan ajralgan issiqlik miqdori ΔQ_1

$$\Delta Q_1 = c_1 m_1 \cdot (t_1 - t_m) \quad (60)$$

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

$$\Delta Q_2 = c_2 m_2 \cdot (t_m - t_2) \quad (61)$$

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

$$c_1 = c_2 \cdot \frac{m_2(t_m - t_2)}{m_1(t_1 - t_m)} \quad (62)$$

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

$$c_k = c_2 \cdot m_k \quad (63)$$

Shunday qilib, kalorimetr idishining suv ekvivalenti m_k hisoblashlarda hisobga olinadi. (61) formula bilan hisoblangan yutilgan issiqlikning miqdori ancha aniqroq hisoblanadi

$$\Delta Q_2 = c_2(m_2 + m_k) \cdot (t_m - t_2) \quad (64)$$

va uni hisobga olgan holdagi (62) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

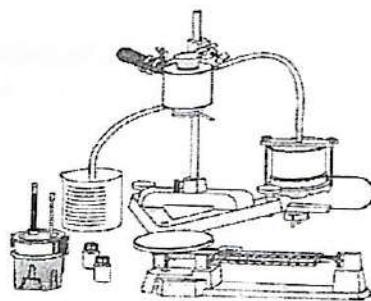
$$c_1 = c_2 \cdot \frac{(m_2 + m_k)(t_m - t_2)}{m_1(t_1 - t_1)} \quad (65)$$

Kerakli asboblardan va ashyolar	
1 Dyuar idishi.....	386 48
1 Dyuar idishi g'ilofi.....	384
161	
1 mis pitra, 200 g.....	384 35
1 shisha pitra, 100 g.....	348 36
1 qo'rg'oshin pitra, 200 g.....	315 76
1 o'quv laboratoriya torozisi 610 Tare, 610 g.....	315 23
1 termometr -10 °C dan +110 °C gacha.....	382 34

yoki

1 NiCr-Ni temperatura datchigi.....	666 193
1 raqamli termometr.....	666 190
1 Bug' gencratori, 550 Vt / 220 V.....	303 281
1 Qizdirish apparati.....	384 34
1 menzurka, 400 ml.....	664 104
1 V-shaklsimon shtativ asosi, 20 sm.....	300 02
1 shtativ ustuni 47 sm.....	300 42
1 multi tutgichlar Leybold.....	301 01
(VI), 1 Universal tutgich, diametri 0...80 mm.....	666 555
1 Silikon quvurlar, ichki diam. 7x1.5 mm, 1 m.....	667 194
1 bir juft issiqlikka chidamli qo'lqop.....	667 614

Tajriba qurilmasi va tajribani o'tkazish tartibi



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

40-rasmda tajriba qurilmasi keltirilgan.

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

Bu vaqt mobaynida:

- Bo'sh Dyuar idishining massasini aniqlang, shundan so'ng unga taxminan 180 g suv quyung.
- Dyuar idishini g'ilofga soling va mos ravishda termometr yoki temperatura datchigini qo'ying.
- Suv temperaturasi t_2 o'lchang.

Dyuar idishining qopqog'ini oching va uni chetga suring; namunalar uchun mo'ljallangan to'rni Dyuar idishiga kiriting. Temperaturasi $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ bo'lgan pitralarni namunalar uchun mo'ljallangan to'rga tashlang, qopqoqni yoping va pitralarni suv bilan astoydil aralashtiring. Suv temperaturasi ko'tarilmay qolganda, aralashmaning temperaturasi aniqlang. Qo'shimcha ravishda pitralarning massasini m aniqlang.

Mis va shisha pitralar bilan tajribani takrorlang.

Tajriba namunasi

Suv massasi: $m_2 = 180\text{ g}$

Pitra temperaturasi: $t_1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$

Jadval 15. Moddalar solishtirma issiqlik sig'imining o'lchangan qiymatlari.

Modda	m_2 / kg	t_1	t_2
Qo'rg'oshin	77	$24.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$25.4\text{ }^{\circ}\text{C}$
Mis	69	$24.0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$26.2\text{ }^{\circ}\text{C}$
Shisha	19	$23.8\text{ }^{\circ}\text{C}$	$24.9\text{ }^{\circ}\text{C}$

Hisoblar:

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

Suvning solishtirma issiqlik sig'imi: $C_2 = 4.19\text{ kJ/(K}\cdot\text{kg)}$

Jadval 16: Tajribada aniqlangan solishtirma issiqlik sig'imining qiymatlari va adabiyotlardan olingan ularga mos natijalar

Modda	$c,$ $\text{kJ/(K}\cdot\text{kg)}$	$c,$ $\text{kJ/(K}\cdot\text{kg)}$
	Tajriba natijasi	Adabiyotdagi natija
Qo'rg'oshin	0.133	0.1295
Mis	0.367	0.385
Shisha	0.656	0.746

Jadval 16 da moddalarning (65) formula bo'yicha hisoblangan solishtirma issiqlik sig'imi qiymatlari keltirilgan. Adabiyotlardan olingan natijalar bilan ularning mos kelishi qoniqarli.

Xulosalar:

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

Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin issiqligini aniqlash

Issiqlik haqida ta'limot

Fazaviy otishlar

Yashirin issiqlik va bug'lanish issiqligi

Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin issiqligini aniqlash

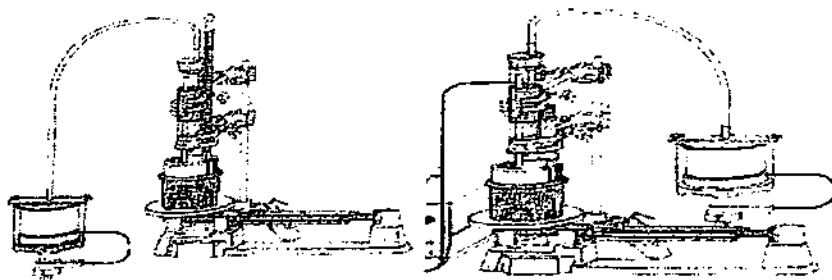
Ishning maqsadi:

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

Qisqacha nazariya

O'zgarmas bosimda moddaga qandaydir issiqlik miqdori uzatilsa, odatda moddaning temperaturasi oshadi. Ammo, agar fazaviy o'tish mavjud bo'lsa, moddaning temperaturasi oshmaydi, chunki uzatilayotgan issiqlik fazaviy

o'tishga sarf bo'ladi. Agar issiqlik uzatish jarayoni fazaviy o'tishdan keyin ham davom etsa, moddaning temperaturasi yana orta boshlaydi. Suvning bug'lanishi fazaviy o'tishning yaqqol misoli hisoblanadi. Moddaning birlik massasi istemol qiladigan issiqlik bug'lanishning yashirin issiqligi Q_v deyiladi.



41-rasm. Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin issiqligini aniqlash uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi

Chap tarafdagida temperatura termometr yordamida o'lchanadi, o'ng tarafdagida esa temperatura temperatura datchigi yordamida o'lchanadi. Tajribada bug' hosil bo'lishining yashirin issiqligi Q_v quvurdan kalorimetrga toza bug' uzatish orqali aniqlanadi. Bug' sovuq suvni aralashma temperaturasi t_m qizdiradi va so'ngra suvga kondensatsiyalanadi. Bug' hosil qilish issiqligi bug'ni suvga aylantiradi. Aralashma temperaturasi qo'shimcha boshlang'ich temperatura t_2 , sovuq suvning massasi m_2 hamda kondensirlangan suvning massasi m_1 o'lchanishi va bug' hosil bo'lish issiqligi quyidagi formuladan hisoblab topilishi mumkin:

$$\Delta Q_1 = c m_1 \cdot (100^\circ C - t_m) \quad (66)$$

bu yerda c - suvning solishtirma issiqlik sig'imi koeffitsiyenti

Chunonchi, bug'dan ajralib chiqqan issiqlik suvning $t_1 = 100^\circ C$ dan aralashma temperaturasi t_2 gacha ajralgan issiqlik bilan bug'ning kondensatsiyalanishida ajralgan issiqlik ΔQ_2 yig'indisiga teng. Oxirgi issiqlik $t_1 = 100^\circ C$ temperaturadagi suvni bug'ga aylantirish uchun zarur bo'lgan issiqlikka ham teng. Shunday qilib biz quyidagilarga egamiz:

$$\Delta Q_2 = m_r Q_v \quad (67)$$

Sovuq suv bug' bilan aralashganda yutilgan issiqlik

$$\Delta Q_3 = c m_2 (t_m - t_2) \quad (68)$$

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

$$\Delta Q_4 = c \cdot m_k (t_m - t_2) \quad \text{bu yerda } m_k = 20 \text{ g} \quad (69)$$

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

$$\frac{Q_v}{c} = \frac{(m_2 + m_k)}{m_1} \cdot (t_m - t_2) - (100^\circ C - t_m) \quad (70)$$

Kerakli asboblari va ashyolar:

1 G'ilofga ega Dyuar idishli kalorimetr.....	386 48
1 O'quv laboratoriya torozisi 610 Tare, 610 g.....	315 23
1 Termometr, -10° dan $+110^\circ C$ gacha.....	382 34
yoki	
1 NiCr-Ni tipli temperatura datchigi.....	666 193
1 Raqamli termometr.....	666 190
1 Bug' generatori, 550 W/230 V.....	303 28
1 Suvni ajratgich.....	384 17
1 Ichki diametri 7 x 1.5 TT, 1 T bo'lgan silikon trubkalar.....	667 194
1 Mustahkam shishadan tayyorlangan, hajmi 400 ml bo'lgan menzurka.....	664 104
1 V shaklidagi shtativ asosi.....	300 02
1 uzunligi 47 sm bo'lgan shtativ ustuni.....	300 42
1 multi qisqichlar Leybold.....	301 01
2 diametri 0-80 mm bo'lgan universalqisqichlar.....	666 555
Qo'shimcha talab qilinadi: distillangan suv	

Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasi 41-rasmga keltirilgan. Tajriba o'tkazish vaqtida Dyuar idishi o'quv laboratoriya torozisining pallasida joylashgan bo'lishi kerak.

- termometrni yoki NiCr-Ni tipli temperatura datchigini o'rnatish;
- 2 sm balandlikgacha bug' generatoriga distillangan suv soling va qopqoqni berkiting. Shundan so'ng qisqa vositani tartib va ehtiyotlik bilan mahkamlang.

Bug' trubkasining kirishini suv ajratgichga shunday siljitingki, pastki stoporgacha bo'lgan masofa yuqorigi stoporgacha bo'lgan masofadan kata bo'lsin. Bug' trubkasining chiqishini u yuqorigi stoporgacha yetmaguncha siljiting.

- Silikon quvurlardan bug' trubkasini chiqishi bilan bug' generatorini va bug' trubkasining kirishi bilan suv ajratuvchi separatorni biriktirish uchun foydalaning. Hozircha suv ajratgichni o'rnatmang.

Tajribalarni o'tkazish

Dyuar idishini sovuq suv bilan to'ldirish:

- Bo'sh Dyuar idishining massasini o'lchang.
- Dyuar idishiga taxminan 150 gramm distillangan suv soling va uning massasini muhimda temperaturasi t_2 o'lchang.
- Suv ajratgichni shunday o'rnatishki, bug' trubkasining chiqishi Dyuar idishi tubining o'rtasidan 1 sm yuqorida joylashsin. Zaruriyat tug'ilganda uni silikon quvur qisqa bo'lagi bilan tortish mumkin.

- Qurilmaning umumiy massasini aniqlang.

Bug'ni quvur orqali idishga uzatish:

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

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

O'lchash namunasi

Sovuq suv massasi m_2 : 153.8 g

Sovuq suv temperaturasi $t_2=28.1^\circ\text{C}$

Haqiqiy massa

Suv ajratgichni tushirgandan keyingi 154.3 g

Bug' chiqishini to'xtatishdan keyingi 174.0 g

Issiq suv aralashmaning temperaturasi $t_m=88.3^\circ\text{C}$

Natijalar va ularning tahlili:

$m_1 = 174.0\text{ g} - 154.3\text{ g} = 19.7\text{ g}$

$m_2 = 153.8\text{ g}$

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

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

Dyuar idishining suv ekvivalenti: $m_k = 20\text{ g}$

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

Bu qiymatlarni (5) formulaga qo'yib quyidagilarni olamiz:

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

Adabiyotlarda keltirilgan qiymat: $Q_v = 2.257 \cdot 10^3\text{ kJ/kg}$

Kritik nuqtada suyuqlik-gaz fazaviy o'tishni kuzatish

Issiqlik haqida ta'limot

Fazaviy o'tishlar

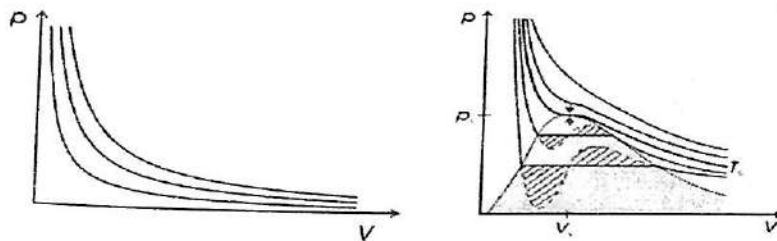
Kritik temperatura

Kritik nuqtada suyuqlik-gaz fazaviy o'tishni kuzatish

Ishning maqsadi:

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

- Kritik opalessensiyani kuzatish.



42-rasm. Real gazning izotermalar bilan pV diagrammasi

Suyuqlik-bug' aralashmasi diagrammaning bo'yalgan sohasida mavjud. Strelkalar bilan kritik nuqta ko'rsatilgan.

Qisqacha nazariya

Ideal gazning muhim xossalari biri, temperatura absolyut nolga yaqinlashganda ham, uning kondensirmasligi hisoblanadi. Bunday gaz tabiatda mavjud emas, chunki past temperaturalarda ham bunday gaz chiziqli o'lchamlari orasidagi o'rtacha masofaga nisbatan ancha kichik bo'lgan zarrachalardan tashkil topgan va ular faqat elastik to'nashishlardan tashqari bir biri bilan ta'sirlashmaydi. Ideal gaz o'zgarmas temperaturada siqilsa, uning bosimi hajmga teskari proporsional tarzda oshadi (42-rasmga qarang). Ideal gazning bosimi p , temperaturasi T va molyar hajmi V orasidagi munosabatlar ideal gazlar uchun asosiy tenglama bilan ifodalanadi:

$$pV = RT \quad (71)$$

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

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

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT \quad (72)$$

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

42-rasmda real gazning pV diagrammadagi izotermalari keltirilgan.

Gorizontal urinmasi burilish nuqtasi kabi aniqlanadigan izoterma o'zgacha ahamiyatga ega. Bu nuqta kritik nuqta deb ataladi; bu nuqtaga mos kelgan bosim qiymati p_c kritik bosim deb, molyar hajm kritik hajm V_c deb va temperatura T_c kritik temperatura deb ataladi. Kritik temperaturadan yuqorida barcha bosimlarda modda gazsimon holatda bo'ladi va izotermalar van der Waals tenglamasiga mos kelib, ideal gaz uchun asosiy tenglamaga yaqinlashadi.

Kerakli asboblari va jihozlari:

1 Kritik temperaturani namoyish qilish uchun barokamera.....	371 401
1 Lampa, 6 V/30 Vt.....	450 51
1 Lampa korpusi.....	450 60
1 Asferik kondensator.....	460 20
1 Transformator, 6 VAC, 12 VAC, 30 VAb.....	562 73
1 kichik optik kursi.....	460 43
1 Tutgichli linza, $f = 100$ mm.....	460 03
1 To'g'ri burchakli prizma.....	461 11
4 Leybold multi qisqichlar.....	301 01
1 Katta V shaklsimon shtativ asosi.....	300 01
Qizdirish uchun:	
Sirkulyasion termostat, 30 ..100 °C.....	666 768
Silikon quvurlar, ichki.diam.7x1.5 mm, 1m.....	667 194
yoki	
1 Bug' generatori, 550 Vt/230 V.....	303 28
1 Silikon quvurlar, ichki.diam.7x1.5 mm, 1m.....	667 194
1 Menzurka, 400 ml.....	664 104
Temperaturani o'lchash uchun:	
1 Bir kirishli raqamli termometr.....	666 190
1 Temperatura datchigi, NiCr-Ni.....	666 193
yoki	
1 Termometr, -10 dan 150 °C gacha.....	382 33

Kritik temperaturadan pastda vaziyat ancha murakkab. Agar hajm yetarli darajada katta bo'lsa (42-rasmdagi shtrixlangan sohadan o'ngda), modda gazsimon holatda bo'ladi va bug' deb hisoblanadi. Juda kichik hajmlarda (shtrixlangan sohadan chapda) gaz suyuqlikka o'tadi va amalda siqilmas bo'ladi. Shtrixlangan soha suyuqlik-bug' aralashmasiga mos kelib, u yerda bug' proporsiyasi chapdan o'nga ortib boradi. Bu Van-der-Vaals tenglamasining voqeyelikdan chetlanishidir: doimiy temperaturada hajmning o'zgarishi aralashmadagi bug' proporsiyasi bilan o'zgaradi, ammo uning bosimi emas. Shtrix chiziqlar bilan chizilgan chiziqlarning bir qismi van der Waals tenglamasiga mos keladi va ular gorizontal chiziqlar bilan almashtirilishi kerak. Ular shunday bug' bosimiga mos keladiki, bunda bug' va suyuqlik bir biriga nisbatan muvozanatda

bo'ladi. Suyuqlik va gaz turli solishtirma og'irlikka egaligi sababli, odatda ular og'irlik kuchi ta'sirida bir biridan ajraladi.

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

Kritik temperaturani kuzatish uchun mo'ljallangan barokamera bu hodisalarni bizga namoyish qilish uchun imkon beradi. Barokameraning qobig'i issiq suv yoki bug' bilan qizdiriladi. Yuqori bosimga chidamli bo'lgan ikkita yassi shisha darcha vazifasini o'taydi va qizdirishda hamda xuddi shuningdek, sovushda temperatura kritik temperaturadan T_c ortganda, barokameradagi moddaning o'zini tutishini kuzatishga imkon beradi. Hodisani bevosita barokamerada kuzatish yoki devorga proyeksiyalash mumkin. Barokamera olingugurt geksoxloridi SF_6 bilan to'ldiriladi. Xona temperaturasida uning kritik zichligi qiymati (ya'ni kritik hajmning aksi) suyuqlik va gazlar zichliklarining qiymatlariga deyarli teng. Qizdirishda sistema kritik nuqta orqali o'tishi uchun, barokamera yarmigacha xona temperaturasida suyuq gaz bilan to'ldiriladi.

SF_6 kritik temperaturada quyidagi termodinamik o'zgaruvchilarga ega:

Kritik temperatura: $T_c = 318.7$ K

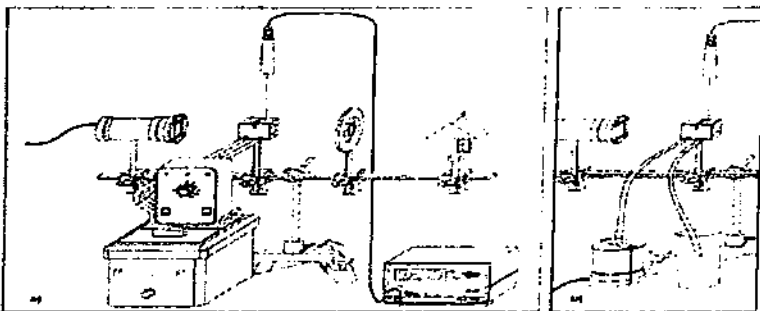
Kritik bosim: $p_c = 37.6$ bar,

Kritik molyar hajm: $V_c = 200$ cm³/mol

Tajriba qurilmasi

43-rasmda tajriba qurilmasi tasvirlangan.

Barokamerani sirkulyasion termostat bilan qizdiriladigan to'liq yig'ilgan qurilma (a). Optik kursidagi alohida komponentlarning aniq o'rni ekran sirtigacha bo'lgan masofaga bog'liq va u linzani siljitish orqali osongina topilishi mumkin. Qurilmaning barokamerani qizdirish uchun mo'ljallangan bug' generatori qismi (b).



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

Bug' generatoridan foydalanishda quyidagilarga e'tibor bering:

- Quvurda kondensasiyalanishning oldini olish uchun, silikon quvurlarni har birining uzunligi 0.5 m bo'lgan ikkita bo'lak qilib kesib oling.
- Silikon quvurlarni biriktirishdan oldin, barokameraning qizdirish kanalini puflash orqali tekshiring va uning ichidagi to'siqlardan xoli bo'ling.

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

- Asferik kondensorni lampa nasadkasiga o'rnatish.
- 43-rasmda tasvirlangan qurilmani shunday yig'ingki, bunda lampa, barokameraning shisha tuynugi, linza va to'g'ri burchakli prizma bir o'qda joylashsin.
- Har safar apparat bilan ishlashdan oldin, hech qanday bug' yoki issiq suv nazoratsiz sizib o'tib ketmasligiga, apparatga ziyon yetmasligiga yoki buzmasligiga amin bo'lish uchun silikon quvurlarning ulanish joylarini tekshiring.
- Lampani transformatorga ulang va barokamera tarkibini rangi ochiq sirtga proyeksiyalang (masalan devorga qotirilgan oq qog'oz varag'i).

Zaruriyat bo'lganda, qurilmani o'rnatish tartibini qayta o'qib chiqing.

Kichik optik kursidagi linzani siljitish orqali suyuqlik meniskining tasvirini to'plang.

Texnika xavfsizligi bo'yicha eslatma

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

- Instruksiyada mavjud barcha eslatmalarni diqqat bilan o'qing va texnika xavfsizligiga rioya qiling.
- Aslo agregat vintini yechib olmang.
- Jipslagichlar shisha tuynuklarni qisish uchun xizmat qiladi, shu bilan birga

o'ta qizib ketishda ular saqlovchi klapan sifatida ishlaydi. Ular 100 °C temperaturagacha qo'llanilishi mumkin.

- Jipslagichlarning xizmat qilish muddatini oshirish uchun barokameradagi temperaturani 90 °C dan ortib ketishiga yo'l qo'ymang. Ayniqsa, bug' generator bilan qizdirish amalga oshirilganda, kuyib qolish xavfi bor, va shuning uchun barokamera bug' generatorining baki bilan silikon quvurlar yordamida ulanishi kerak.
- Agar siz bug' generatoridan (30328) foydalansangiz, instruksiyadagi barcha eslatmalarga hamda texnika xavfsizligiga rioya qiling.
- Tajriba apparati issiq bo'lganda, unga tegmang.

Tajribani o'tkazish tartibi

Bug' generatoridan foydalanganingizda quyidagi tараflarga diqqat qiling:

Qizdirish bug' bilan amalga oshirilganda, barokameradagi temperatura juda tez ortadi, shuning uchun kritik temperaturani nazorat qilish ancha qiyin. Suv va bug' ikkalasi ham birgalikda majburan qizdirish kanalidan oqmasligi uchun, bakdagi suv kuchli qaynamasligi kerak. Bug' generatorining bakini shunday to'ldiringki, uning 2 sm ga yaqin yuqorisi bo'sh qolsin.

Suv qaynashni boshlaganidan, darhol bug' generatorini o'chiring.

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

Sirkulyasion termostatdan foydalanish uchun ko'rsatmalar :

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

Sistemaning temperaturasi kritik temperaturadan ortgandan keyin, sirkulyasion termostatning temperaturasi kritik temperaturadan past holatga o'rnatish.

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

O'lchash namunasi va tahlil

Quyida bayon qilinadigan hodisalarning yuzaga kelishi kritik temperaturadan o'tish tezligiga bog'liq. "Qizish" bandidagi effektlar sirkulyasion termostatdan foydalanilganda kuzatiladi; bug' generatoridan foydalanilganda esa

jarayon kuchliroq kechadi va u nisbatan tez tugaydi.

Qizish:

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

Kritik temperaturaga erishishdan bir oz oldin, qaynash shunchalik tez kechadiki, gaz pufakchalari tufayli suyuqlik bir jinslimasga o'tadi va unda yorug'lik diffuz sochiladi. Bu esa suyuq fazaning proyeksiyalangan tasvirini qoramtirrog' qiladi. Dastavval bevosita chegaradan yuqoridagi gaz fazasida, keyin butunlay gaz fazasida va provordida qolgan suyuq fazada ham shtrixlarning yuzaga kelishi intensivrog' bo'ladi.

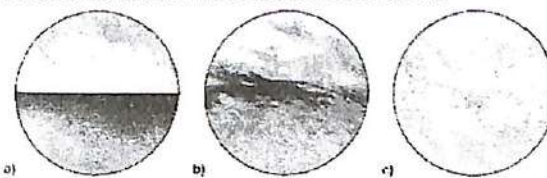
Sistema sekinlik bilan kritik temperaturadan o'tganda, suyuqlik bilan gaz orasidagi faza chegarasi g'alayonlangan bo'ladi, kengayadi va provordida yo'qoladi. Chegara yo'qolishidan bevosita oldin, suyuq faza ozgina mallasimon tuyuladi. Biz gazsimon va suyuq fazalar orasidagi chegaraning yo'qolishini proyeksiyalangan tasvirda kuzatishimiz mumkin. Bu amalga oshganidan so'ng, tasvir yana qayta yorqinrog' bo'ladi, chunki kamerada bitta gomogen faza bo'ladi. Barokameraning tarkibi shtrixlarni yuzaga keltirib, temperatura ortishi bilan bir oz sochadigan, intensiv turbulentlikni namoyish qiladi, Ular barokameradagi temperaturalar farqi evaziga amalga oshadi.

Sovush:

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

O'ta qizish: Bunda suyuqlik yana kuchliroq qaynaydi, gazli faza sarg'ichroq tuyuladi, suyuq faza esa qizg'ich-jigarang (kritik opalessensiya) tus oladi. Fazalar chegarasi kengayib boradi va keyin butunlay yo'qoladi. Kritik temperaturadan bir oz yuqorida barokameraning butunlay tarkibi bir jinsliga o'tadi va shtrixlarning intensiv hosil bo'lishi va turbulentlik bilan birga sarg'ich-jigar rang tusga kiradi. Provordida, kritik opalessensiya amalga oshadigan temperaturalar oralig'i yuqori va biz barokamerada faqat turbulentlik bilan

bog'langan shtrixlar hosil bo'lishini kuzatishimiz mumkin.



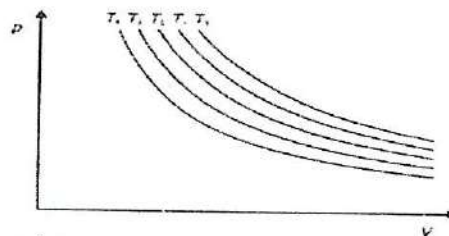
44-rasm. Barokamera tarkibining ko'rinishi: kritik temperaturadan pastda (a), kritiktemperaturada (b) (fazalar chegarasining yo'qolishi), kritik temperaturadan yuqorida (c)

Doimiy temperaturada gaz bosimining hajmga bog'liqligi (Boil-Mariott qonuni) Issiqlik haqida ta'limot Gazlarning kinetik nazariyasi Gaz qonunlari

Ishning maqsadi:

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

Doimiy temperaturada ideal gazning pV diagrammalari



Qiaqacha nazariya

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

$$PV = \nu RT \quad (73)$$

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

$$pV = \text{const} \quad (74)$$

Mazkur tajribada bu qonun gazli termometr yordamida tasdiqlanadi. Gazli termometr shisha kapillyardan tashkil topgan bo'lib, uning bir uchi ochiq.

Havoning ma'lum miqdori kapillyar ichida simobning tomchisi bilan zich berkitiladi. Tashqi p_0 bosimda, kapillyar ichidagi havo V_0 hajmga ega. Xona temperaturasida dastlabki (qo'l bilan yurgiziladigan) nasos yordamida havoni so'rib olish, havo ustunida $r_0 + \Delta r$ bosim hosil bo'lishiga olib keladi, bu yerda r_0 - tashqi bosim. Simobning tomchisi ham havo ustuniga bosim beradi:

$$P_{Hg} = \rho_{Hg} g h_{Hg}, \quad (75)$$

bu yerda $\rho_{Hg} = 13,6 \text{ g/sm}^3$ - simobning zichligi, $g = 9,81 \text{ m/c}^2$ - erkin tushish tezlanishi; h_{Hg} - simob tomchisining balandligi. Gazli termometrda havo ustunidagi umumiy bosim quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$p = p_0 + \Delta p + p_{Hg}. \quad (76)$$

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

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

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

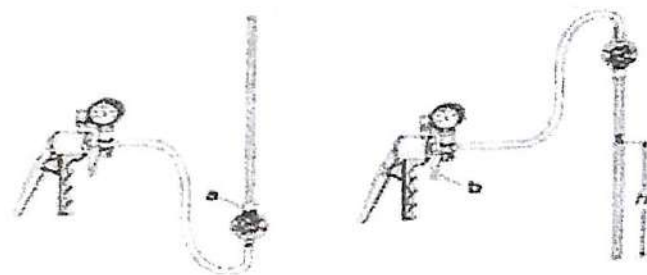
Asboblari va ashyolar

1 Gazli termometr	38200
1 Dastaki vakuum nasosi	375 58
1 V shaklsimon shtativ asosi, 20 sm	300 02
1 Shtativ ustuni, 47 sm	300 42
2 "Timsol" tipli qistirgich	301 11

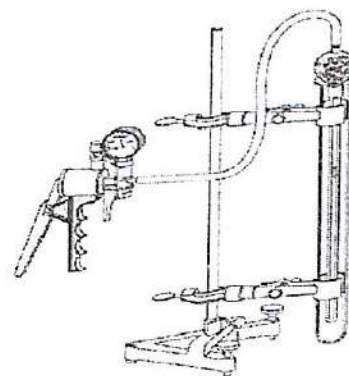
Tajriba qurilmasi

Simob tomchilarini yig'ish

- Dastaki (qo'l bilan yurgiziladigan) vakuum nasosini gazli termometrga ulang va termometrni shunday ushlangki, uning ochiq uchi pastga qarab yo'nalgan bo'lsin (45-rasmga qarang).
 - Dastaki vakuum nasosi yordamida maksimum ortiqcha bosimni Δp yuzaga keltiring va tomchi shaklidagi simobni qavariq joyga (a) to'plang.
- Dastaki vakuum nasosining manometri ortiqcha bosimni Δp manfiy qiymat tarzida ko'rsatadi.
- Agarda hali ham simobning tomchilari kapillyarda qolsa, kapillyarni sekin turtkilab, ular qavariq joyga (a) siljiriladi. Simob bilan berkitilgan kapillyar uchida qolgan kichkina simob tomchisi tajribani bajarishga halaqit bermaydi.



45-rasm. Simob tomchilarini yig'ish va dastlabki gaz hajmini V_0 o'rnatish



46-rasm. Doimiy temperaturada gaz hajmining bosimga bog'liqligini o'rganish uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi

Gaz hajmini (V_0) o'rnatish

- Gazli termometrda foydalanish uchun uni ishchi holatdan (ochiq uchi yuqorida) sekin shunday buringki, simob kapillyarning kirish teshigiga siljisin.
- Dastlabki vakuum nasosining ventilyasiya klapanini (b) sekinlik bilan oching va Δp bosimni sekin 0 ga shunday kamaytiringki, simob yakka bog'langan tomchi bo'lib asta yumalasin.
- Gazli termometr bilan katta trubkani shtativ ustuniga o'rning.
- Agar katta simob tomchisi kuchli ventilyasiya yoki vibrasiya natijasida bo'linib ketssa, qaytadan simobni yig'ing.

Jadval 17. Havo ustuni balandligining h bosimlar farqiga Δp bog'liqligi.

$\Delta p, \text{gPa}$	H, sm
0	7.0
-60	7.7
-100	8.0
-150	8.45
-200	8.9
-250	9.5
-300	10.5
-340	10.95
-410	12.1
-450	12.95
-500	14.1
-550	15.4
-600	17.15
-650	20.05
-690	22.5
-740	26.75
-780	31.35
-800	34.75

Tajribani o'tkazish tartibi

- Tashqi bosimni p_0 aniqlang.
- Gazli termometrning shkalasi bo'yicha simob ustunining balandligini h_{Hg} yozib oling.
- Dastaki (qo'l bilan yurgiziladigan) vakuum nasosi yordamida ortiqcha bosimni Δp yuzaga keltiring va uni qadamma-qadam sekin asta oshirib boring.
- Har safar havo ustunining balandligini h , Δp bilan birgalikda yozib boring.

Tajriba namunasi

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

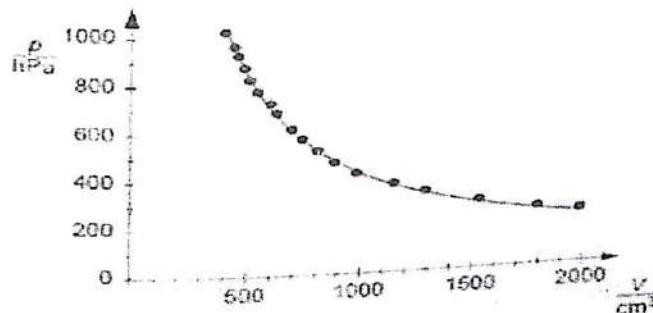
Simob ustunining balandligi: $h_{\text{Hg}} = 11 \text{ mm}$

Natijalar va ularning tahlili

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

Jadval 18. Havo bosimining (o'lchangan Δp qiymatlari bo'yicha, jadval.) hajmga V (h qiymatlari bo'yicha hisoblangan jadval 17) bog'liqligi.

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



47-rasmda p va V ning o'lchangan qiymatlari bo'yicha tuzilgan grafik keltirilgan (jadval 2.)

bu yerda uzluksiz silliq egrilik giperbolaga mos keladi. $p = C/V$, bu yerda $C = 424\,000 \text{ gPa} \cdot \text{mm}^3$. O'lchash aniqligi chegarasida, bu egrilik olingan tajriba natijalari bilan mos keladi. Shunday qilib (74) tenglama qamalgan havo ustuni uchun bajariladi, ya'ni havo ustuni o'zini ideal gaz kabi tutadi.

Xulosa: Doimiy temperaturada, ideal gazning bosimi va hajmibir biriga nisbatan teskari proporsional.
yoki: Doimiy temperaturada ideal gaz bosimining hajmiga ko'paytmasi doimiy bo'ladi (Boyl - Mariott qonuni).

Doimiy bosimda gaz hajmining temperaturaga bog'liqligi (Gey - lyusak qonuni)
Issiqlik haqida ta'limot
 Gazlarning kinetik nazariyasi
Gaz qonunlari

Ishning maqsadi:

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

Qisqacha nazariya

ν mol miqdordagi ideal gazning holati tajribada aniqlanishi mumkin bo'lgan bosim, hajm va temperatura qiymatlari bilan to'liq ifodalanadi. Bu uch miqdor orasidagi munosabat asosiy gaz qonuni bilan aniqlanadi:

$$PV = \nu RT \quad (77)$$

bu yerda p - bosim; V - hajm; T - temperatura; ν - ideal gazning moldagi miqdori; R - universal gaz doimiysi (8,31 J/(K·mol)). Agar miqdorlardan biri- bosim, hajm yoki temperatura doimiy qolsa, qolgan ikki miqdorni bir biridan mustaqil tarzda o'zgartirib bo'lmaydi. Masalan, doimiy bosimda holatlarning Gey-Lyussak munosabati o'rinli bo'ladi:

$$V \sim T \quad (78)$$

Mazkur tajribada bu qonun gazli termometr yordamida tasdiqlanadi. Gazli termometr shisha kapillyardan tashkil topgan bo'lib, uning bir uchi ochiq. Havoning ma'lum miqdori kapillyar ichida simobning tomchisi bilan zich berkitiladi. Tashqi p_0 bosimda, kapillyar ichidagi havo V_0 hajmga ega. Gazli termometr temperaturasi taxminan $t \approx 90^\circ\text{C}$ ga yaqin suvga joylashtiriladi va bu sistema asta- sekin sovutiladi (48-rasm). Gazli termometrning ochiq uchi atrof muhitning bosimi ta'sirida bo'ladi. Shunday qilib, qamalgan havo ustunining bosimi tajriba vaqtida doimiy qoladi. Hajm quyidagicha aniqlanadi:

$$V = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h, \quad (79)$$

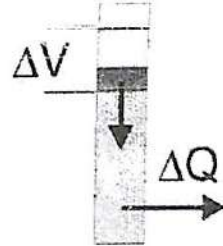
bu yerda $d = 2,7$ kapillyarning ichki diametri, h - havo ustunining balandligi.

- | | |
|--|---------|
| 1. Gazli termometr..... | 382 |
| 1. Dastaki vakuum nasos..... | 375 |
| 1. V shaklsimon shtativ asosi 20 sm..... | 300 |
| 1. Shtativ ustuni, 47 sm..... | 300 |
| 2. "Timsoh" tipli qistirgich..... | 30111 |
| 1. Qizdiruvchi elektr plitka..... | 666 767 |
| P2.5.2.2(a) | |
| 1 Raqamli termometr..... | 666 |

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

P2.5.2.2(b)

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



48-rasm. Termodinamik jarayonning sxematik tasvirlanishi

Tajriba qurilmasi

Simob tomchilarini yig'ish

- Dastaki (qo'l bilan yurgiziladigan) vakuum nasosini gazli termometrga ulang va termometrni shunday ushlangki, uning ochiq uchi pastga qarab yo'nalgan bo'lsin. (49-rasmga qarang).
- Dastaki vakuum nasosi yordamida maksimum ortiqcha bosimni Δp yuzaga keltiring va tomchi shaklidagi simobni qavariq joyga (a) to'plang. Dastaki vakuum nasosining manometri ortiqcha bosimni Δp manfiy qiymat tarzida ko'rsatadi.
- Agarda hali ham simobning tomchilari kapillyarda qolsa, kapillyarni sekin turtkilab, ular qavariq joyga (a) siljiriladi. Simob bilan berkitilgan kapillyar uchida qolgan kichkina simob tomchisi tajribani bajarishga halaqit bermaydi.



49-rasm. Simob tomchilarini yig'ish va dastlabki gaz hajmini V_0 o'rnatish

Gaz hajmini V_0 o'rnatish

- Gazli termometrdan foydalanish uchun uni ishchi holatdan (ochiq uchi yuqorida) sekin shunday buringki, simob kapillyarning kirish teshigiga siljisin.
- Dastaki vakuum nasosining ventilyasiya klapanini (b) sekin oching va Δp bosimni sekin 0 ga shunday kamaytiringki, simob yakka bog'langan tomchi bo'lib asta yumalasin.
- Gazli termometr bilan katta trubkani shtativ ustuniga o'rnatish.

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

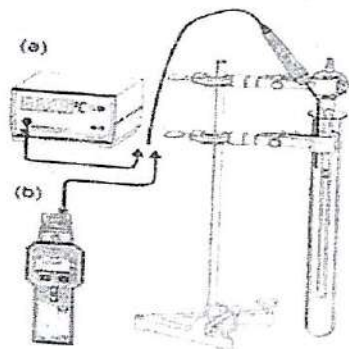
Temperaturani raqamli termometr bilan o'lchash (o'lchash asbobini taqdimot qilish).

Gazli termometrga parallel qilib temperatura datchigini NiCr-Ni katta probirkaga kiriting va uni raqamli termometr bilan ulang. Temperaturani Mobil CASSY yordamida o'lchash (ko'chma o'lchash asbobi).

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

Texnika xavfsizligi

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



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

- Shisha idishdagi 400 ml hajmli suvni 90 °C gacha elektroplitkada qizdiring
- Issiq suvni ehtiyotlik bilan shisha idishga quyuing. Temperatura ko'tarilib borgan sari gazning boshlang'ich bosimi pasayadi.
- Temperatura ortishini kuzating va temperatura hamda havo ustunining balandligini aniqlash uchun, temperatura pasaya boshlash momentini kuting.
- Suv vannasining (probirkadagi suv) sovushi mobaynida gazli termometrning asta-sekin temperaturasi t va berk havo ustunining balandligini h o'lchang.

Tajriba namunasi

Jadval 19. Berk havo ustuni balandligi h temperaturaning t funksiyasi sifatida.

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

Natijalar va ularning tahlili

(79) formula bo'yicha, havo ustuni balandligining o'lchangan qiymatlaridan (Jadval 19) foydalanib, hajmni hisoblab topish mumkin. 51-rasm. Jadval 20 da keltirilgan qiymatlarning grafigi. To'g'ri chiziq chiziqli regressiya bo'yicha quyidagi formula bilan hisoblangan:

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

Chiziqli regressiyani manfiy temperaturalar tarafga ekstrapolyasiyalashdan absolyut nol temperaturani ($T=0 \text{ K}$) regressiya chizig'i temperatura o'qi ($p=0$) bilan kesishgan nuqta orqali aniqlash mumkin.

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

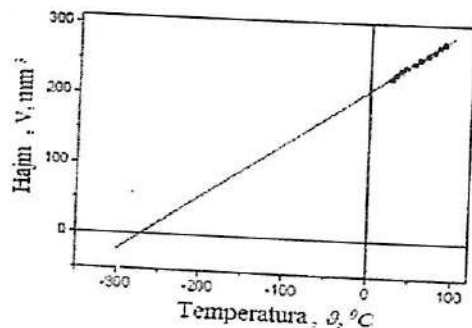
$$t = T + t_0$$

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

Jadval 20. Gaz hajmi V (o'lchangan h qiymatlaridan (Jadval 19) foydalanib, (79) formula bo'yicha hisoblangan) temperaturaning t funksiyasi sifatida

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

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



51-rasm. Qamalgan havo hajmining V temperaturaga bog'liqligi t Qizil chiziq regressiya natijalariga mos keladi

Doimiy hajmda gaz bosimining temperaturaga bog'liqligi (Sharl qonuni)
(Amonton qonuni)

Issiqlik haqida ta'limot

Gazlarning kinetik nazariyasi

Gaz qonunlari

Doimiy hajmda gaz bosimining temperaturaga bog'liqligi (Sharl qonuni)
(Amonton qonuni)

Ishning maqsadi:

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

Qisqacha nazariya

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

$$PV = \nu RT \quad (80)$$

bu yerda P - bosim; V - hajm; T - temperatura; ν - ideal gazning moldagi miqdori; R - universal gaz doimiysi (8,31 J/(K·mol)). Agar miqdorlardan biri - bosim, hajm yoki temperatura doimiy qolsa, qolgan ikki miqdor bir biridan mustaqil tarzda o'zgara olmaydi. Masalan, doimiy hajmda V ideal gaz holati uchun Amonton munosabatini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$p \approx T \quad (81)$$

Mazkur tajribada (81) munosabat gazli termometr yordamida tasdiqlanadi. Gazli termometr shisha kapillyardan tashkil topgan bo'lib, uning bir uchi ochiq.

Havoning ma'lum miqdori kapillyar ichida simobning tomchisi bilan zich berkitiladi. Tashqi *pobosim*da, kapillyar ichidagi havo V_0 hajmga ega. Xona temperaturasida dastaki(qo'l bilan yurgiziladigan) nasos yordamida havoni so'rib olish, havo ustunida $r_0 + \Delta r$ bosim hosil bo'lishiga olib keladi, bu yerda r_0 - tashqi bosim. Simobning tomchisi ham havo ustuniga bosim beradi:

$$P_{Hg} = \rho_{Hg} g h_{Hg} \quad (82)$$

bu yerda $P_{Hg} = 13,6 \text{ g/sm}^3$ - simobning zichligi, $g = 9,81 \text{ m/c}^2$ - erkin tushish tezlanishi; h_{Hg} - simob tomchisining balandligi. Gazli termometrda havo ustunidagi umumiy bosim quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P = p_0 + \Delta p + P_{Hg} \quad (83)$$

Termometr temperaturasi 90°C ga yaqin suvga joylashtiriladi va bu sistema asta-sekin sovutiladi. Gazli termometrdan dastaki vakuum nasosi orqali havoni so'rib olish orqali, sovutish vaqtida havoning hajmi doimiysaqlanadi.

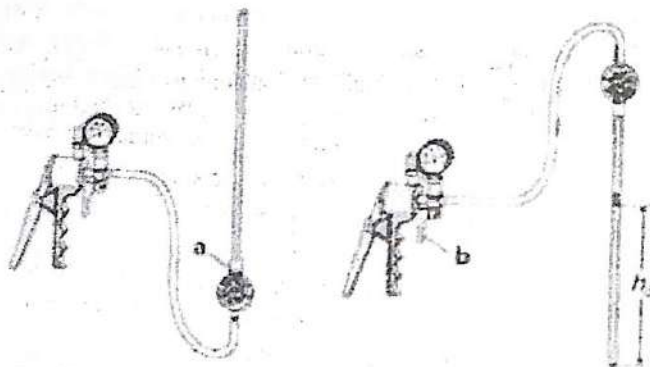
Ashoblar va ashyolar

1 Gazli termometr	382 00
1 Dastaki vakuum nasosi	375 58
1 V shaklsimon shtativ asosi. 20 sm	300 02
1 Shtativ ustuni, 47 sm	300 42
1 "Timsah" tipli qistirgich	301 11
1 Qizdiruvchi elektr plitka	666 767
1 Shisha o'lchov stakani, 400 ml	664 103
P2.5.2.2(a)	
1 Raqamli termometr	666 190
1 NiCr-Ni temperatura datchigi	666 193
P2.5.2.2(b)	
1 Mobil CASSY Lab	524 009
1 NiCr-Ni aylantirgich S	524 0673
1 NiCr-Ni temperatura datchigi 1.5 mm	529 676

Tajriba qurilmasi

Simob tomchilarini yig'ish

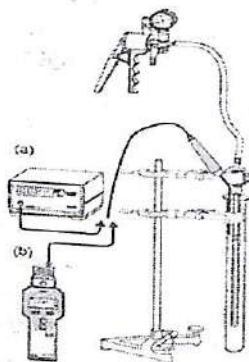
- Dastaki vakuum nasosini gazli termometrga ulang va termometrni shunday ushlangki, uning ochiq uchi pastga qarab yo'nalgan bo'lsin. (52-rasmga qarang).
- Dastaki vakuum nasosi yordamida maksimum ortiqcha bosimni Δp yuzaga keltiring va tomchi shaklidagi simobni qavariq joyga (a) to'plang.
- Dastaki vakuum nasosining manometri ortiqcha bosimni Δp manfiy qiymat tarzida ko'rsatadi.
- Agarda hali ham simobning tomchilari kapillyarda qolsa, kapillyarni sekin turtkilab, ular qavariq joyga (a) siljiriladi.



52-rasm. Simob tomchilarini yig'ish va dastlabki gaz hajmini V_0 o'rnatish

Gaz hajmini V_0 o'rnatish

- Gazli termometrdan foydalanish uchun uni ishchi holatdan (ochiq uchi yuqorida) sekin shunday buringki, simob kapillyarning kirish teshigiga siljisin.
- Dastaki vakuum nasosining ventilyasiya klapanini (b) sekin oching va Δp bosimni sekin 0 ga shunday kamaytiringki, simob yakka bog'langan tomchi bo'lib asta yumalasin.



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

- Gazli termometr bilan katta trubkani shtativ ustuniga o'rnatish. Agar katta simob tomchisi kuchli ventilyasiya yoki vibrasiya natijasida parchalansa, qaytadan simobni yig'ing. Temperaturani raqamli termometr bilan o'lchash (o'lchash asbobini taqdimot qilish). Gazli termometrga parallel qilib temperatura datchigini NiCr-Ni katta probirkaga kiriting va uni raqamli termometr bilan ulang. Temperaturani Mobil CASSY yordamida o'lchash (ko'chma o'lchash asbobi). Gazli termometrga parallel qilib temperatura datchigini NiCr-Ni katta probirkaga kiriting va uni Mobil CASSY bilan ulang.

Texnika xavfsizligi

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

Ishni bajarish tartibi

- Shisha idishdagi 400 ml hajmli suvni 90 °C gacha elektroplitkada qizdiring.
- Issiq suvni ehtiyotlik bilan shisha idishga quying.
- Temperatura ortishini kuzating va temperatura pasaya boshlash momentini kuting
- Simob ustuni balandligini h_0 aniqlang. Bu h_0 qiymat simob ustuni bilan berkilgan havo hajmini V_0 ko'rsatadi. Issiq vanna (probirkadagi suv) sovushi mobaynida, asta- sekin quyidagi ishlarni qaytaring:
- Dastaki vakuum nasosi bilan haydab ortiqcha bosimni Δp to simob ustuni lastlabki balandligiga h_0 erishmaguncha oshiring (ya'ni, shunday qilib, doimiy hajmda V_0 o'lchash sharoitini ta'minlash uchun, sovush jarayoni vaqtida hajmning kamayishi kompensasiya qilinadi).
- Temperaturani t va ortiqcha bosimni Δp yozib oling.

Tajriba namunasi

Jadval 21. Berk V_0 hajmga qamalgan havo bosimining Δp temperaturaga t bog'liqligi.

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

$$P_0 + 1011 \text{ gPa} \quad h_{\text{Hg}} = 11 \text{ mm}$$

Natijalar va ularning tahlili

(83) tenglamadan foydalanib, ortiqcha bosimning o'lchangan qiymatlari bo'yicha berk hajmdagi havoning bosimini hisoblab topish mumkin (jadval 22).

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

54-rasm. Jadval 22 da keltirilgan qiymatlarning grafigi. To'g'ri chiziq chiziqli

regressiya bo'yicha quyidagi formuladan hisoblandi:

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

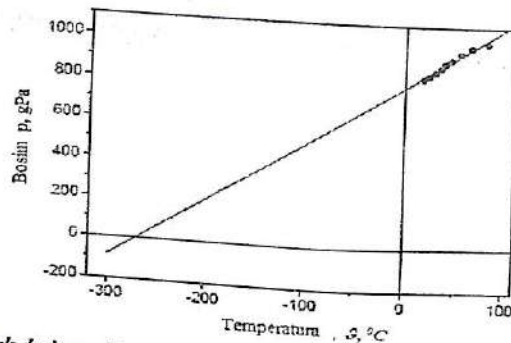
Jadval 22. Hajmning V (82) formulaga asosan jadval 21 da keltirilgan h ning o'lgan qiymatlaridan foydalanib) temperaturaga t bog'liqligi.

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

Chiziqli regressiyani manfiy temperaturalar tarafga ekstrapolyasiyalashdan absolyut nol temperaturani ($T = 0 \text{ K}$) regressiya chizig'i ($p = 0$) temperatura o'qi bilan kesishgan nuqta orqali aniqlash mumkin.

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

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



54-rasm. Berk hajmga voqumalgan havo bosimining temperaturaga bog'liqligi

Qizil chiziqli chiziqli regressiya natijalariga mos keladi.

Richard metodi bilan havo uchun adiabat ko'rsatgichini C_p/C_v aniqlash. Issiqlik haqida ta'limot

Gazlarning kinetik nazariyasi

Gazlarning solishtirma issiqlik sig'imi

Ishning maqsadi:

- Po'lat zoldirning ossillyasiya davrini o'lchash.

- Havo uchun adiabat ko'effitsiyentini aniqlash.

Qisqacha nazariya

Gazlarning kinetik nazariyasi ideal gazlarning adiabat ko'effitsiyentini ko'rsata oladi. Gazning ichki energiyasini U unga tashqaridan uzatilayotgan issiqlik miqdorini ΔQ oshirish yoki uning ustida mexanik ish ΔM bajarish orqali o'zgartirish mumkin:

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W \quad (84)$$

Holatni adiabatik o'zgartirishlarda tashqi atrof muhit bilan issiqlik almashinuv bo'lmaydi. Shu sababli issiqlik miqdori o'zgarmaydi: $\Delta Q = 0$ (ya'ni entropiya doimiy qoladi). Ideal gaz qonunidan $pV = mRT$ va $\Delta U = C_v m \Delta T$, hamda (84) tenglamadan Puasson tenglamasi kelib chiqadi, u temperatura o'zgarganda holatning adiabatik o'zgarishini ifodalaydi:

$$p \cdot V^k = \text{const.} \quad (86)$$

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

$$k = C_p / C_v \text{ va } C_p = C_v + R \quad (87)$$

bu yerda

C_p - doimiy bosimda solishtirma issiqlik sig'imi

C_v - doimiy hajmda solishtirma issiqlik sig'imi

C_p bilan C_v haqida nazariy bashorat qilish

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

$$\Delta Q = C_v \Delta T \quad (87)$$

bu yerda C_v molyar issiqlik sig'imi. Doimiy hajmda holatning o'zgarishida mexanik ish bajarilmaydi, ya'ni (1) tenglamada $\Delta W = 0$. Shunday qilib, sistemaga berilayotgan issiqlik ΔQ faqat zarrachalarning kinetik energiyasini oshiradi. Gazlar kinetik nazariyasidagi zarrachalar erkinlik darajasi bo'yicha energiyaning bir tekis taqsimlanishi qonuniga asosan zarrachalar o'rtacha kinetik energiyasining ortishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta E_{\text{kin}} = 1/2 \cdot f \cdot R \cdot \Delta T \quad (88)$$

bu yerda f - bir zarrachaga to'g'ri keladigan erkinlik darajasining soni, R - universal gaz doimiysi, ΔT - temperaturaning o'zgarishi. (87) va (88) formulalarni taqqoslashdan ideal gazning molyar issiqlik sig'imi faqat gaz molekulasining erkinlik darajasi bilan aniqlanishi kelib chiqadi:

$$C_v = \frac{1}{2} \cdot f \cdot R \quad (89)$$

Bir atomli gazlarning zarrachalari faqat uchta erkinlik darajasiga ega bo'ladi. Bir atomli gazlarda o'rtacha issiqlik energiyalarida ($\sim 25 \text{ meV}$) burchak momentlarining kvantlanishi natijasida aylanma erkinlik darajasining yuzaga

kelishi kuzatilmaydi. Ikki atomli va chiziqli ko'p atomli molekulalar aylanma erkinlik darajalariga ega. Ammo, o'q bo'yicha inersiya momenti kichik bo'lganligi sababli, ikki atomli va chiziqli ko'p atomli molekulalar molekulyar o'qqa nisbatan faqat perpendikulyar aylanadi.

Chiziqli molekulalar uchta ilgari tanilgan erkinlik darajasiga qo'shimcha 2 ta aylanma erkinlik darajasiga ega ($f = 5$). Xona haroratida faqat nochiziqli molekulalar uchun barcha uchta aylanma erkinlik darajasi qo'zg'aladi ($f = 6$).

$$k = \frac{C_p}{C_v} = \frac{f+2}{f} \quad (90)$$

Jadval 23. Ideal gazlar uchun (VII) formula bilan hisoblangan adiabat ko'rsatkichlari:

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

Richard metodi bo'yicha C_p/C_v nisbatni aniqlash

Bu tajribada gazli trubkaga kiritilgan va gaz hajmini zich bekituvchi po'lat zoldirning tebranish davri orqali havoning adiabat ko'rsatkichi κ aniqlanadi. 55-rasmga binoan, agar ballondagi bosim p atmosfera bosimi p_0 bilan po'lat zoldir og'irligi yuzaga keltirayotgan bosim yig'indisiga teng bo'lsa, shisha trubkadagi zoldir muvozanat holatida bo'ladi:

$$p = p_0 + \frac{mg}{A} \quad (91)$$

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

$$A \cdot dp = m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2}, \quad (92)$$



55-rasm. Richard metodi bilan adiabat ko'rsatkichini aniqlash uchun tajriba qurilmasi

Bu jarayon juda tez amalga oshgani uchun, uni amalda adiabatik deb hisoblash mumkin va bu (85) tenglamani differensiallash orqali kelib chiqadi:

$$V^\kappa dp + p \cdot \kappa \cdot V^{\kappa-1} dV = 0 \quad (93)$$

$$dp = - \frac{\kappa \cdot p}{V} dV \quad (94)$$

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

$$dV = A \cdot x. \quad (95)$$

dV ni (94) tenglamaga va dp ni (92) tenglamaga qo'yib, zoldir harakat tenglamasini quyidagi ko'rinishda olamiz:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{\kappa \cdot p \cdot A^2}{m \cdot V} x = 0 \quad (96)$$

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

$$\omega = \sqrt{\frac{\kappa \cdot p \cdot A^2}{m \cdot V}} = 0. \quad (97)$$

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

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot V}{\kappa \cdot p \cdot A^2}} \quad (98)$$

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

$$\kappa = \frac{4\pi^2 m \cdot V}{A^2 p T^2} \quad (99)$$

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

Kerakli asboblari va ashyolar

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

Tajriba o'tkazish bo'yicha maslahatlar

(98) tenglama bo'yicha, idishning hajmi qanchalik katta bo'lsa, po'lat zoldirning ossilyasiya davri shunchalik katta. Boshqa tarafdin, tajriba aniqligi ossilyasion davri T aniqlash aniqligi bilan belgilanib, bu davr (99) tenglamadagi kvadrat ildizdan topiladi. Shuning uchun, mazkur tajribada aspirator (so'rib oluvchi qurilma) qo'llaniladi. Po'lat zoldirning ossilyasiyasi soni shisha trubkaning va po'lat zoldirning tozaligiga juda kuchli bog'liq. Har bir tajribadan oldin 56-rasmda ko'rsatilganidek, ipga bog'langan yumshoq mato yoki teri parchasi bilan shisha trubkani diqqat bilan tozalash kerak. Shisha trubkani yumshoq mato parchasi bilan tozalashda tozalovchi vositalardan foydalaning.



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

Eslatma

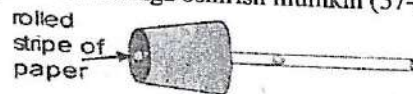
Asbobdan foydalanilmagan vaqtda, presizion shisha trubkani toza saqlash maqsadida, uni rezina qopqoq bilan berkiting.

Tajriba qurilmasi

- Shisha trubkani 56-rasmda keltirilganidek tozalang.
- Po'lat zoldirni tozalang.

Eslatma

Faqat presizion shisha trubkani va po'lat zoldirni tozalashgina zoldirning yaxshi ossilyasiyasiga olib keladi. Shisha trubkani rezina tiqinga o'rnatish. Siz rezina tiqinning oldingi tarafidan jipslagich xalqadan foydalanishingiz mumkin, buni soddagina oddiy qog'oz bilan amalga oshirish mumkin (57-rasm).



57-rasm.

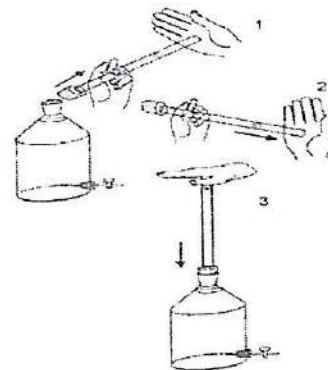
Tajribani o'tkazish uchun qulaylik yaratish maqsadida jipslashtiruvchi xalqa sifatida rezina tiqinga kiritilgan qog'oz o'ramidan foydalanish mumkin.

Tajribani o'tkazish tartibi

- Aspiratorning pastki teshigi berk ekanligiga amin bo'ling.
- Presizion shisha trubkani rezina tiqinni aspiratorning yuqorigi teshigiga perpendikulyar qilib joylashtiring
- Agar endi zoldir shisha trubkaga kiritilsa, u idishdagi havo hajmi shakllantirgan havo yostig'ida garmonik tebranishlar bajaradi. Ishqalanish energiyasiga yo'qotishlar muqarrar bo'lgani uchun tebranishlar so'nadi.
- Bir necha marta (masalan 20) tebranishlar davrini T 10 ossilyasiya uchun o'lchang.
- Barometr ko'rsatishi bo'yicha bosim qiymatini yozib oling.
- 1 l hajmli plastik menzurkadan foydalangan holda, idishni suv bilan to'ldirib, aspiratorning hajmini aniqlang. Suvni to'kgandan keyin idishni yaxshilab quriting.

Foydali maslahatlar:

- Tajribani boshlashdan oldin, po'lat zoldirga tegmay, presizion shisha trubkaning yuqorigi uchini kaft bilan berkitish va rezina tiqinli presizion shisha trubkani 58-rasmda keltirilganidek qilib aspiratordan ajratish kerak.
- Trubkaga ozgina havo miqdorini kiritish orqali, presizion shisha trubkaning yuqorigi uchiga po'lat zoldir o'tishi uchun imkon yaratish kerak.
- Yana qaytadan presizion shisha trubkaning yuqorigi uchini kaft bilan berkitib, rezinali tiqin bilan uni aspiratorga o'rnatish.
- Tajribani boshlash uchun presizion shisha trubkadan qo'llingizni oling.



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

Presizion shisha trubkadagi po'lat zoldirning muvozanat balandligi (58-rasm) bosimga bog'liq. Agar atmosfera bosimi juda kichik bo'lsa, po'lat zoldir presizion shisha trubkadan aspiratorga tushib ketishi mumkin. Zoldirning aspiratorga tushib ketishini oldini olish hamda tajribani boshlashda mos

balandlikni tanlash uchun sterjenli magnitdan foydalanish mumkin (59-rasm)

Tajriba namunasi

Jadval 24. 10 ta ossillyasiya uchun po'lat zoldirning ossillyasiya davri T.

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

Hajm = 11,5 l

Hisoblashlar va natijalar

Jadval 24. bo'yicha hisoblash, ossillyasiya davri uchun quyidagi qiymatni beradi:

$T = 1.15$ s

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

Presizision shisha trubkaning diametri: $d = 16$ mm

Trubka ko'ndalang kesimining yuzasi:

$A = \pi r^2 = \pi d^2/4 = 2 \cdot 10^{-4}$ m²

bosim: $p = 1020$ gPa

kolba hajmi: $V = 11.5$ l

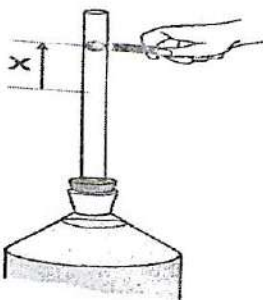
(100) formulaga asosan adiabat ko'rsatgichi: $k = 1.37$

Adabiyotdagi natijalar:

Gaz turi	O ₂	N ₂	havo	CO ₂
k	1.40	1.40	1.40	1.30

Qo'shimcha ma'lumot

Solishtirma issiqlik sig'imi va mos ravishda adiabat ko'rsatgichi temperaturaga bog'liq. Past temperaturalarda faqat ilgarilanma erkinlik darajalari qo'zg'aladi.



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

Temperatura oshishi bilan ikki aylanma erkinlik darajasi qo'zg'aladi. Va nihoyat keyingi temperatura oshishida molekullarning tebranma erkinlik darajalari qo'zg'aladi. Tebranishlarda potensial va kinetik energiya mavjudligi sababli, (89) formula bilan hisoblashda tebranma erkinlik darajasi ikki marta hisobga olinishi kerak. Qo'shimcha tebranma erkinlik darajasi natijasida, molyar issiqlik sig'imi yana bir bor universal gaz doimiysi R qiymatiga ortadi.

Chiziqli molekula CO₂ to'rtta tebranma erkinlik darajasiga ega. (59-rasm). Tebranishlarning ikkita normal modasi molekulyar o'q bo'ylab va ikkita boshqasi molekulyar o'qqa perpendikulyar amalga oshadi. CO₂ molekulaning qayishayotgan tebranishlari xona temperaturasida qo'zg'aladi va shuning uchun xona temperaturasida hisobga olinishi kerak.

Bu tajriba gazsimon CO₂ bilan o'tkazilishi mumkin. Bunda zoldirni aniqlangan ossillyasiya davrining qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$T = 1.2$ s va shunda $k = 1.26$ adiabat ko'rsatgichiga ega bo'lamiz.

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

Elektr

1. Elektrometrik kuchaytirgich yordamida elektrostatiikaning asosiy tajribalarini bajarish.
2. Uitston ko'prigidan foydalanib qarshiliklarni aniqlash.
3. Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni o'lchash.
4. To'g'ri o'tkazgich va aylanma halqaning magnit maydonini o'lchash.
5. Yer magnit maydonini aylanuvchi induksion g'altak yordamida o'lchash.
6. Erkin elektromagnit tebranishlar.
7. Kichik qarshiliklarni o'lchash.
8. Katta qarshiliklarni o'lchash.
9. G'altaklarni o'zinduksiya koeffitsiyentini ampermetr va voltmeter usuli bilan aniqlash
10. Kondensatorning sig'imini va muhitning dielektrik singdiruvchanligini aniqlash

Elektrometrik kuchaytirgich yordamida elektrostatikaning asosiy tajribalarini bajarish

Elektr Elektrostatika Elektrostatikaning asosiy tajribalari

Ishning maqsadi:

- Ikki ishqalanish tayoqchasini bir-biriga ta'sir etkazganda zaryadlarning ajralishini tekshirish.
- Ishqalanish tayoqchasi ishqalash folgasi bilan ishqalanganda zaryadlar ajralishini tekshirish.
- Ishqalanish tayoqchalari har xil ishqalash folgalar bilan ishqalangandan keyin zaryadlangan tayoqlarning qutblarini aniqlash.

Qisqacha nazariya

Zaryadlar ikkimaterialni bir-biriga ishqalaganda yoki ta'sir etkazganda hosil bo'lishi mumkin. Tajribalarga ko'ra materiallarning biri musbat ikkinchisi manfiy zaryadga ega bo'ladi. Bundan tashqari hosil bo'lgan zaryadlarning miqdori bir-biriga teng bo'ladi. Agar materiallarda hosil bo'lgan zaryadlarni bir vaqtda o'lchasak ular bir-birini kompencatsiyalaydi. Material zaryadining ishorasi bir materialning o'zidan bog'liq emas, ya'ni ikkinchi materialning xossalriga ham bog'liq. Ikki material bir-biriga ishqalanganda zaryadlarning hosil bo'lishini aniqlash uchun elektrometrik kuchaytirgichdan foydalaniladi. Bu qurilma juda katta kirish qarshiligiga (1013 Om) va juda kichik chiqish qarshiligiga (1 Om) ega bo'lgan asbob hisoblanadi. Kuchaytirgichning kirishi 2 ta sig'imiyl ulash yo'li bilan va zaryadlarni to'plash uchun Faradey chashkasidan foydalanib asbob yordamida juda kan miqdordagi zaryadlarni o'lchash imkonini beradi. Shunday qilib tekizish va isqalash yo'li bilan hosil qilingan zaryadlar yuqori aniqlik bilan topilishi mumkin.



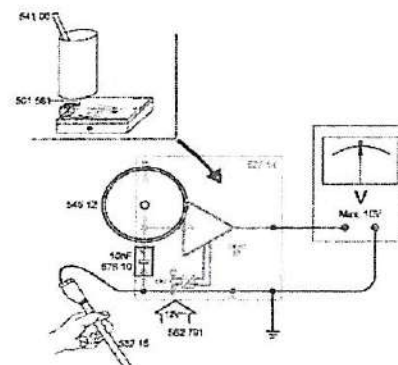
60-rasm. 450 V li manbailli tajriba qurilmasi. (61-rasmga ham qarang)

Asbob va uskunalar

1 Elektrometrik kuchaytirgich	532 14
Kuchaytirgich energiya manbai:	
1 Energiya mandai 12 V AC	562 791
Yoki:	
1 Energiya mandai, 450 V, 230 V	522 27
1 Juft kabellar 100 cm, qizil/ko'k	501 46
1 Ulash tayoqchasi	532 16
1 Multimeter LDanalog 20	531 120
1 Faraday chashkasi	546 12
1 Tutgich shtepsel	590 011
1 Kondensator, 1 nF, STE 2/19	578 25
1 Kondensator, 10 nF, STE 2/19	578 10
1 PVC and acrylic tayoqchalar	541 00
1 Teri	541 21
1 Polyetilen ishqalash folgasi	200 70 750
1 Induksion tarelka	542 51
1 Juft kabellar 100 cm, qizil/ko'k	501 46
1 Ulash kabeli 50 cm qora	500 424

Qoshimcha rekomendatsiya: tutamaydigan olov, ya'ni :

1 Butan gas pechkasi	666 711
1 Butan baloni, 190 g	666 712



61-rasm. Energiya manbaiga ega bo'lgan tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasi

450 V li energiya manbaiva 12 V AC energiya manbaiga ega bo'lgan tajriba qurilmalari mos ravishda 60-rasm va 61-rasmida ko'rsatilgan. Elektrometr kuchaytirgich yordamida zaryadni qanday o'lchash mumkinligi 53214 ko'rsatmalar to'plamidan bilib olishingiz mumkin.

Tajribani o'tkazish tartibi

Eslatma: Aniq tajribaviy natijalarga erishish uchun tajriba o'tkazishdan oldin ishqalanish tayoqchasini va Faradey chashkasini zaryadsizlantiring.

Navbatdagi ko'rsatmalar: Ishqalanish tayoqchasini zaryadsizlantirish uchun uni bor uzunligi bo'yicha bir necha marta uncha yorqin bo'lmagan olov ustidan harakatlantirib o'tkazing. Faradey chashkasini zaryadsizlantirish uchun unga ulash tayoqchasini to multimetr $U=0$ V kuchlanishni ko'rsatguncha tegizing.

- Zaryadsizlantirilgan ishqalanish tayoqchalarini bir biriga bir necha marta ta'sir ettiring. Keyin ularni qo'llaringizga ajratib oling.
- PVC tayoqchasini to'rtidan bir qismini Faradey chashkasi ichiga kiriting va multimetr strelkasi og'ishini kuzating.
- Xuddi shu tajribani akrilik tayoqcha bilan ham o'tkazing.

Zaryadlarning miqdori teng bo'ladi

Induksion plastinka ishqalanish tayoqchasidan zaryadni Faradey chashkasiga o'tkazishni namoyish qilish uchun foydalanish mumkin. Bunda ishqalanish tayoqchasini induksion plastinkaga tegiziladi va induksion plastinkani Faradey chashkasiga kiritish bilan zaryadlagichga o'tkazilishi va miqdori o'lchanishi mumkin. O'lchash namunasi jadval. PVC va akril ishqalanish tayoqchalarini bir-biriga ta'sir etkazgandan keyin hosil bo'lgan zaryadlarning qutblari.

Hisoblashlar va natijalar

- Agar ikki ishqalanish tayoqchasi bir-biriga ta'sir ettirilsa (urilsa) ularda zaryad hosil bo'ladi.
- Zaryadlarning hosil bo'lish jarayonida elektronlar bir ishqalanish tayoqchasidan (masalan akrilikdan) boshqasiga (PVCga) manfiy zaryadlanadi.
- Zaryadlangan ishqalanish tayoqchalarining ishorasi hamma vaqt qarama-qarshi bo'ladi.

Keyin ikkala tayoqchani bir vaqtda Faradey chashkasiga kiriting va multimetr og'ishuini yana kuzating., Faradey chashkasidagi ishqalanish tayoqchasi	Zaryadlarning ishorasi
PVC	-
Akril	+
PVC va akril	0

Tajribalarning davomi

Ishqalanish tayoqchalarini bir-biriga urishdan tashqari ularda zaryad hosil qilish uchun ularni turli xil materiallar bilan ishqalash mumkin.

a) Ishqalanish tayoqchasi teri bilan ishqalanganda zaryad hosil bo'lishini tekshirish.

- Zaryadsizlantirilgan akrilik tayoqchani material bilan ishqalang, uni Faradey chashkasi ichiga uzunligining chorak qismi kiradigan qilib joylashtiring va multimetr strelkasi og'ishini kuzating.
- Akrilik tayoqchani Faradey chashkasidan chqarib oling.
- Agar zarur bo'lsa Faradey chashkasini zaryadsizlantiring, teri materialni ochiq Faradey chashkasiga qo'ying va multimetr strelkasining og'ishini kuzating.
- Teri materialni Faradey chashkasidan chiqarib oling.

25-jadval: Ishqalanish tayoqchasining va ishqalash materialining (terining) zaryadlangandan keyingi zaryad ishoralari.

Ishqalanish tayoqchasi	Zaryadlanish ishorasi	Ishqalash materiali	Ishq. material zaryadi ishorasi
Akril	-	Teri	+

b) Ishqalanish tayoqchalarini turli xil materiallar bilan ishqalab zaryadlangandan keyingi zaryad ishoralarini tekshirish.

- PVC va akrilik tayoqchalarni navbatma - navbat teri material bilan va qog'oz material bilan ishqalang.
- Har safar zaryadlangan tayoqchani Faradey chashkasi ichiga uzunligining chorak qismi kiradigan qilib joylashtiring.
- Har safarzaryadlangan tayoqcha zaryadining ishorasini multimetr strelkasining og'ishiga qarab yozib oling.

26-jadval: ishqalanish tayoqchalarining har xil materiallar bilan ishqalagandan keyin zaryadining ishorasi.

Ishqalanish tayoqchasi	Ishqalash materiali	Ishqalanish tayoqchasi ishorasi
Akril	Politelen	+
PVC	Politelen	-
Akril	Teri	-
PVC	Teri	-
Akril	Qog'oz	+
PVC	Qog'oz	-

25- va 26-jadvallardagi natijalardan quyidagi xulosalar kelib chiqadi.

- Ishqalanish tayoqchalari ishqalash materiallari bilan ishqalanganda ularda zaryad hosil bo'ladi.
- Zaryadlar hosil bo'lish jarayonida elektronlar bir jismdan (ishqalanish tayoqchasi yoki ishqalash materiali) boshqasiga o'tadi.
- Elektronlarni yo'qotgan jism (ishqalanish tayoqchasi yoki ishqalash materiali) ishqalash jarayonidan keyin musbat ishorali zaryadga ega bo'ladi.
- Elektronlarni qabul qilib olgan jism (ishqalash tayoqchasi yoki ishqalash materiali) manfiy ishorali zaryadga ega bo'ladi.
- Ishqalanish tayoqchasi va ishqalash materiali zaryadlarining ishoralari hamma vaqt qarama - qarshi bo'ladi.
- Ishqalanish tayoqchasi ega bo'ladigan zaryadning ishorasi ishqalanish tayoqchasining va ishqalash materialining turidan bog'liq bo'ladi.

Uitston ko'prigidan foydalanib qarshiliklarni aniqlash

Ishni maqsadi:

- Uitston ko'prigi uchun nol metodni tushunish
- Qarshiliklarni yuqori aniqlik bilan o'lchash

Asosiy ma'lumotlar:

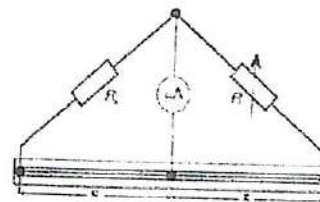
Charlz Uitston tomonidan 1843 yilda kashf etilgan ko'prik seximasi metodi qarshilikni o'lchashning bir imkoniyatini ifodalaydi. Noma'lum qarshilikning qiymati R_x boshqa bir juda yuqori aniqlikda ma'lum bo'lgan R qarshilikning qiymati bilan taqqoslanib katta aniqlik bilan o'lchanishi mumkin. Tajriba paytida uzunligi 1 m va ko'ndalang kesimi o'zgarmas bo'lgan o'tkazgich simga U kuchlanish qo'yiladi. Simning uchlari noma'lum qarshilik R_x ga va qarshiliklari yuqori aniqlik bilan aniq bo'lgan va ketma-ket ulangan o'zgaruvchan qarshilik R ga ulangan (62-rasmga qarang). O'tkazgich simning ustiga o'rnatilgan siljuvchi kontakt simni uzunliklari S_1 va S_2 bo'lgan ikki qismga ajratadi. Siljuvchi kontakt nul indikator vazifasini bajaruvchi ampermetr orqali R_x va R qarshiliklar tutashgan nuqtaga ulanadi. Agar ampermetr orqali o'tayotgan tok nolga teng bo'lsa

$$R_x = \frac{S_1}{S_2} \cdot R \quad (101)$$

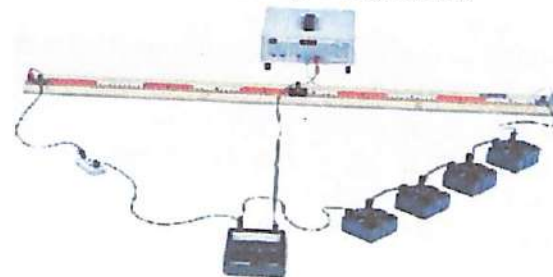
ga teng bo'ladi. Shuning uchun qarshilikni o'lchashning nol balansli usuli qarshilikdan oqayotgan tokdan bog'liq bo'lmaydi va stabilanmagan tok manbai yordamida ham bajarilishi mumkin. Bu eksperimental konfiguratsiya uchun eng yaxshi o'lchash aniqligiga simmetrik ulash yo'li bilan, ya'ni siljuvchi kontakt o'tkazgich simning o'rtasida joylashganda va shuning uchun S_1 va S_2 qismlar bir-biriga teng uzunlikka ega bo'lganda yetishish mumkin. U vaqtda

$$R_x = R \quad (102)$$

bo'ladi. Shuning uchun ma'lum bo'lgan qarshilik R ning qiymati imkoni boricha to'g'ri o'lchangan bo'lishi kerak. Chunki aniqlanayotgan R_x qarshilik unga teng bo'ladi. Yuqoridagiga alternativ holda, noma'lum qarshilik (102) tenglama bilan to'g'ridan-to'g'ri o'lchanishi uchun, dastlab siljuvchi kontakt simning teng o'rtasiga joylashtirilishi lozim va o'zgaruvchan R qarshilikning qiymati ampermetr nolni ko'rsatguncha o'zgaritib borilishi lozim. Bu holda R qarshilikning qiymati to'g'ridan-to'g'ri izlanayotgan R_x noma'lum qarshilikning qiymatiga teng bo'ladi.



62-rasm. Elektr zanjiri diagrammasi



63-rasm. Eksperimental qurilmaning tasviri

Kerakli asbob va uskunalar

1 Demonstration ko'prik, 1 m	53602
1 O'lchash resistori 10 Q, 4 W	536121
1 O'lchash resistori 100 Q, 4 W	536131
1 O'lchash resistori 1 kQ, 4 W	536141
1 Qarshiliklar decadi 0 ... 1 kQ	536776
1 Qarshiliklar decadi 0 ... 100 Q	536777
1 Qarshiliklar decadi 0 ... 10 Q	536778
1 Qarshiliklar decadi 0 ... 1Q	536779
1 DC energiya manbai 0... +/- 15 V	52145
1 Galvanometer C.A 403	53113
3 Ulash simlari, 50 cm, qora	50128
1 Kabel jufti, 1 m, qizil/ko'k	50146

Tajribalar uchun qurilma (62) va (63) rasmlardagi sxemalarga mos ravishda bo'ladi. Noma'lum qarshilik sifatida qiymati 10 Om bo'lgan rezistorni

o'rnatish. Tok manbaidagi kuchlanish qiymati 2 V dan katta bo'lmashligi va qarshiliklar dekadasi o'tayotgan tok kuchi 250 mA dan katta bo'lmashligi lozim.

Tajribalarni o'tkazish tartibi:

S_1 va S_2 larni tanlash bilan nol balansga keltrish:

- Qarshiliklar dekadasi $R = 0.5 R_x$ qarshilikni o'rnatish.
- DS tok manbaini ulang va unga $U = 1$ V kuchlanishni o'rnatish.
- O'tkazgich simda S_1 va S_2 uzunliklarni shunday o'rnatishki, ampermetr eng sezgir diapazonida $I=0$ A ni ko'rsatsin.
- Qarshiliklar dekadasi R ning qiymatini o'rtirish va tajribani takrorlang.
- O'lchanishi lozim bo'lgan har xil qiymatli R_x qarshiliklar uchun tajribani takroriy o'tkazish. Qarshiliklar dekadasi R ni tanlash bilan nol balansga keltrish.
- O'tkazgich simda S_1 va S_2 uzunliklarni aniq 50 sm dan qilib siljuvchi kontaktini o'rnatish.
- Qiymati 10 Om bo'lgan o'lchanadigan qarshilik R_x ni sxema bo'yicha ulang va unga mos R ni qarshiliklar dekadasi o'rnatish.
- Tok manbaini kuchlanishini 1 V ga o'rnatish.
- Qarshiliklar dekadasi R ni shunday tanlangi ampermetr eng kichik diapazonida $I=0$ A ni ko'rsatsin.
- R_x va R larning qiymatini yozib oling.
- O'lchanishi lozim bo'lgan har xil qiymatli R_x qarshiliklar uchun tajribani takroriy o'tkazish.

O'lchash misollari va ularning tahlili

S_1 va S_2 larni o'rnatish bilan nul balanslash

27-jadval. O'lchash rezistori 10 Om

$R_x, [\Omega]$	$R, [\Omega]$	$S_1, [\text{sm}]$	$S_2, [\text{sm}]$	R_x [Ω]
10 ± 2%	3.00	77.1	22.9	10.1
	5.00	67.0	33.0	10.2
	10.0	50.0	50.0	10.0
	15.0	40.0	60.0	10.0
	20.0	34.0	66.0	10.3
	30.0	26.0	74.0	10.5

28-jadval. O'lchash rezistori 100 Om

$R_x, [\Omega]$	$R, [\Omega]$	$S_1, [\text{sm}]$	$S_2, [\text{sm}]$	R_x [Ω]
100 + 2%	30.0	77.3	22.7	103
	50.0	67.0	33.0	102
	100	51.0	49.0	104
	150	41.0	59.0	104
	300	26.0	74.0	105

29-jadval. O'lchash rezistori 1k Om

$R_x, [\Omega]$	$R, [\Omega]$	$S_1, [\text{sm}]$	$S_2, [\text{sm}]$	R_x [Ω]
1000 + 2%	300	77.0	23.0	1004
	500	66.7	33.3	1002
	1000	50.0	50.0	1000
	2000	33.2	66.8	994
	3000	24.8	75.2	989

Qarshiliklar dekadini o'rnatish bilan nul balanslash

30-jadval. Qarshiliklar dekadini yordamida o'lchashlar

$R_x, [\Omega]$	$R, [\Omega]$
10 ± 2%	10.0
100 ± 2%	101
1000 ± 2%	996

Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni o'lchash
Ishning maqsadi:

- Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni tok kuchining funksiyasi sifatida o'lchash.
- Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni o'tkazgich uzunligining funksiyasi sifatida o'lchash.
- Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni magnit maydoni vat ok yo'nalishi o'rtadagi burchakning funksiyasi sifatida o'lchash.
- Magnit maydonini hisoblash.

Qisqacha nazariya

Magnit induksiyasi, yoki soddaroq qilib aytganda magnit maydoni B vektor kattalik hisoblanadi. B magnit maydonida θ tezlik bilan harakatlanayotgan q zaryadga tezlikning kattaligi va yo'nalishidan hamda magnit maydoni kuchlanganligidan va yo'nalishidan bog'liq bo'lgan kuch ta'sir etadi. Bu kuchni topish uchun quyidagi munosabatdan foydalaniladi

$$F = q(\theta \cdot B) \quad (103)$$

Lorens kuchi deb ataluvchi F kuch ham vektor kattalik bo'lib u θ va B lar

bilan aniqlanadigan tekislikka perpendikulyar ravishda tasir etadi. Tokli o'tkazgichga magnit maydonida ta'sir etayotgan kuchni tokni hosil qiluvchi va shu maydonda harakatlanayotgan individual zaryad tashuvchilarga ta'sir etuvchi kuch komponentlarining yig'indisi deb tushunish mumkin. (103) tenglamaga asosan Lorens kuchi $\mathcal{J}$ dreif tezlik bilan harakatlanayotgan har bir individual q zaryadga ta'sir etadi. To'g'ri o'tkazgich uchun bu umumiy kuch

$$F = qnAs(\mathcal{J} \cdot B) \quad (104)$$

Bu yerda n zaryad tashuvchilarning zichligi, A - o'tkazgichning ko'ndalang kesimining yuzasi, s - o'tkazgichning magnit maydonida joylashgan qismining uzunligi. Umumiy holda o'tkazgich kesimining yo'nalishini ko'rsatuvchi s vektorni kiritish qulay hisoblanadi. Bundan tashqari q , n , A , $\mathcal{J}$ ko'paytma I tok kuchiga teng. Shunday qilib magnit maydonining tokli o'tkazgichga segmentiga ta'sir etuvchi kuchi quyidagi tenglamadan topiladi

$$F = I(s \cdot B) \quad (105)$$

Bu kuchning absolyut qiymati quyidagi tenglamadan topiladi

$$F = Is \cdot B \cdot \sin \alpha \quad (106)$$

Bu yerda α - magnit maydoni vatok kuchi yo'nalishi orasidagi burchak. Bu tajribada 20 A gacha tok o'tkazadigan to'g'ri to'rt burchak shaklidagi otkazgich halqa taqasimon magitning gorizontal maydoniga joylashtiriladi. Otkazgichning gorizontal qismiga ta'sir etuvchi kuch o'lchanadi. Otkazgichning ikki vertikal qismiga ta'sir etuvchi kuchlar o'zaro kompensatsiyalanadi. O'tkazgich halqa kuch sensoriga ulanadi. U egilgan qismga ega bo'lib unga o'lchash asbobiga birlashtiriladi. Bu elementlarning elektr qarshiligi o'zgartirilishi mumkin. Qarshilikdagi o'zgarish hosil bo'ladigan kuchga to'g'ri proporsional. Unga ulangan dinamometr qarshilikdagi o'zgarishni o'lchaydi va unga mos kuchni ko'rsatadi.

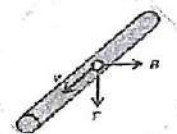
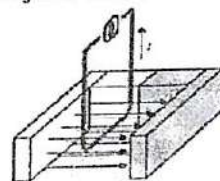
Kerakli asbob va uskunalar

Asboblari	Kodi
1 Taqasimon magnit	510 21
1 Kuch sensori.....	314 261
1 O'tkazgich halqalar to'plami.....	516 34
1 O'tkazgich halqalar uchun taglik.....	314 265
1 Dinamometr	314 251
1 Ko'p o'zakli ulash kabeli, 6-qutb.....	501 16
1 Yuqori energiyali manba.....	521 55
1 Kichik shtativ, V-shaklida	300 02
1 Shtativ tayoqchasi, 47 cm	300 42
1 Leybold ko'ptutgich	301 01
Ko'ndalang kesimi 2.5 mm ² bo'lgan ulash kabellari	

Eksperimental qurilma va tajribalarni o'tkazish

Eslatmalar: O'lchanayotgan kattalikning qiymati juda kichik bo'lganligi sababli o'lchashlarga tashqi ta'sirlar oson xalaqit berishi mumkin. Atrofdagi temperaturaning o'zgarishidan, siljishlardan va taqillashlardan saqlanib.

Dinamometr tajribalarning boshlanishidan kamida 15 daqiqa qizdirilishi lozim. Dinamometrni ulanga kuch sensori bilan qurilma orqa tarafidagi asisiy kalit yordamida qoshing. 20 A tokni o'tkazgich halqadan va ta'minlash manbaidan faqat qisqa muddat (bir necha daqiqa) o'tkazish mumkin. Taqasimon magnitning magnit maydoni bir jinsli emas.



64-rasm. Magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchning sxemali ko'rinishi.

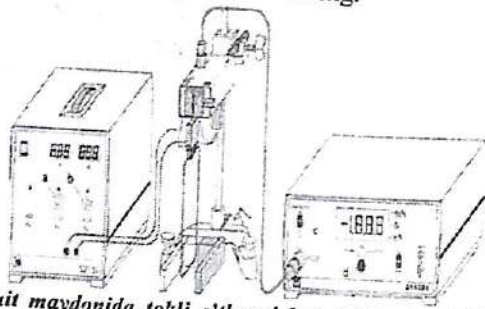
Barcha tajribalar uchun o'tkazgich halqani taqasimon magnit qo'llari o'rtasida shunday joylashtiringki, magnit maydonining ta'siri imkon boricha bir jinsli bo'lsin. 64-rasmga ko'rsatilgandek qurilmani yig'ing.

Qisqa tutashuv bo'lmashligi uchun o'tkazgich halqa uchun taglik kabelining izolyatsiyalanmagan qismi tegib qolmasligiga ishonch hosil qiling. Dinamometr o'lchash diapozonining kalitini 2000 ga o'rnatib. Tajribalar faqatgina tor qismga ega bo'lmagan o'tkazgich halqalardan foydalanib o'tkaziladi. Tokni o'rnatishning eng oson yo'li tokni control qilish knopkasi (b) dan foydalanib bajarilishi mumkin. Kuchlanishni control qilish knopkasi (a) hamma vaqt o'ng tarafa burilgan holda turadi.

a) Tokning funksiyasi sifatidagi o'lchashlar

- Dastlab kengligi 8 sm bo'lgan o'tkazgich halqani kuch sensoriga ulang.
- Tokni control qilish (b) knopkasini hamma vaqt chap tarafa burilgan holda va kuchlanishni control qilish knopkasi (a) ni hamma vaqt o'ng tarafa burilgan holda o'rnatib. Keyin yuqori tok manbaini qo'shing.
- Dinamometrning nol nuqtasini kompensatsiyalash uchun SET pozitsiyasida COMPENSATION kalitini (c) tanlang.

- Tokni control qilish knopkasi (b) yordamida tokni 2 A qadam bilan 20 A gacha oshiring. Tokning har bir qiymati uchun dinamometrda kuchni yozib oling va bu qiymatlarni tajriba kitobingizga yozing.-Tok kuchini $I = 0$ A ga ornating va kuchning nol nuqtasini tekshiring.



65-rasm. Magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni o'lchash qurilmasi

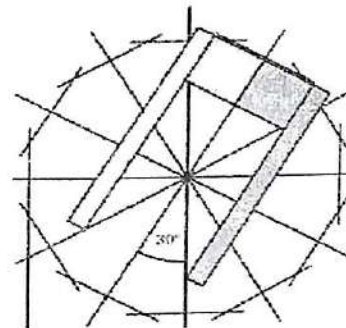
b) O'tkazgich uzunligining funksiyasi sifatidagi o'lchashlar

- Dastlab kengligi 4 sm bo'lgan o'tkazgich halqani kuch sensoriga ulang.
- Dinamometrning nol nuqtasini kompensatsiyalash uchun SET pozitsiyasida COMPENSATION kalitini (c) tanlang.
- Tok kuchini $I=20$ A sathga o'rnatish. Tokning bu qiymati uchun dinamometrda kuchni yozib oling va bu qiymatlarni tajriba kitobingizga yozing.
- Tok kuchini $I = 0$ A ga ornating va kuchning nol nuqtasini tekshiring.
- Tajribani 2 sm li o'tkazgich halqa uchun takrorlang.

c) Magnit maydoni va tokning yo'nalishlari orasidagi burchakning funksiyasi sifatidagi o'lchashlar

Rekomendatsiya: magnit maydonining bir jinslilikmasligini kompensatsiyalash uchun va xususiy aylanish burchagini o'rnatish uchun moslama yasang (64-rasmga qarang). Bu moslama taqasimon magnitni kerakli holda joylashtirishni osonlashtiradi va aniqlashtiradi

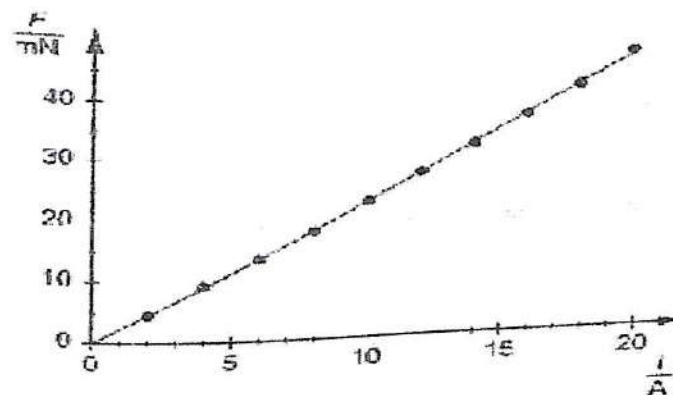
- Tokni control qilish tugmasini chap tarafga buring va 4 sm kenglikdagi o'tkazgich halqani kuch sensoriga ulang.
- Moslamani o'tkazgich halqaning o'rtiga shunday joylashtiringki, moslamaning markazi o'tkazgich halqaning gorizontaal qismining o'rtasiga joylashsin va moslama chiziqlaridan biri o'tkazgich gorizontaal qismiga parallel bo'lsin.



65- rasm. Taqasimon magnitni kerkli holda joylashtirish uchun moslamadan foydalanish

- Taqasimon magnitni shunday joylashtiringki, magnit maydon va o'tkazgich gorizontaal qismi parallel bo'lsin.
- Dinamometrning nol nuqtasini kompensatsiyalash uchun SET pozitsiyasida COMPENSATION kalitini (c) tanlang.
- Tok kuchi sathini $I = 10$ A qilib o'rnatish.
- Magnitni 30° burchakli qadam bilan 360° gacha buring va har bir burchak uchun dinamometrda kuchni yozib oling.

a) Tokning funksiyasi sifatidagi o'lchashlar



66-rasm. Tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi F kuch I tok kuchining funksiyasi sifatida (31-jadvalga qarang)

31 - jadval. F kuch tok kuchining funksiyasi sifatida ($s = 8 \text{ sm}$)

$I (\text{A})$	$F (\text{mN})$
0	0.0
2	4.5
4	9.3
6	13.5
8	18.0
10	22.5
12	27.0
14	31.4
16	35.9
18	40.4
20	45.6

- Tok kuchini $I = 0 \text{ A}$ ga ornating va kuchning nol nuqtasini tekshiring.

O'lchash misollari va hisoblashlar

66 - rasmdagi grafikda o'lchangan tajribada qiymatlar qiyaligi quyidagicha

bo'lgan to'g'ri chiziqni ko'rsatadi $\frac{F}{I} = 2.26 \frac{\text{mN}}{\text{A}}$

$\sin 90^\circ = 1$ ni hisobga olsak (106) tenglama bizga magnit maydoni uchun quyidagi qiymatni beradi

$$B = \frac{F}{IS} = \frac{2.26 \text{ mN}}{10 \cdot 0.8 \text{ m}} = 28.5 \text{ mT}$$

Berilgan uzunlikdagi o'tkazgich uchun kuch va tok kuchi o'rtasidagi chiziqli munosabat (105) va (106) tenglamalar natijalarini tasdiqlaydi.

b) O'tkazgich uzunligining funksiyasi sifatidagi o'lchashlar

66-rasmdagi grafikda o'lchangan tajribada qiymatlar koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziqni ko'rsatadi

$$\frac{F}{S} = 572 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$$

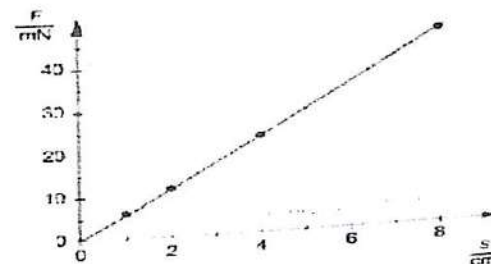
Magnit maydoni uchun quyidagi qiymatni hosil qilamiz

$$B = \frac{F}{SI} = \frac{572 \text{ mN}}{2 \text{ m} \cdot 10 \text{ A}} = 28.6 \text{ mT}$$

Berilgan tok kuchi uchun kuch va o'tkazgich uzunligi o'rtasidagi chiziqli munosabat (105) va (106) tenglamalar natijalarini tasdiqlaydi.

32- jadval. F kuch o'tkazgich uzunligi s ning funksiyasi sifatida ($I = 20 \text{ A}$)

$s (\text{sm})$	$F (\text{mN})$
8	45.6
4	23.0
2	11.7
1	6.2

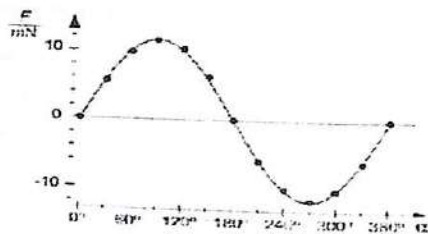


67-rasm. Tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi F kuch o'tkazgich uzunligi s ning funksiyasi sifatida (32-jadvalga qarang)

c) Magnit maydoni va tokning yo'nalishlari orasidagi burchakning funksiyasi sifatidagi o'lchashlar

33- jadval. F kuch α burchakning funksiyasi sifatida ($s = 4 \text{ sm}$, $I = 10 \text{ A}$)

α	$F \text{ mN}$
0	0.0
30	5.6
60	9.9
90	11.6
120	10.4
150	6.3
180	0.1
210	-5.8
240	-9.9
270	-11.5
300	-10.1
330	-6.0
360	0.1



68-rasm. Tokli o'tkazgichg ata'siretuvchi F kuch magnit maydoni va tokning o'rtasidagi aburchakning funktsiya sisifatida (33-jadvalga qarang)

68- rasmdagi grafikda tajribada o'lchangan qiymatlar sinusoidalegrichiziq bo'lib (4) tenglamadan $B = 28.5$ mT magnit maydoni uchun hisoblangan natijalarni tasdiqlaydi

To'g'ri o'tkazgich va aylanma halqaning magnit maydonini o'lchash
Ishning maqsadi:

- To'g'ri o'tkazgich va aylanma halqaning magnit maydonini tok kuchining funktsiyasi sifatida o'lchash.
- To'g'ri o'tkazgich magnit maydonini o'tkazgich o'qidan hisoblanadigan masofaning funktsiyasi sifatida o'lchash.
- Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgich magnit maydonini halqa radiusining funktsiyasi sifatida va halqa o'qi ustida halqa markazidan masofaning funktsiyasi sifatida o'lchash.

Qisqacha nazariya

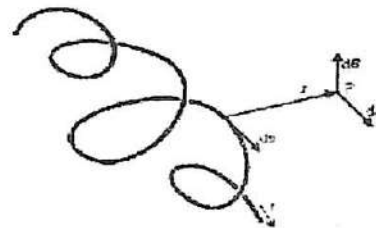
Bio - Savar qonuniga asosan I tok o'tayotgan o'tkazgich atrofidagi P nuqtadagi magnit maydoni o'tkazgichning cheksiz kichik qismlarining magnit maydonlar ulushlarining yig'indisidan iborat bo'ladi

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{r^2} ds \frac{r}{r} \quad (107) \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \text{ magnit doimiysi}$$

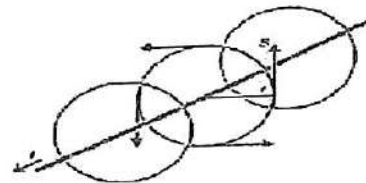
O'tkazgichning uzunligi va yo'nalishi ds vektor yordamida ifodalanadi. O'tkazgichning kichik qismidan P nuqtaga o'tkazilgan radius vektor r orqali berilgan (69-rasmga qarang). Shuning uchun umumiy magnit maydon integral hisob yordamida aniqlanadi. Bu holda analitik yechim faqat ma'lum simmetriyaga ega bo'lgan o'tkazgichlar uchun hisoblanishi mumkin bo'ladi. Masalan cheksiz uzun o'tkazgichning magnit maydoni o'tkazgich o'qidan r masofada

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{z}{r} \quad (108)$$

va maydon kuch chiziqlari silindr o'qi atrofida konsentrik shaklda bo'ladi. (70-rasmga qarang).



69- rasm. Tokli o'tkazgich magnit maydonini integral usulda hisoblash



70 - rasm. Cheksiz uzun tokli to'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni

Kerakli asboblalar

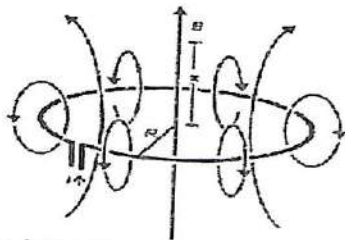
Asboblalar	Kodi
1 4 o'tkazgichlar to'plami	516 235
1 teslameter	516 62
1 axial B-probe	516 61
1 tangential B-probe	516 60
1 ko'p o'zakli kabel, 6-qutb.....	501 16
1 yuqori energiyali manba	521 55
1 kichik optic etol	460 43
1 shtepsel elementlari tutgichi	460 21
2 Leybold ko'ptutgich	301 01
1 shtativ, V-shaklda, 28 cm . . .	300 01
1 ikki-yo'lli adapterlar to'plami	501644
Ulash kabellari, 0 2.5 mm ²	

Radiusi R bo'gan aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning aylana o'qi ustida halqa markazidan x masofadagi nuqtaning magnit maydoni

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} I 2\pi \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (109)$$

Uning maydon kuch chiziqlari aylana o'qiga parallel bo'ladi. (71-rasmga qarang)

Bu tajribada yuqorida qayd etilgan o'tkazgichlarning magnit maydoni mos ravishda aksial yoki tangensial B-probe metodi yordamida o'lchanadi. B-probe ning Xoll datchigi yupqa plastinka shaklida bo'lib, u magnit maydonining o'z yuzasiga perpendikulyar bo'lgan komponentalariga sezgir bo'ladi. Shuning uchun magnit maydoni kuchlanganligining nafaqat qiymatini balki uning yo'nalishini ham aniqlash mumkin. To'g'ri o'tkazgich uchun magnit oqimi zichligi B ning r masofadan bog'liqligi o'rganiladi, aylanma shakldagi otkazgich uchun esa fazoviy koordinata x dan bog'liqligi o'rganiladi. Bundan tashqari, magnit maydon induksiyasi B va tok kuchi I o'rtasidagi proportsionallik ham tekshirib ko'riladi.



71-rasm. Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning magnit maydoni

Exsperimental qurilma va tajribalarni o'tkazish

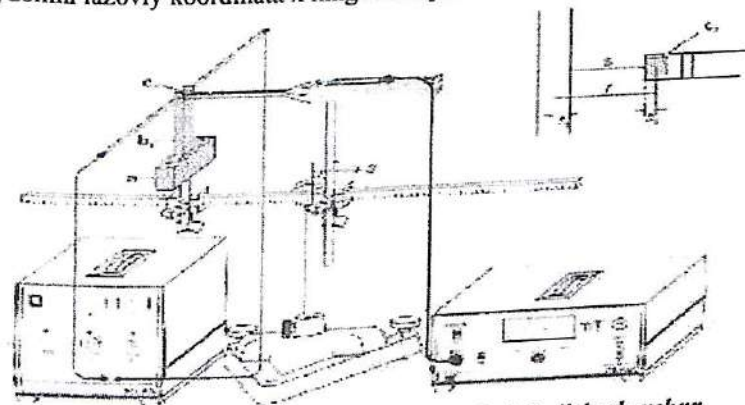
a) To'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni.

Exsperimental qurilma 72 - rasmda tasvirlangan.

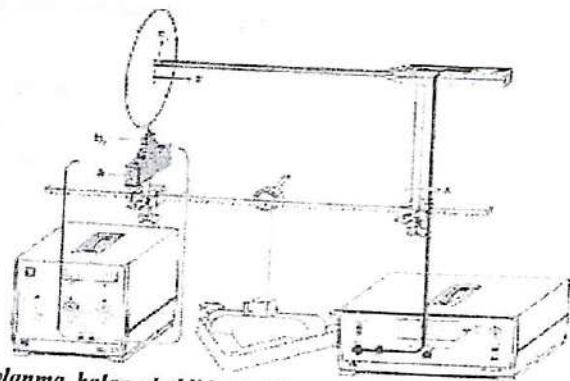
- Kichik optik qurilmani shtativga o'rnatish va uni gorizonta! xolatda joylashtirish.
- (a) shtepsel uchun tutgichni Leyboldga maxkamlang.
- To'g'ri o'tkazgich uchun tutgichni mahkamlang, to'g'ri o'tkazgichni unga o'rnatish va katta tokli manbaga ulang.
- Tangensial B-probe ni teslametrga ulang va teslametrm nolini o'rnatish (teslametr uchun ko'rsatmalarga qarang).
- Tangensial B-probe ning chap uchini Leyboldga shkalada 50.0 sm belgiga To'g'irlab va to'g'ri o'tkazgich o'rtasining balandligiga to'g'irlab o'rnatish.
- To'g'ri o'tkazgichni Xoll datchigi tomon deyarli unga tegadigan darajada yaqin qilib o'rnatish ($S=0$ bo'lsin).
- Tok kuchi I ni xar 2 A qiymatga 0 A dan, 20 A gacha oshirish. Har safar B magnit maydonini o'lchang, qiymatini yozib oling.
- $I=20$ A ga B-probe ni unga tomon qadam-ba qadam siljiting, B magnit maydonini masofaning funksiyasi sifatida o'lchang va qiymatlarini yozib oling.

b) Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning magnit maydoni Eksperimental qurilma 73-rasmda tasvirlangan.

- To'g'ri o'tkazgich uchun tutgichni o'tkazgich halqa uchun adapter bilan almashtirish va unga diametric 40 mm bo'lgan o'tkazgich halqani biriktirish.
- O'tkazgich halqani ulash kabellari yordamida tutgichning (a) shtepselli elementining pozetkalariga ulang.
- Aksial B-probe ni teslametrga ulang va teslametrmning nolini o'rnatish (teslametr uchun ko'rsatmalarga qarang)
- Aksial B-probe ni Leybold ga chap uchi 70.0 sm shkala belgisiga to'g'irlab joylashtirish. B-probe ni o'tkazgich halqa markaziga to'g'irlab joylashtirish.
- O'tkazgich halqani imkoni boricha Xoll datchigiga aniq joylashtirish.
- I tok kuchini har safar 2 A qiymatga 0 A dan to 20 A qiymatgacha oshirish. Har safar magnit maydonini o'lchang va qiymatini yozib oling.
- $I=20$ A da B-probni chap tarafga va ong tarafga qadam - baqadam siljiting, har safar magnit maydonini o'lchang, ya'ni magnit maydonini fazoviy koordinata x ning funksiyasi sifatida o'lchang. O'lchagan qiymatlarni yozib oling.
- 40 mm li o'tkazgich halqani 80 mm li o'tkazgich halqa bilan almashtirish va keyin 120 mm li o'tkazgich halqa bilan almashtirish. Barcha hollarda magnit maydonini fazoviy koordinata x ning funksiyasi sifatida o'lchang.



72- rasm. To'g'ri o'tkazgichning magnit maydonini o'lchash uchun eksperimental qurilma



73- rasm. Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning magnit maydonini o'lchash uchun eksperimental qurilma

Tajriba misollari

a) To'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni.

34-jadval. To'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni tok kuchining funksiyasi sifatida (s masofa = 0)

I, A	B, mT
0	0.00
2	0.13
4	0.27
6	0.40
8	0.51
10	0.64
12	0.76
14	0.91
16	1.025
18	1.15
20	1.28

35-jadval. To'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni o'tkazgich yuzasi va B-probe o'rtasidagi masofa s ning funksiyasi sifatida ($I = 20 A$)

s, mm	B, mT
0	1.28
1	0.97
2	0.77

3	0.64
4	0.55
5	0.48
6	0.43
7	0.395
8	0.35
9	0.33
10	0.31
15	0.21
20	0.17
25	0.14
30	0.11
40	0.085

b) Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning magnit maydoni
36-jadval. 40 mm li aylanma halqa magnit maydoni I tok kuchining funksiyasi sifatida

I, A	B, mT
0	0
2	0.07
4	0.13
6	0.19
8	0.26
10	0.32
12	0.38
14	0.45
16	0.51
18	0.58
20	0.64

37-jadval. Aylanma halqalarning magnit maydoni x masofaning funksiyasi sifatida

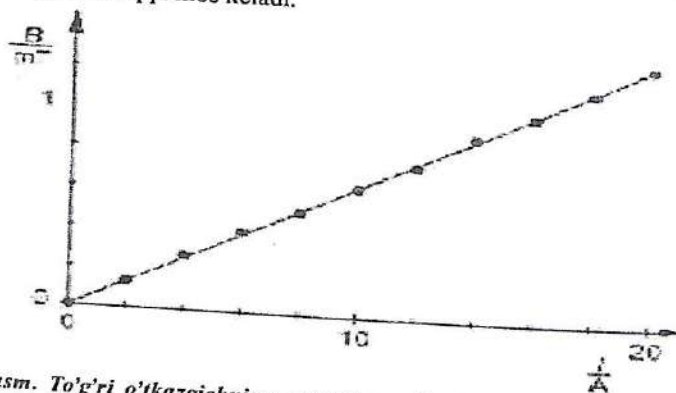
x, mm	B, mT	x, mm	B, T	x, mm	B, T
$2R = 40 mm$		$2R = 80 mm$		$2R = 120 mm$	
-10	0.005	-10	0.015		
-7.5	0.015	-9	0.02		
-5.0	0.035	-8	0.03		
-4.0	0.06	-7	0.04	-9	0.04
-3.0	0.11	-6	0.05	-7.5	0.06
-2.5	0.14	-5	0.08	-6	0.08
-2.0	0.21	-4	0.11	-4.5	0.11
-1.5	0.33	-3	0.16	-3	0.15
-1.0	0.45	-2	0.23	-1.5	0.19
-0.5	0.58	-1	0.29	0	0.21
0.0	0.64	0	0.32	1.5	0.19
0.5	0.58	1	0.3	3	0.15

1.0	0.46	2	0.24	4.5	0.11
1.5	0.32	3	0.17	6	0.07
2.0	0.22	4	0.11	7.5	0.05
2.5	0.15	5	0.08	9	0.03
3.0	0.1	6	0.05		
4.0	0.05	7	0.04		
5.0	0.035	8	0.025		
7.5	0.01	9	0.02		
10	0.005	10	0.015		

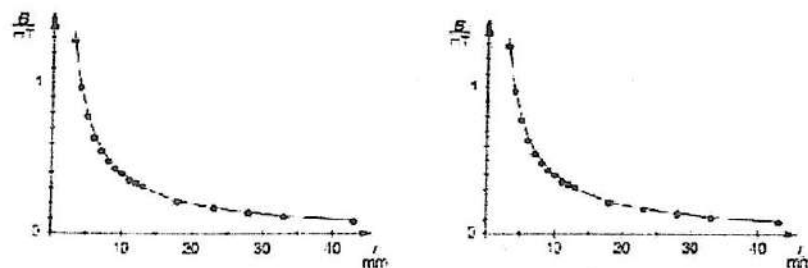
Hisoblashlar va natijalar

c) To'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni.

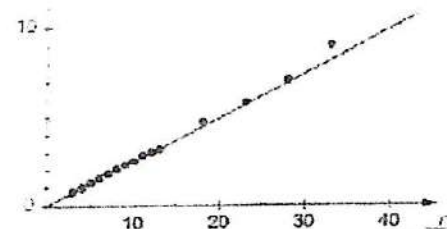
B magnit maydonining I tok kuchidan bog'liqligi 74- rasmda grafik ravishda ko'rsatilgan. O'lchash aniqligi chegarasida o'lchangan qiymatlar (34-jadvalga qarang) grafikning koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziq ustida yotadi, ya'ni B magnit maydoni I tok kuchiga to'g'ri proporsional bo'ladi. 75-rasmda 35-jadvaldagi o'lchangan qiymatlar grafik ravishda ko'rsatilgan. O'tkazgichning yuzasi va B-probe ning uchi o'rtasidagi masofaning jadvalda berilgan qiymatlari (107) tenglamadagi o'tkazgich o'qidan boshlab hisoblangan masofadan farq qilishi fakti inobatga olingan. Bu farq $r - s = 3 \text{ mm}$ bo'lib, u to'g'ri o'tkazgich radiusi $r = 2 \text{ mm}$ va B-probe ning uchi bilan Xoll datchigi markazi orasidagi masofa $s_0 = 1 \text{ mm}$ larning yig'indisidan iborat. (72-rasimga qarang). 72-rasmda chizilgan grafik (107) tenglama yordamida $I = 20 \text{ A}$ tok uchun hisoblangan. 76-rasmda ko'rsatilgan grafikda u koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziqqa mos keladi.



74-rasm. To'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni tok kuchining funksiyasi sifatida

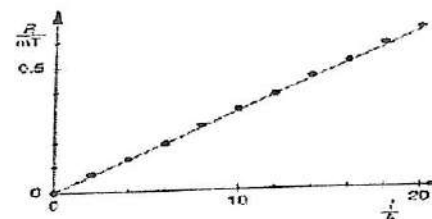


75-rasm. To'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni o'tkazgich o'qidan masofa r -ning funksiyasi sifatida

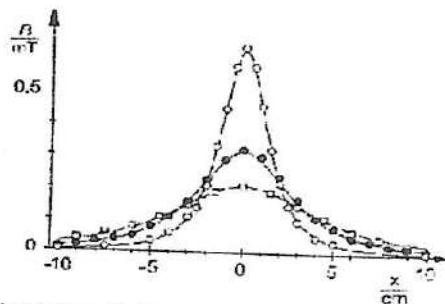


76-rasm. To'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni $(1/B) = f(r)$ funksiyasi ko'rinishidagi bog'lanish grafigi

c) Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning magnit maydoni 77-rasmda aylanma halqashaklidagi o'tkazgichning magnit maydonining I tok kuchidan bog'liqligi ko'rsatilgan. Bu holda ham o'lchangan qiymatlar (36-jadval) va grafikda chizilgan koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziq B magnit maydoni I tok kuchiga to'g'ri proporsional ekanligini tasdiqlaydi. 78-rasmda uchta aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichlar uchun B magnit maydonining x fazoviy koordinatadan bog'liqligi ko'rsatilgan. Rasmda chizilgan grafiklar (108) tenglama yordamida $I = 20 \text{ A}$ tok uchun hisoblab topilgan.



77-rasm. 40 mm li aylanma halqa magnit maydoni I tok kuchining funksiyasi sifatida



78-rasm. R radiusli aylanma halqa magnit maydoni B ning fazoviy koordinata x ning funksiyasi sifatida. ($\square$) $R=60$ mm, ($\circ$) $R=40$ mm, ($\triangle$) $R=20$ mm

Yer magnit maydonini aylanuvchi induksion g'altak yordamida o'lchash
Ishning maqsadi:

- Yer magnit maydonining komponentlarini aniqlash.
- Yer magnit maydonining og'ish burchagini aniqlash.

Qisqacha nazariya

O'ramlar soni N ta, yuzasi $A = \pi R^2$ bo'lgan aylanma induksion g'altak aylanish o'qining diametridan o'tuvchi o'q atrofida o'zgarmas ω burchak tezlik bilan bir jinsli B magnit maydonida aylansa uni kesib o'tuvchi magnit oqimi

$$\Phi = \pi R^2 NB \cos(\omega t) \quad (110)$$

Bu yerda ω - burchak tezlik, R - induksion g'altakning radiusi, N - induksion g'altakning o'ramlar soni. (110) tenglamada aylanish o'qi B magnit maydoniga perpendikulyar yonalgan. B magnit maydonini induksiyalanayotgan kuchlanish U ning amplituda qiymatidan aniqlash mumkin

$$U = -\frac{d\Phi}{dt} = \pi R^2 NB \sin(\omega t) \quad (111)$$

$T = 2\pi/\omega$ aylanish davrida foydalanib, induksiyalangan kuchlanishning maksimal qiymati uchun quyidagini hosil qilamiz

$$U = \frac{2\pi^2 NR^2}{T} B = \alpha \beta \quad (112)$$

$$\alpha = \frac{2\pi^2 NR^2}{T} \quad (113)$$

Induksion g'altakning z -yo'nalish atrofida aylanish uchun Dekart koordinatalar sistemasida (79- rasm) kuchlanish amplitudasi

$$U_z = \alpha \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \quad (114)$$

Induksion kuchlanish urning quyidagi magnit maydonida induksiyalanadi

$$B = \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix} \quad (115)$$

Simmetriya tufayli x - yoki y - yo'nalishlar uchun quyidagilar o'rinli bo'ladi

$$U_x = \alpha \sqrt{B_y^2 + B_z^2} \quad (116)$$

$$U_y = \alpha \sqrt{B_x^2 + B_z^2} \quad (117)$$

Yer magnit maydonining komponentalari (114), (116) va (117) tenglamalar sistemasini yechish orqali hisoblanishi mumkin

$$B_x = \sqrt{\frac{\{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2\}}{2\alpha^2}} \quad (118)$$

$$B_y = \sqrt{\frac{\{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2\}}{2\alpha^2}} \quad (119)$$

$$B_z = \sqrt{\frac{\{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2\}}{2\alpha^2}} \quad (120)$$

Xususiyl holda Yer magnit maydoning umumiy qiymati

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} = \sqrt{\frac{\{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2\}}{2\alpha^2}} \quad (121)$$

Yer magnit maydonining qiyalik burchagi quyidagi tenglamadan topilishi mumkin

$$\text{tg } \theta = \frac{B_z}{\sqrt{B_x^2 + B_y^2}} = \sqrt{\frac{\{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2\}}{2U_z^2}} \quad (122)$$

Bu formula matematik jihatdan to'g'ri, ammo o'lchash noaniqligi tufayli kvadrat ildizning argument ekvatorga yaqin joylardagi tajribalar uchun manfiy bo'lishi mumkin. Masalaning echimi uchun qo'llanmaning oxiriga qarang. Bu tajribada induksion g'altakning aylanish o'qi to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasining x -, y - va z - yo'nalishlari bo'yicha o'rnatiladi. Har bir holda induksiyalangan kuchlanish amplitudasi vaqtning funksiyasi sifatida CASSY bilan o'lchanadi. O'lshangan signallardan amplituda va chastota urning magnit maydon kuchlanganligi va og'ish burchagini aniqlash uchun foydalaniladi.

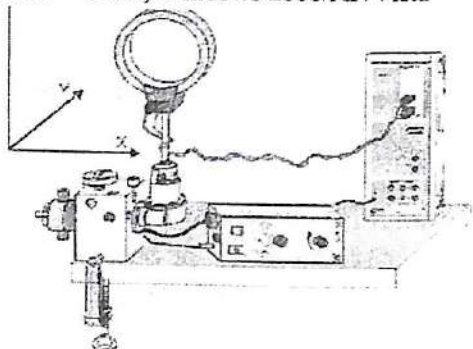
Apparatura1 Juft Gelmgolts g'altaklari.....	555	604
1 Sensor CASSY.....	524	010USB
1 Mikrovoltmetr.....	524	040
1 CASSY Lab.....	524	200

- 1 Ulash kabeli 0 2,5 mm², 200 cm, qizil.....501 35 1
 1 Ulash kabeli 0 2,5 mm², 200 cm, ko'k.....501 36

Qo'shimcha tavsiya:

- 1 Experimental motor.....34735
 1 Experimental motor uchun kotroller.....347 36

Qo'shimcha talablar 1 PC, Windows 2000/XP/Vista



79-rasm. Eksperimental motor bilan o'lchanadigan eksperimental qurilmaning sxemaviy korinishi

Tajriba qurilmasi.

- Tajriba motorini etol ustining burchagiga 79-rasmda ko'rsatilgandek qo'yingki, uning x-, y- va z- yo'nalishlarda burallishi mumkin bo'lsin.
- mikrovoltmetrni va induksion g'altakni bir-biriga ulash uchun 2 m uzunlikdagi aylanma ulash kabelidan foydalaning.

Tajribalarni o'tkazish

Tajribani motor yordamida o'tkazish

CASSY misollar faylidan "Earth magnetic field" ni ishga tushiring.

Eslatma: By fayl CASSY misollar faylida saqlanmagan. U kompyuter "Hard disk" idan funksional knopka F3 ni bosish bilan ishga tushirilishi lozim.

- Misollar faylidagi berilganlarni funksional knopka F4 ni bosish bilan tozalang.
- Tajriba motorining tezligini 0 ga o'rnatang.
- Motorni ehtiyotkorlik bilan qo'shing va uning tezligini taqriban sekundiga 0.3 aylanishgacha oshiring.
- Aylanma ulash kabelini qo'l bilan shunday yo'naltiringki, ular tajriba motori bilan o'rab olinsin. O'tkazgich halqa aylanayotganida u tugunlarda ushlab qolinmasligiga amin bo'ling.
- Induksion kuchlanishni vaqtning funksiyasi sifatida o'lchashni F9 funksional knopkani bosish yordamida boshlang.

Eslatma: O'lchash 20 sekunddan keyin avtomatik ravishda to'xtaydi. O'lchash parametrlarining detallari uchun ... knopkasini bosing va "measuring parametr" menyusidan ularni ko'ring.

- O'lchashlar tugagandan keyin motorning o'chirilganligiga ishonch hosil qiling. Tajriba motorini teskariga aylantiring va uni qulay fursatda to'xtating.
- Aylanish o'qini x- yo'nalishga o'zgartiring va o'lchashlarni dastlabki burchak tezlik bilan takrorlang.
- Va nihoyat induksion kuchlanishni vaqtning funksiyasi sifatida aylanish o'qining y- yo'nalishi uchun tajriba motorini 90° ga buring.
- Induksion g'altakning d diametrini o'lchang.

Tajriba motorisiz o'lchashlarni bajarish.

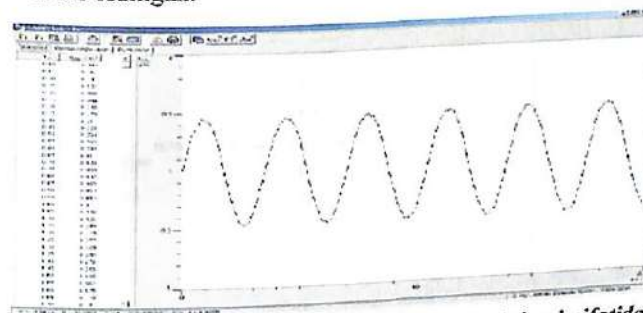
- CASSY misollar faylidan "Earth magnetic field" ni ishga tushiring. *Eslatma:* By fayl CASSY misollar faylida saqlanmagan. U kompyuter "Hard disk" idan funksional knopka F3 ni bosish bilan ishga tushirilishi lozim.
- Misollar faylidagi berilganlarni funksional knopka F4 ni bosish bilan tozalang.
- Tajriba motorining tezligini 0 ga o'rnatang.
- Induksion kuchlanishni vaqtning funksiyasi sifatida o'lchashni F9 funksional knopkani bosish yordamida boshlang.
- Induksion g'altakni z o'qi atrofida qo'l bilan aylantiring.

Eslatma: O'lchash 20 sekunddan keyin avtomatik ravishda to'xtaydi. O'lchash parametrlarining detallari uchun ... knopkasini bosing va "measuring parametr" menyusidan ularni ko'ring.

- O'lchashlarni y- va x- o'qlar atrofida aylantirishlar uchun takrorlang.

O'lchash misollari

Misol sifatida, x- o'qi atrofida aylantirishlar uchun kuchlanish grafiga 80-rasmda keltirilgan. y- va z- o'qlar atrofida aylantirishlar uchun tajriba natijalari 83 va 84-rasmlarda ko'rsatilgan.



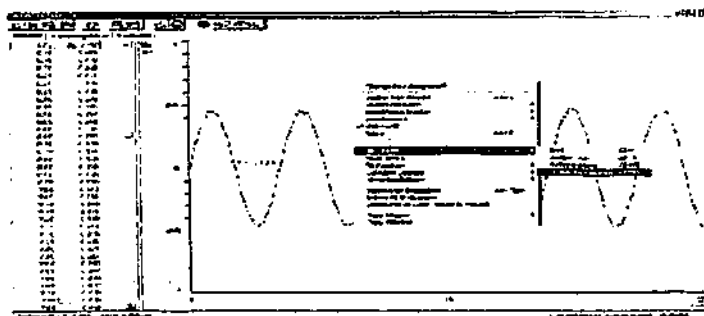
80-rasm. U_x induksiyalangan kuchlanish vaqtning funksiyasi sifatida (z- yo'nalish=aylanish o'qi)

Hisoblash va natijalar

Er magnit maydonining komponentlarini aniqlash uchun amplituda va chastota aniqlanishi lozim. Chastotani aniqlashning bir necha yo'llari mavjud.

Metod 1

- Display ustida sichqonchani o'ng knopkasini bosib va "Set Marker/Measure Difference" ni tanlang. (81 - rasm).
- e.g. ni nol kuchlanish holati ustiga bosib va buni T davrdan keying holat ustiga bosib.

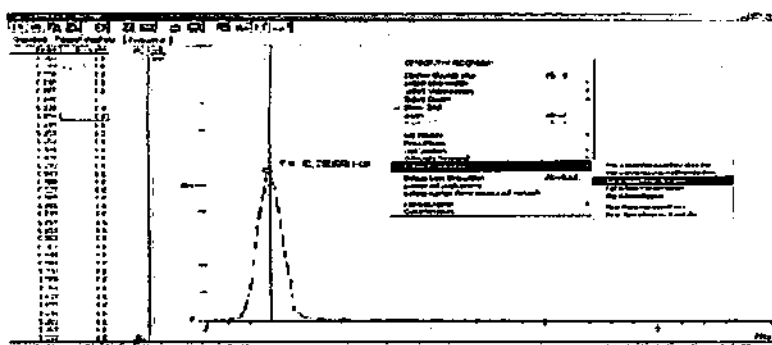


81-rasm.

- Alt T sizga asosiy chiziqlarning natijasini displeyda ko'rishga imkon beradi. (81- rasm) Chastotani aniqlash (Metod 1). 82 va 83- rasmlarni taqqoslang

Metod 2.

- Jadvalda "Frequency Spectrum" ustiga bosib.
- Display ustida sichqonchani o'ng knopkasini bosib va "Other Evaluations" / "Calculate Peak Center" ni tanlang.
- Tajriba natijalari ustida sichqonchani surib maksimumni belgilang.
- Alt -T sizga asosiy chiziqlarning natijasini displeyda ko'rishga imkon beradi. (82-rasm)



82-rasm

Chastotani aniqlash (metod 1). 81-rasm va 83-rasmni taqqoslang.

Yer magnit maydonining komponentlarini aniqlash uchun amplitudani aniqlash lozim. Induksiyalangan kuchlanish amplitudasini aniqlash uchun ikki yo'l mavjud.

Metod 1

- Display ustida sichqonchani o'ng knopkasini bosib va "Set Marker/Measure Difference" ni tanlang. (81- rasm).
- Sichqonchani nol kuchlanish holati ustiga bosib va buni maksimum kuchlanish ustida takrorlang.
- Alt- T sizga asosiy chiziqlarning natijasini displeyda ko'rishga imkon beradi.

Metod 2

Bu metodda chastotani va amplitudani aniqlash uchun "Fitting tool" dan foydalaniladi.

- Sichqonchani o'ng knopkasini display ustida bosib "Fitting tool" ni displeyga chiqaring va "Fit function"/"Free Fit" ni tanlang yoki Alt F ni bosib.
- Dastlab mos keluvchi funksiyani tanlang - bu yerda $f(x, A, B, C, D) = A \times \sin(360 \cdot B \cdot x + C)$
- Mos keluvchi parameter uchun kerakli baholash qiymatlarini kiriting (boshlang'ich qiymatlar) (84-rasm).

$A = U_0 = 1 \text{ V}$ (amplituda, diagrammaning y- o'qidan yozib oling)

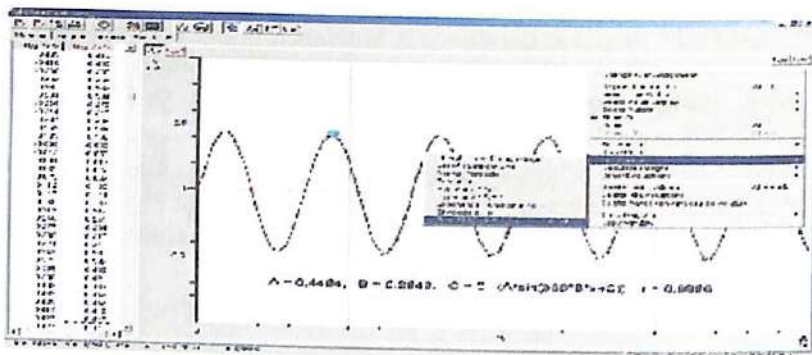
$B = 0.3 \text{ Gerts}$ (Chastota, 2 Gerts lar atrofida)

$C = 0$ (faza siljishi, o'lchash sharoitida o ga teng)

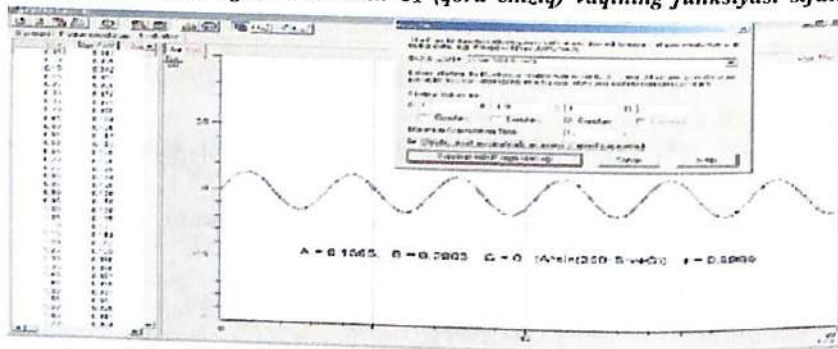
$D = 0$ (qo'shimcha parameter, foydalanilmaydi)

- "Display result automatically as a new channel" ni tanlang.
- "Continuc with Range Marking" knopkasi bilan davom ettiring.
- Alt T sizga natijalarni displeyda ko'rishga imkon beradi.

Eslatma: Mos keluvchi algoritm yaxshi baholash qiymatlarini talab qiladi. Bu tanlangan model uchun, ya'ni 123- tenglama uchun, chastotaning boshlang'ich qiymati tajribaviy qiymatlarga yaqin qilib tanlanishi lozim.



83-rasm. Induksiylangan kuchlanish U_x (qora chiziq) vaqtning funksiyasi sifatida



84-rasm. Induksiylangan kuchlanish U_z (qora chiziq) vaqtning funksiyasi sifatida. (z- yo'nalish = aylanish o'qi)

(y- yo'nalish = aylanish o'qi). Qizil chiziq kuchlanish grafigining pastidagi parametrlarga mos keladi. Eslatma: Chaqirish qurollini sichqonchani o'ng knopkasini displeyga bosib va "Fit Function"/ "Free Fit" larni tanlash bilan displeyga chiqarish mumkin. 83-rasm va 84-rasmlarda kuchlanishning o'lchangan qiymatlari ko'rsatilgan. O'lchash xatoliklari chegarasida qiymatlar sinusoidal korinishga ega. CASSY Lab ning boshqa hisoblash natijalari uchun qo'shimcha ma'lumotlarga qarang.

Qizil chiziq kuchlanish grafigining pastidagi parametrlarga mos keladi. **Eslatma:** Chaqirish qurollini "Alt- F" ni bosish bilan displeyga chiqarish mumkin

Aylanishning uchta xar xil o'qlari uchun natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan.

34-jadval. 123- tenglamani tajribaviy natijalar uchun qo'llash bilan olingan induksion kuchlanish komponentlari. Davr o'qlar aylanishining o'rtacha qiymatiga to'g'ri keladi.

U_x mV	U_y mV	U_z mV	T s
0.47	0.45	0.13	3.51

Induktiv g'altakning $d = 13.5$ sm va $N = 320$ parametrlari bilan er magnit maydoni kuchlanganligi (113) va (121) tenglamalardan foydalanib aniqlanishi mumkin

$$B = \sqrt{\frac{0.47^2 + 0.45^2 + 0.13^2}{2 \cdot 8.2^2}} = 73.9 \mu T$$

(122) tenglamadan foydalanib og'ish burchagi aniqlanadi.

$$\tan \theta = \sqrt{\frac{0.47^2 + 0.45^2 + 0.13^2}{2 \cdot 0.13^2}} = 3.48 \mu T \text{ bundan } \theta = 73^\circ$$

Olingan bu natija og'ish konturidan (54102) foydalanib oson tekshirilishi mumkin. Og'ish konturidan foydalanib topilgan qiymat $\theta = 70^\circ$

Qo'shimcha ma'lumotlar

Tajribadagi asosiy xatolik o'tkazgich halqa yaqinida joylashgan magnitlangan po'lat jismlar sababli magnit maydonining buzilishidan hosil bo'ladi. Yuqori o'lchash aniqligiga erishish uchun g'altakning parametrlari imkoni boricha katta qilib tanlab olinishi zarur.

Yer magnit maydonining og'ishi bo'lmaganda (magnit ekvatorida) Yer magnit maydonining qiymati $31.2 \mu T$ ga teng va magnit qutblarida 2 marta kattaroq bo'ladi. Ekvatorga yaqin joyda tajribani bajarishda muammo tug'iladi. Ekvatorida magnit maydonining qiyalik burchagi 0 ga yaqin va xuddi shu holda B_z ham nolga yaqin bo'ladi. (120) va (122) tenglamalar katta sonlarni ayiradi va nazariyada kichik musbat sonlarni hosil qiladi. Bu kichik farq kichik o'lchash xatoliklari tufayli ham (po'lat bo'lagi) manfiy bo'lib qolishi mumkin va (120) va (122) tenglamalardagi kvadrat ildiz yechimga ega bo'lmaydi.

Ekvatorga yaqin joylarda og'ish burchagi uchun natijalar olish uchun B_z to'g'ridan- to'g'ri o'lchanishi kerak. (116) tenglamadan foydalanib biz gorizontaal aylanish o'qi bo'yicha tajriba o'tkazamiz va $B_z = 0$ ga aylanish o'qini shimol janubga to'g'rilab erishamiz. Bu esa kuchlanishning minimumini izlash bilan bajarilishi mumkin. Keyin B_z ning qiymati (116) tenglamadan hisoblanadi va (122) tenglamaning o'ta qismiga qo'yiladi. Bu tajribada biz B_z ning qiymatini

uning ishorasisiz o'lcaymiz, chunki ekvatorning janubida (120) va (122) tenglamalar kvadrat funksiyani manfiy natijalaridan foydalanish lozim.

Erkin elektromagnit tebranishlar

Elektr

Elektromagnit tebranishlar va to'liqlar

Elektromagnit tebranish konturi

Ishning maqsadi:

- Elektr tebranishlar konturi bilan tanishish.
- Tebranish konturini xususiy chastotasini aniqlash.
- Tebranish zanjirida tok va kuchlanish o'zgarishini tahlil qilish.

Qisqacha nazariya

Bugungi kunda kommunikatsiya va hisoblash texnikalarini elektromagnit tebranish konturlarisiz ta'savur qilib bo'lmaydi. Ideal elektromagnit tebranish konturida energiya yo'qotilishi so'nish bo'lmaydi. Ammo bu hol faqat nazariy jihatdan mumkin. Amalda esa tebranish konturlarida elektromagnit tebranishlar kam bo'lsada so'nadi. Misol qilib so'nuvchi garmonik ossilyatorni keltirish mumkin.

Tebranish konturi bir biriga ulangan kondensator va induktiv g'altakdan iborat bo'ladi. So'nuvchi tebranish konturida L va C zanjirga ketma-ket ravishda aktiv qarshilik ham mavjud bo'ladi.

Kirxgofning ikkinchi qonuni bo'yicha,

$$\sum U_i = 0 \quad (124)$$

Bu tenglama zanjirdagi barcha kuchlanishlar yig'indisi nolga teng ekanligini bildiradi. Bu qonun ichki qarshilikka ega bo'lgan tebranish konturida ham o'rinlidir (85-rasmga qarang):

$$U_C + U_R - U_{ind} = \frac{Q}{C} + RI + LI = 0 \quad (125)$$

Ma'lumki, kondensator sig'imi $C = \frac{Q}{U_C}$, aktiv qarshilik kuchlanishi $U_R = RI$ (Om

qonuni) va g'altakdagi reaktiv kuchlanishi $U_{ind} = -LI$ kabi aniqlanadi.

I tok kuchining diferensial tenglamasini (125) tenglama hadlarini L ga bo'lib, $Q = I$, deb hisoblab hosil qilamiz:

$$I\omega^2 + \dot{I}\gamma + I = 0 \quad (126)$$

Bu yerda $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ - xususiy chastota, $\gamma = \frac{R}{L}$ konturning asilligi. Bu matematik differensial tenglamani yechish uchta xususiy holga olib keladi. Tenglama

$$I(t) = I_0 e^{-i\omega t}$$

Kabi yechimga olib keladi, bu erda I_0 tebranish amplitudasi,

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2} \text{ - tebranish chastotasi.}$$

- Birinchi hol $\omega_0^2 - \gamma^2 < 0$.

Bu holda sistema muvozanat holatiga eksponenta qonuniyat asosida tebranishlar hosil qilmasdan qaytadi.

- Ikkinchi hol $\omega_0^2 - \gamma^2 = 0$.

- Bu hol kritik(keskin) so'nish holati deyiladi. Sistema tebranishsiz tezda muvozanat holatiga qaytadi.

Uchinchi hol $\omega_0^2 - \gamma^2 > 0$.

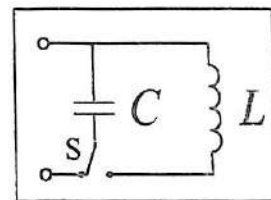
Bunda sistemada tebranishlar kuzatiladi va amplituda eksponensial qonun bo'yicha kamayib boradi, so'nish kuzatiladi. 86-rasmga qarang. Bu tajribada faqat oxirgi holatni kuzatish mumkin. Kondensator boshlang'ich kuchlanish U_0 bo'lsa, induktiv g'altakda o'tuvchi tok kuchi quyidagicha aniqlanadi:

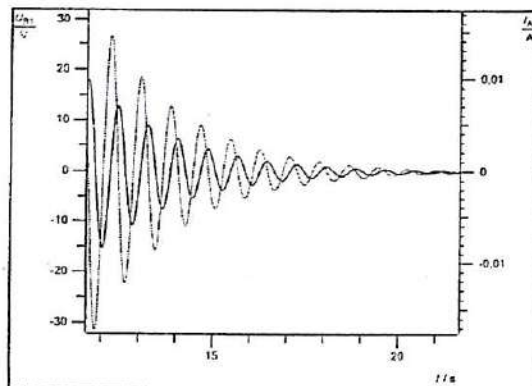
$$I(t) = I_0 e^{-\gamma t} \sin(\omega t) \quad (127)$$

bu yerda boshlang'ich tok kuchi $I_0 = \frac{U_0}{\omega L}$, ω - yuqorida keltirilgani kabi.

Kondensator boshlang'ich tok kuchining integraliga proporsional bo'ladi. (127) tenglamadagi kosinus tok kuchi va kuchlanish qiymatlari orasida 90° faza siljishi borligini bildiradi.

$$U(t) = U_0 \cdot e^{-\gamma t} \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (128)$$





86-rasm. Kuchlanish vat ok tebranishlari

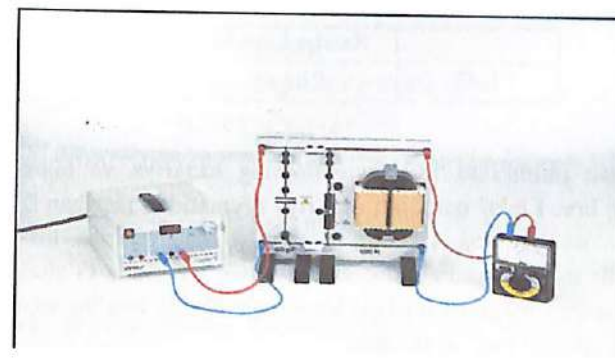
Kerakli asbob va uskunalari:

1 Yuqori induktivli chulg'am	517 011
1 Kondensator, 40 μ F	517 021
2 Asos taglik, bir juft.....	301 339
1 Bridging plugs, STE 2/19, set of 10	501 48
1 DC ta'minlash manbai 0... $\pm$ 15 V	501 45
1 Multimeter LD analogli 20	531 120
1 Qo'l sekundomeri, mexanik....	313 07
2 Ulash simlari, 19 A, 100 sm, qizil/ko'k, juftli	501 46

Tajriba qurilmasi

Qurilma 87-rasmida keltirilgan.

- Dastlab, kondensatorni razryadlash uchun qisqa tutashtiring.
- Induktiv g'altak va kondensatorni asos taglikka o'rnatish.
- Induktiv g'altak va kondensatorni bir chiziqda joylashtiring va ularni ikkita shtepsellar bilan ulang.
- Kondensatorga o'zgarmas tok manbaini ulang, o'rtadagi yerga ulash chiqishiga ualamang.
- Kuchlanish muruvatini 0 V ga qo'ying.
- Multimeterni induktiv g'altakka parallel ulang va DC kuchlanishni 3 V ga qo'ying.
- Ta'minlash manbaini stendga ulang.
- Qo'l sekundomerini ishga tayyorlang.



87-rasm. Tajriba qurilmasi

Tajribaning borishi

- Kondensator ostidagi kalitni chap tomonga ulang, 3-rasm asosida (kalit 1-rasmida «S» bikan belgilangan).
- Ta'minlash manbaini ulang.
- Ta'minlash kuchlanishini 3 V qilib tanlang.
- Kuchlanish ortishdan to'xtamaguncha va kondensator to'la zaryadlanmaguncha kuting.
- Endi kalitni manbadan induktiv g'altakga ulang va tebranish konturiga kuchlanish bering.
- Kuchlanishning ikki maksimumi orasidagi vaqtni aniqlash uchun qo'l sekundomeridan foydalaning.
- Kondensatorni zaryadlash uchun oxirgi uch amalni takrorlang va boshqa kuchlanish maksimumlari orasidagi vaqtni 4 marta o'lchang.
- Ta'minlash manbaini tarmoqdan uzing va kondensatorni ta'minlash manbidan ajrating.
- Razryadlash uchun kondensator qutblarini qisqa tutashtiring.

O'lchash namunasi

Baholash-solishtirish

Dastlab, Ikki maksimum orasidagi Δt vaqtning o'rtacha qiymatini hisoblang. Bunda Δt ni topish uchun T davrni topishning Tomson formulasidan foydalaning:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (129)$$

Bundan, L va C ko'paytmasini toppish mumkin.:

$$LC = \frac{\Delta t^2}{4\pi^2} \quad (130)$$

Nazariya va tajribani solishtirish uchun LCning aniq qiymatlarini H Fni bilgan holda (qurilmaga qarang) aniqlash mumkin:

	Nazriya bo'yicha	Tajribada
L-C	0.02 s^{-2}	0.0172 s^{-2}

Natijalar

Ko'rish mumkinki LC qiymatlarning nazariya va tajribada olinganlari orasida farq bor. Elektr qarshilik nazariya qiymatidan taqriban 0.4% ga kamroq. Shuning uchun farqning sababini boshqa joydan qidirish lozim. Bu yerdagi asosiy sabab induktivlikning tok kuchiga bog'liqligidir. G'altak o'zagi magnit singdiruvchanligi magnit maydoni kuchlanganligiga bog'liq va u o'z navbatida tok kuchiga chiziqli bog'liq bo'ladi.

Texnika xavfsizligi yo'riqnomasi

Tajriba qurilmasida tajribalar hayot uchun xavfsiz-

Past kuchlanishlarda olib borilishi zarur:

- DC -o'zgaras tok kuchlanishi maximum- 60 V,
- AC -o'zgaruvchan tok kuchlanishi maximum- 25 V.

Quyidagilar bilan tajriba o'tkazilganda hamisha hayot uchun xavfsiz-past kuchlanishdan foydalanish zarur:

- Yuqori induktivlikli g'altak
- STE plug-in elements

Kuchlanish xavfsiz kuchlanishdan katta bo'lganda doimo maxsus xavfsiz ulash konnektorlardan foydalaning.

Zanjirga kondensator ulashdan oldin kondensator uchlarini qisqa tutashtirib razryadlang (Kondensatorda katta kuchlanish saqlangan bo'lishi mumkin).

Induktiv g'altaklarni darhol manbadan ajratmang, razryadlanishini kuting. Kuchlanishning sakrashi kuztilishi mumkin.

Optika

1. Oq yorug'likning dispersiyasi va rekombinatsiyasi bo'yicha Nyuton tajribalari
2. Qo'sh tirqishda va ko'p sonli tirqishda difraksiya - VideoCom vositasida qayd qilish va hisoblash.
3. O'tgan va qaytgan oq yorug'likda Nyuton xalqalari.
4. Maykelson interferometridan foydalanib geliy-neonli lazer yorug'lig'ining to'lqin uzunligini aniqlash.
5. Qutblanish tekisligini shakar eritmasibilan burish.
6. Stefan-Bolsman qonuni: «qora jism» nurlanish intensivligining temperaturaga bog'liqligini o'lchash.

Optika

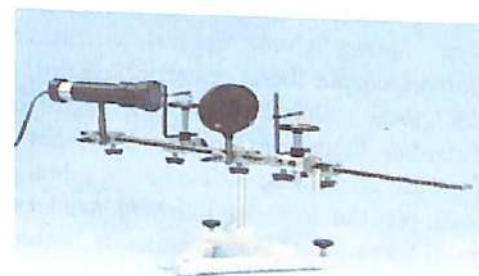
Dispersiya va ranglar to'g'risida fan

Oq yorug'likni bo'lish

Oq yorug'likning dispersiyasi va rekombinatsiyasi bo'yicha Nyuton tajribalari
Ishning maqsadi:

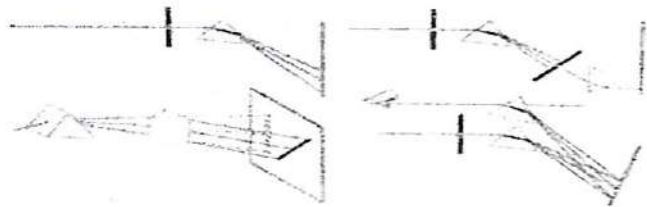
- Oq yorug'likni shisha prizmada spektral tashkil etuvchilarga ajratish.
- Dispersiyalangan yorug'lik ikkinchi prizmada qayta parchalanmasligini ko'rsatish.
- Agar birinchi prizma ortidagi tirqishdan faqat bitta spektral komponent o'tsa, unda ikkinchi prizmada bu yorug'lik og'adi, ammo, parchalanmaydi. Sindirish sirtlari bir-biriga perpendikulyar bo'lgan ikkita qovushtirilgan prizmalardan iborat yig'ma mazkur qoidani qo'shimcha tarzda tasdiqlaydi.
- Birinchi prizma ortidagi oq yorug'likning ajralgan spektrini birinchi prizмага parallel joylashgan ikkinchi prizmadan o'tishda spektral ranglarning rekombinatsiyasidan oq yorug'likning yuzaga kelishini namoyish qilish.

Tajriba qurilmasi



Apparatura

2 Shisha prizma....	465 32
1 Elektr lampa 6 V/30 Vt, E14, 2 nabor...	450 511
1 Lampa korpusi kabel bilan.....	450 60
1 Asferik kondensator diafragma tutqich bilan.....	460 20
1 Transformator 6/12 V	521 210
2 Prisma stoli, sterjenda....	460 25
1 Prujinali qisqichli tutqich.....	460 22
1 Kichik optik kursi.....	460 43
5 Leybold multi qisqichlari.....	301 01
2 Aylanadigan xomut.....	301 03
1 Sterjen, to'g'ri burchakli.....	300 51
1 V-shaklsimon shtativ, katta	300 01



Qoida: Prizma qurilmasi oq yorug'likni asosiy ranglarga ajratish uchun qo'llaniladi; pirovardida yorug'lik ikkinchi bor ajralmaydi, ammo u yana qayta oq yorug'likga o'tishi uchun birikishi mumkin.

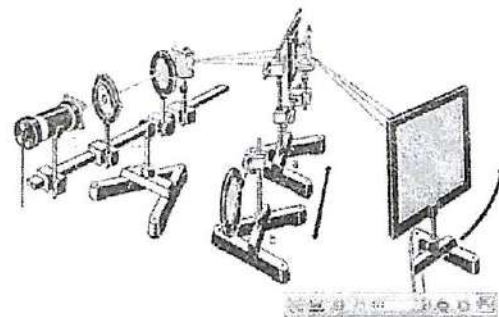
1666 yilda Isaak Nyuton 23 yoshida prizmalar bilan qilgan tajribalari, optikaning salmoqli tarraqiyotiga olib keldi, chunki u aksariyat yaxshi o'ylangan tajribalari yordamida shisha prizmada yorug'lik singanda yuzaga keldigan yorug'likning dispersiyasini tajriba yo'li bilan tushuntirib berdi. Nyuton o'z tajribalarida quyoshni yorug'lik manbasi sifatida olganini va proyeksion obyektiv bilan umuman ishlamaganini e'tiborga olish kerak. DC 535.853.2 da bayon qilingan tajribalarda yorug'lik manbasi sifatida cho'g'lanma lampadan foydalanilgan. Cho'g'lanma lampaning ekranga proyeksiyalangan dispersiyalangan "oq" yorug'ligining spektri kamalakda yuzaga keldigan ma'lum ranglar ketma-ketligidan iborat. Bundan tashqari, turli rangli yorug'lik filtrlaridan foydalanilganda, alohida ranglarning og'ishini namoyon qilish mumkin. Hatto filtrlardan foydalanganingizda ham, har bir rang spektrdagi o'rniga mos tarzda og'adi: spektrning turli sohalari uchun prizmaning sindirish ko'rsatgichi farq qiladi. Nyuton spektrdagi alohida sohalar mustaqil tarzda yana ranglarga ajralmasligini ko'rsatdi. Uning qurilmasida tirqish spektr ko'rinadigan ekranga yo'nalgan. Tirqishdan o'tgan yorug'lik monoxromatik va u boshqa ekranga tushishdan oldin minimal og'ishli ikkinchi prizmadan o'tadi. Ushbu ekranda garchi tasvir bir oz kengaysa ham, faqat tirqishdan o'tgan rang kuzatiladi. Ammo, boshqa ranglar ko'rinmaydi.

Nyuton xuddi shunday natijani kesishgan prizmalar bilan olgan. Mazkur tajriba uchun ikkinchi prizma gorizontall joylashtirilgan sindiruvchi qirrasini bilan birinchisining ortiga. Bunda yorug'lik dastasi ikkala prizma bilan shunday og'adiki, og'gan spektr ekranga tushadi. Yorug'likning rangli spektral sohalari ikkinchi prizmada ham xuddi birinchi prizmadagidek og'adi. Rangli spektral sohalarning rekombinatsiyasi oq rangning shakllanishiga olib kelishi nazorat tajribalarining asosini ifodalaydi. Spektral ranglar prizma vositasida oq rangdan hosil qilinganidek, spektrning hamma sohasini ustma-ust tushushidan oq yorug'lik olinishi mumkin. Bu maqsadda linza dispersiyalangan yorug'lik yo'lga joylashtiriladi, linza prizma sirtidan nurlarni ekranga yig'adi. Ekrandagi tasvir oq va shu linza tenglamasi uchun mos kattalashgan bo'ladi. Spektr linza ortidagi

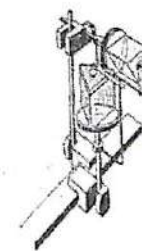
fokal tekislikda yaxshi fokuslanadi. Prizma sirtidan akslanish, bunga qaramasdan, rangsiz va faqat shu spektrning 11 ta rangi ekranda tasvirga rekombinatsiyalanganida oq bo'ladi. Agar mazkur spektrning bir yoki boshqa qismi juda kichik linza yoki ekran bilan to'sib qo'yilsa, unda tasvir to'liq oq rang bo'lmaydi, ammo, tusga kirgan bo'ladi (qo'shimcha ranglar haqida DC 535.621.1; a ga qarang).

Foydali maslahatlar:

1. Kichik optik kursini yig'ish va undan foydalanish 46000 instruksiyada bayon qilingan.
2. Prizma qurilmasini yig'ish uchun DC 535.853.2; a. ga qarang.
3. Rasm 88.a da keltirilgan qo'sh dispersiya uchun, kengligi taxminan 10 mm va balandligi 60 mm tirqishli karton ekran qo'llaniladi. Uning ortida prizma joylashtiriladi. Spektrning uzatilgan sohasi birinchi ekrandan qisqa masofada joylashgan ikkinchi ekranda namoyon bo'ladi.
4. Spektral ranglarning qayta rekombinatsiyasi uchun biz diametri 120 mm va fokus masofasi 500 mm bo'lgan linzadan foydalanishni maslahat beramiz (rasm 88, b), chunki bu linzada, prizmaning sirti ekranda unchalik kattalashmasada, spektr juda yaxshi namoyon bo'ladi.
5. Kesishgan prizmalar rasm 89 da keltirilganidek o'rnatiladi. Ikkinchi prizma (yakka kristalli) gorizontall qirrasini bilan bevosita birinchi prizmaning ortida minimal og'ish bilan joylashtiriladi.



88-rasm.



89-rasm.

Optika
To'qin optikasi
Difraksiya

Qo'sh tirqishda va ko'p sonli tirqishda difraksiya – VideoCom vositasida qayd qilish va hisoblash

Ishning maqsadi:

- Quyidagi hollar uchun difraksion tasvirlarni qayd qilish va intensivlik taqsimotini modellash:
- tirqishning turli kengliklari uchun, tirqish kengligi doimiy qo'sh tirqishlar va tirqish kengligini aniqlash bilan.
- tirqishning turli intervallari uchun, tirqish kengligi doimiy qo'sh tirqishlar va tirqish intervalini aniqlash bilan.
- tirqishlar turli soni uchun ko'p tirqishlar va tirqish kengligini va tirqish intervalini aniqlash bilan.

Qisqacha nazariya

Erkin tarqalayotgan yorug'lik nurining yo'liga to'siqlar, masalan gulsapsar tipli diafragma yoki tirqish qo'yilganda difraksion hodisalar yuz beradi. Yorug'likning to'g'ri chiziqli tarqalishdan og'ishi kuzatiladigan bunday holat difraksiya deb ataladi. Difraksion hodisalar o'rganilganda, tajriba bajariladigan ish tartibi ikki turga ajratiladi: Fraunhofer difraksiyasi holidayorug'likning parallel to'liq frontlari difraksion obyektning old tomonida va ortida o'rganiladi. Bu bir tomondan difraksion obyektidan cheksiz masofada joylashgan yorug'lik manbasiga va ikkinchi tomondan xuddi shuningdek difraksion obyektidan cheksiz masofada joylashgan ekranga mos keladi. Uni tajribada nur yo'liga joylashtirilgan yig'uvchi linzalar yordamida, masalan yorug'lik manbasi bilan difraksion obyekt orasiga joylashtirish orqali amalga oshirish mumkin.

Frenel difraksiyasi holida yorug'lik manbasi va ekran difraksion obyektidan chekli masofada joylashadi. Masofa ortib borgan sari Frenel difraksion tasvirlari Fraunhofer difraksion tasvirlariga o'xshashroq bo'lib boradi. Fraunhofer difraksiyasi holida difraksion tasvirlarni hisoblash ancha soddaroq. Shu sababli mazkur ishda bayon qilingan tajribalar Fraunhofer nuqtai nazariga asoslangan. Rasm. 90: Qo'sh tirqishdan yorug'lik difraksiyasining sxemasi (tajriba P5.3.1.2 taqqoslash)

b: tirqish kengligi
g: tirqishlar oralig'i

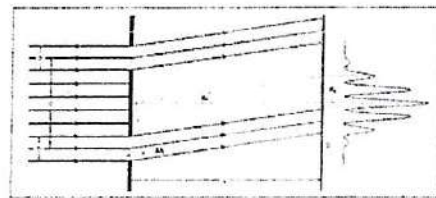
L: tirqish bilan ekran orasidagi masofa

x_2 : markazdan 2-intensivlik minimumigacha masofa

α_2 : 2-susaygan interferensiya kuzatiladigan yo'nalish

ΔS_2 : yo'llar farqi

S: kuzatish tekisligi (VideoCom ning ZBA kanali)



90-rasm. Qo'sh tirqishdan yorug'lik difraksiyasining sxemasi (tajriba P5.3.1.2 taqqoslash)

T. Yungga asosan, ikkita kogerent nurni bir-biriga yaqin joylashgan teng kenglikdagi tirqishlar orqali intensiv va kogerent lazer nuridan olish mumkin. Bu esa tirqishlarning ikki (qo'sh) yorug'lik manbai sifatida namoyon bo'lishini anglatib, yorug'lik dastalari ancha darajadagi uzoq masofada birlashadi. Bu ikki tirqishdagi difraksiya kirayotgan parallel yorug'likni hattoki tirqish diafragmasining geometrik soyasida ham tarqalishiga olib keladi (90-rasmdagi kul rang soha). Bundan tashqari, kuzatish tekisligida yorqin va qoramtir tasmlar namoyon bo'lib, ularni geometrik nur optikasi qonunlari bilan tushuntirib bo'lmaydi. Yorug'lik to'liq xossalari ega deb inobatga olinsa va ekranda kuzatilayotgan difraksion tasvirni tirqish aperturasidan kelayotgan ko'p sonli (cheksiz) dastalarning superpozitsiyasi deb qaralsagina uni tushuntirish mumkin.

Difraksion tasvirni hisoblash uchun, N tirqishlardan iborat, bir biridan teng masofalarda joylashgan tirqishlardan kelayotgan barcha dastalarning tebranish holatlari, fazalari farqi c'tiborga olingan holda qo'shiladi. Natijada kuzatish tekisligining ixtiyoriy joyidagi x difraksiyalangan yorug'lik maydon kuchlanganligining amplitudasi A olinadi. Bu metod orqali amplituda taqsimotidan $A(x)$ bevosita intensivlik taqsimoti $I(x)=A^2(x)$ hisoblanadi. Amalda, kichik difraksion burchaklar ($\sin\alpha \approx \alpha$) holida, kengligi d bo'lgan, N tirqishlar uchun quyidagi proporsionallik olingan:

$$I(\alpha) = \frac{1}{N^2} \cdot \frac{\sin^2(2\pi \frac{b}{\lambda} \alpha)}{(2\pi \frac{b}{\lambda} \alpha)^2} \cdot \frac{\sin^2(N\pi \frac{b}{\lambda} \alpha)}{\sin^2(2\pi \frac{b}{\lambda} \alpha)^2} \quad (131)$$

Tenglamani (131) o'ng tomonidagi uchunchi had, cheksiz tor va bir tekis taqsimlangan N ta tirqishdan yorug'lik to'liqining difraksiyasi kuzatiladigan intensivlikning maksimumi va intensivlikning minimumlari davriyligining ketma-ketligini ifodalaydi.

Tenglamani (131) o'ng tomonidagi ikkinchi had chekli tirqish kengligining b ta'sirini ifodalaydi. Bu had difraksion tasvirning "qobig'i" hisoblanadi va yakka tirqish kengligi b ning difraksion ta'siriga mos keladi. Shunday qilib, ko'p sonli tirqishlarning ($N \geq 2$) difraksion tasviri yakka tirqishning difraksion tasviri orqali modulyasiyalanadi. Birinchi had $1/N^2$ intensivlikning

tirqishlar soniga bog'liqligini ifodalaydi.

VideoCom bilan intensivlik taqsimotini qayd qilish. Tajribada difraksion tasvirning intensivlik taqsimoti $I(\alpha)$ VideoCom ning bir satrli ZBA kamerasi yordamida qayd qilinadi. Bunda difraksion tasvir 2048 pikselga ega bo'lgan ZBada (ZBA: zaryad bog'lanishli asbob) aks etadi va ketma-ketli interfeys orqali kompyuterga uzatiladi.

VideoCom bilan bog'langan kompyuter dasturi intensivliktaqsimotini $I(\alpha)$ ko'rsatadi va bu esa nazariya bo'yicha kutilgan intensivlik taqsimoti bilan uni tezva bevosita taqqoslashga imkon beradi.

Kerakli asbob va jihozlar

13 qo'sh tirqishli diafragma.....	469 84
14 qo'sh tirqishli diafragma.....	469 85
15 qo'sh tirqishli diafragma.....	469 86
1 Prujinali siqib turuvchi tutgich.....	460 22
1 He-Ne-Lazer, chiziqli qutblangan.....	471 830
1 Polarizatsion filter.....	472 401
1 VideoCom USB	337 47USB
1 Gardishli linza, $f = +5 \text{ mm}$	460 01
1 Gardishli linza, $f = +50 \text{ mm}$	460 02
1 Gardishli linza, $f = +500 \text{ mm}$	460 11
1 Optik stol, profili standard 1 m.....	460 32
7 Optik reyder 60/50.....	460 373
qo'shimcha talab qilinadi:	
1 Windows 2000/XP/Vista o'rnatilgan PK	

Xavfsizlik bo'yicha eslatma

Geliy-neonli lazer 2 sinf bo'yicha EN 60825-1 "Lazer apparaturasi xavfsizli" talablariga javob beradi. Agar instruksiyada keltirilgan mos punktlarga amal qilinsa, geliy-neonli lazer bilan tajriba o'tkazish xavfli emas:

- Hech qachon bevosita to'g'ri yoki akslangan lazer nuriga qaramang.
- Hech qaysi kuzatuvchi ko'zini qamashganiini sezmasligi kerak

Qurilma

Eslatma: Yustirovka bir oz qorong'ulashtirilgan xonada bajarilishi kerak. Butun tajriba qurilmasi 91-rasmda tasvirlangan. Fokus masofasi $f = +5 \text{ mm}$ bo'lgan sferik linza L_1 qutblangan lazer nurining kengayishini ta'minlaydi. Fokus masofasi $f = +50 \text{ mm}$ bo'lgan keyingi yig'uvchi linza L_2 shunday joylashtirilganki, uning markazi sferik linza markazidan bir oz pastda. Bu bilan lazer nuri bir oz kengayadi va optik o'q bo'yicha deyarli parallel tarqaladi. Prujinali qisqichli tutgichdagi H fokus masofasi $f = +500 \text{ mm}$ bo'lgan yig'uvchi linza L_3 ortidagi VideoComning ZBA si namunasida yorqin difraksion tasvirni ta'minlaydi. Lazer nurlanishining intensivligi lazer bilan linza L_1

orasidagi polarizatsion filtr P yordamida o'zgartirilishi mumkin.

Optik qurilma

- Optik reyderdan foydalanib, geliy-neonli lazerni optik stolga 91-rasmda keltirilgandek o'rnatish.
- Shtativ va optik reyder yordamida optik stolning qarama-qarshi tomoni oxiriga VideoCom ni joylashtiring.
- Lazerni ulang va lazer bilan VideoCom ni shunday yustirovka qilingki, ular aniq optik o'qda yotsin. Boshqa optik komponentlarni joylashtirishda optik o'q saqlanishini tekshirib boring.

L_1 : linza $f = +5 \text{ mm}$

L_2 : linza $f = +50 \text{ mm}$

L_3 : linza $f = +500 \text{ mm}$

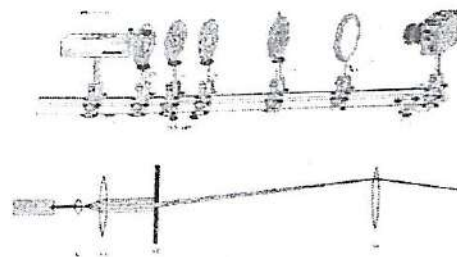
P : polarizatsion filtr

H : prujinali qisqichli tutgich

S : kuzatish tekisligi (VideoCom ning ZBA kanali)

- Fokus masofasi $f = +5 \text{ mm}$ bo'lgan sferik linzani L_1 lazer old tomonidan taxminan 20 sm masofada o'rnatish. (lazer nuri VideoCom tuynugiga tushishi kerak)

- Fokus masofasi $f = +50 \text{ mm}$ bo'lgan yig'uvchi linzani L_2 sferik linza L_2 orqasiga taxminan 6 sm masofada joylashtiring va uni to lazer nurining tasviri VideoCom ning ZBA kanalida keskin bo'lmaguncha optik stol bo'ylab, sferik linza L_1 tomonga qarab, siljiting.



91-rasm. Tirqishdan keyingi difraksiyani kuzatish tajriba qurilmasi(yuqorida) va nurning sxematik yo'li (pastda)

- Yig'uvchi linza L_2 ni sferik linza L_3 dan to ekrandagi lazernurining diametri taxminan 6 mm gacha kengaymaguncha siljiting (bunda lazer nuri doimiy aylana kesimga egabo'lishi kerak).
- Linza bilan ekran oralig'ida nurning diametri doimiy qolishini aniqlash uchun, nur yo'lga oq varaq tuting va optik o'q bo'yicha nurning kesimini tekshiring.

Fokus masofasi $f = +500 \text{ mm}$ bo'lgan yig'uvchi linzani L_3 nurning yo'lga

VideoCom dan taxminan 50 sm da joylashtiring va uni lazer nurining tasviri VideoCom ning ZBA kanalida keskin bo'ladigan qilib o'rnatish.

- Uchta qo'sh tirqishli diafragma bor prujinali siqib turuvchitutgichni L_2 bilan L_3 oralig'iga nurning yo'liga joylashtiring.

VideoCom faqat kanaldagi intensivlikni o'lchaydi. Shuning uchun, difraksion tasvir aniq ZBA kanaliga tushayotganini tekshirish kerak. Zarur bo'lsa, VideoCom balandligini o'zgartiring.

- Polyarizasion filtni P lazer bilan linza L_1 oralig'iga o'rnatish.

VideoCom vositasida intensivlikni o'lchash

- VideoCom ni kompyuterga ketma-ket interfeys orqali ulang va "VideoCom Intensities" dasturini ishga tushiring.
- Intensivlik taqsimotini qayd qilish uchun tugmachani (256 pikselga) yoki F8 klavishani bosish. (O'lchash davomida doimo o'lchangan qiymatlar yangilanadi, ya'ni ular jadvalga yozilib, grafikda namoyon qilinadi).
- Polyarizasion filtni P shunday yustirovka qilingki, difraksion tasvirning maksimumi uchun intensivlik 100% dan bir oz past bo'lsin.
- belgini chertish yoki F5 klavishani bosish orqali «Calibration/Comparison with Theory» menyusini chaqiring.
- Burchakni graudirovka qilish uchun «Diffraction Angle» jadvalga linza L_3 ning fokus masofasini $f = +500 \text{ mm}$ kiriting. Zarur bo'ladigan burchakni nolga siljitish "Zero Point Corresponds to Maximum" belgisiga chertilganda, ko'rinuvchan difraksion tasvirning maksimumiga mos keladigan bo'lib avtomatik tarzda amalga oshadi. Pirovardida, difraksion burchak o'lchash uchun kalibrovka qilingandagina nazariya bilan taqqoslash imkoni bo'ladi.

Izoh: lazer nuri ZBAning yorug'likni sezuvchi qatlamiga kelib tushguncha bir necha linzadan va ZBA kanalini himoya qiluvchi shishadan o'tadi va bu esa har bir shisha obyektlarda nurning interferensiyalanishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun, interferension strukturalar hattoki difraksiyalanmagan lazer nurlanishida ham bo'lishi mumkin.

Tajribani bajarish

a) 3 xil qo'sh tirqishli diafragmada difraksiya ($g = 0,25 \text{ mm}$):

chertish yoki F4 bilan eski o'lchangan qiymatlarni o'chiring.

- $b=0,10$ kenglikdagi qo'sh tirqish uchun intensivlik taqsimotini $I(\alpha)$ qayd qiling. Buning yechun oldin (256 piksel) tugmaga chertiladi yoki F8 klavishaga bosiladi va polyarizasion filtni P optimal sozlanmasi tanlanadi. Difraksion tasvirlarni qayd qilish uchun, (2048 piksel) tugmani cherting yoki F9 klavishani bosish.

- tugma yoki F9 bilan o'lchashlarni to'xtatish.
- tugmaga chertib yoki F2 klavishani bosib natijalarni saqlang (o'zingizga maqbul fayl nomi bilan).
- yoki F4 bilan eski o'lchangan qiymatlarni o'chiring.

- O'lchashlarni $b=0,15 \text{ mm}$ ba $b=0,20 \text{ mm}$ bo'lgan qo'sh tirqishlar uchun takrorlang va har bir holat uchun natijalarniyangi fayl nomi bilan saqlang.

b) 4 xil qo'sh tirqishli diafragmada difraksiya ($g=0,20 \text{ mm}$):

- Eski o'lchangan qiymatlarni o'chiring.
- $g=0,25 \text{ mm}$ tirqishlar oralig'i uchun intensivlik taqsimotini $I(\alpha)$ qayd qiling.
- Natijani saqlang(o'zingizga maqbul fayl nomi bilan).

O'lchashlarni $g=0,50 \text{ mm}$, $g=0,75 \text{ mm}$ va $g=1,00 \text{ mm}$ bo'lgan qo'sh tirqishlar uchun takrorlang va har bir holat uchun natijalarni yangi fayl nomi bilan saqlang.

c) 5 xil ko'p sonli tirqishli diafragmada difraksiya ($b=0,20 \text{ mm}$ va $g=0,25 \text{ mm}$):

- Eski o'lchangan qiymatlarni o'chiring.
- $N = 2$ tirqish uchun intensivlik taqsimotini $I(\alpha)$ qayd qiling.
- Natijani saqlang (o'zingizga maqbul fayl nomi bilan).

O'lchashlarni $N=3, 4, 5$ va 40 uchun takrorlang va har bir holat uchun natijalarni yangi fayl nomi bilan saqlang.

O'lchash namunasi va baholash

a) 3 xil qo'sh tirqishli diafragmada difraksiya ($g=0,25 \text{ mm}$):

Rasm.3 da tirqishlar oraliqlari turli $b=0,10 \text{ mm}$, $0,15 \text{ mm}$ va $0,20 \text{ mm}$ bo'lgan 3 xil qo'sh tirqishli diafragmadan olingan difraksion tasvirlarning intensivlik taqsimotlari keltirilgan. Tirqish kengligi b ortgan sari intensivlik taqsimotidagi intensivlikning asosiy maksimumlari geometrik soya sohasi tomon siljiydi. Difraksion tasvirning yirik strukturasi (qobig'i) tirqish kengligiga b bo'lg'liq. Doimiy tirqishlar oralig'i g intensivlik taqsimotidagi doimiy "nozik struktura"da namoyon bo'ladi. Past keskinlikli ikkilamchi maksimumlar orasidagi masofa sezilarli darajada o'zgaradi.

Nisbiy baholash:

Hisoblangan intensivlik taqsimotini $I(\alpha)$ o'lchangan taqsimot bilan taqqoslash orqali tirqishning kengligini b aniqlash mumkin.

- Tirqishlar kengligi $b=0,1 \text{ mm}$ bo'lgan qo'sh tirqishdan intensivlik taqsimotini $I(a)$ modellashtirish uchun tugmani yoki F5 klavishani bosib, "Calibration/ Comparisonwith Theory" menyusini chaqiring(saqlangan o'lchashlar tugma yoki F3 klavisha orqali qayta yuklanishi mumkin).
- Intensivlik taqsimotini modellashtirishni bajarishdan oldin «Diffraction Angle» jadvalida "Zero Point Corresponds toMaximum" va "Background

at Minimum" avtomatik tuzatishni o'rnatish.

- Intensivlik taqsimotini tenglama (131) bo'yicha modellashtirishda lazerning to'lqin uzunligi λ ma'lum parametr sifatida kiritiladi. Linza L_3 ning effektiv fokus masofasi $f = +500 \text{ mm}$ ham ma'lum o'lchash miqdori hisoblanadi. Parametr sifatida kiritilishi mumkin bo'lgan maksimal amplituda $I(\alpha)$ joriy o'lchashlardan «Theory» jadvalidagi «Automatic Maximum» tugmasiga chertish orqali avtomatik tarzda aniqlanadi.

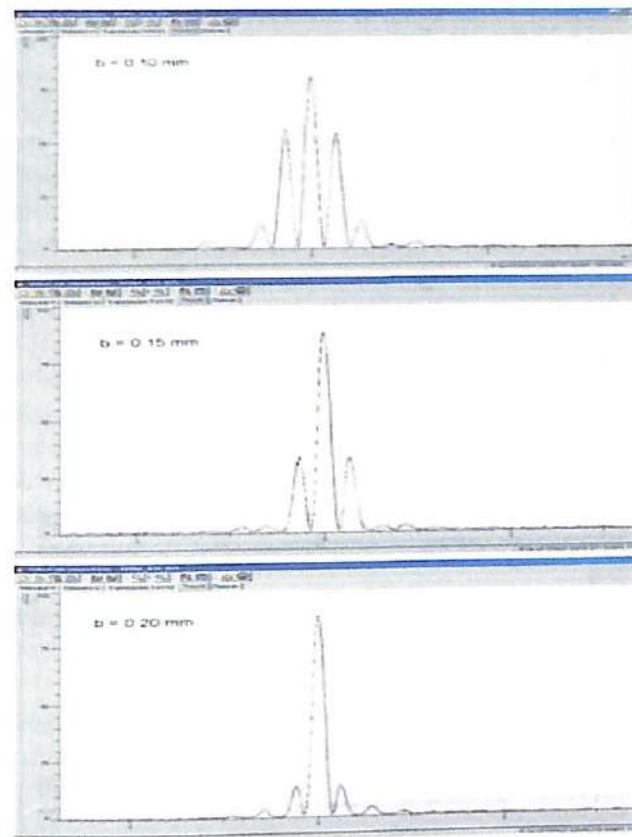
«Theory» jadvalidan «Grating» difraksion panjarani tanlang va tirqishlarning sonini N hamda tirqishlar orasidagi masofani g kiriting.

- Kiritilgan tirqishning kengligini modellashtirish uchun boshlang'ich qiymat deb qabul qiling.
- O'lchangan va hisoblangan intensivliklar egriliklari orasida yetarli darajada muvofiqlikga erishilmaguncha, tirqish kengligi b parametrini o'zgartirishni takrorlang.

Izoh: o'lchangan intensivlik taqsimotining nazariya bilan yaxshi muvofiq kelishi, difraksion obyektga faqat parallel nur tushgandagina ro'y beradi, ya'ni agar optik qurilma juda puxtalik bilan yustirovka qilingan bo'lsa.

92-rasmda modellashtirish vositasida hisoblangan intensivlik egriliklari bilan o'lchangan intensivlik taqsimotlari muvofiqkelishi namoyon qilingan. O'lchash aniqligi chegarasida bu yo'l orqali olingan tirqishning kengligi b , berilgan nominal qiymat bilan yaxshi mos keladi.

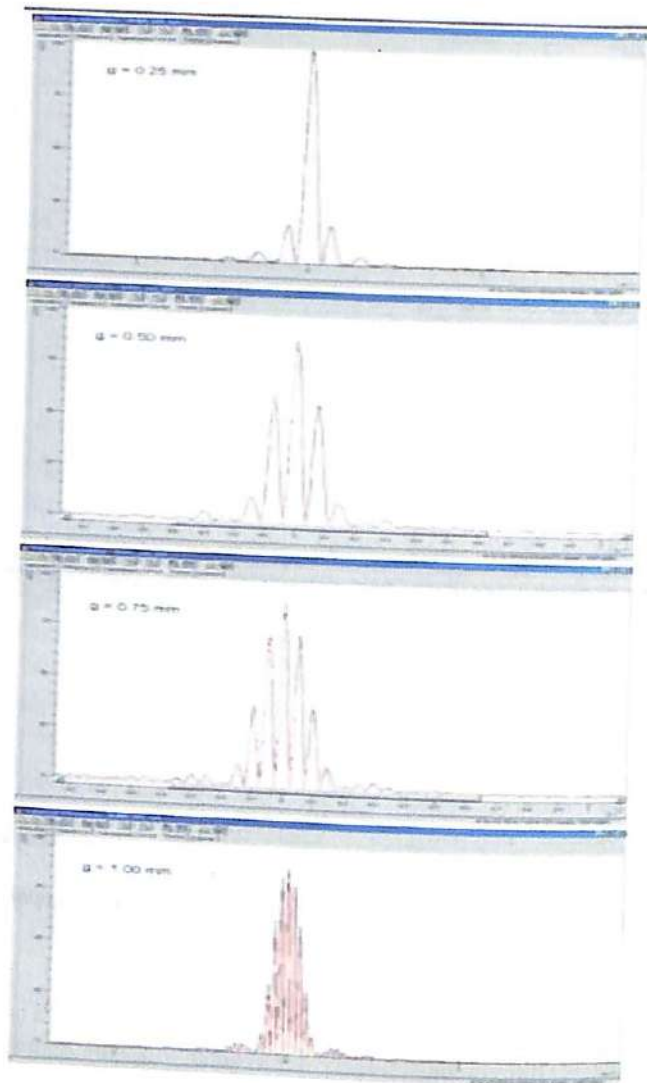
92-rasm. Qo'sh tirqishning ($N=2$) tirqishlar oralig'iga b (qora chiziq) bog'liq bog'liq difraksion tasvirlari. Qizil chiziqlar tenglama (131) bilan modellashtirishga mos keladi.



92-rasm. Qo'sh tirqishning ($N=2$) tirqishlar oralig'iga b (qora chiziq) bog'liq difraksion tasvirlari

b) 4 xil qo'sh tirqishli ($b = 0,20 \text{ mm}$) diafragma difraktsiya:

93-rasmda tirqishlarning turli oraliqlari $g=0,25 \text{ mm}$, $0,50 \text{ mm}$, $0,75 \text{ mm}$ va $1,00 \text{ mm}$ uchun intensivlikning taqsimotlari 4 xil qo'sh tirqishli diafragma uchun keltirilgan. Bunda a) tajribadan farqli, intensivlik taqsimotlaridagi yirik strukturaning (qobig') asosiy maksimumlari intensivligi o'zgarmaydi. Tirqishlar oralig'ining g o'zgarishi, intensivlikning ikkilamchi minimumlari orasidagi masofaning sezilarli o'zgarishiga olib keladi, ya'ni u difraksion tasvirning nozik strukturasini belgilaydi. Tirqishlar oralig'i g ni ortishi bilan, ikkilamchi maksimumlar bir-biriga yaqinlashadi.



93-rasm. Qo'sh tirqishning ($N=2$) tirqishlar oralig'iga g (qora chiziq) bog'liq difraksiya tasvirlari

Baholash:

O'lchangan intensivlik taqsimoti bilan hisoblangan taqsimotni (α) taqqoslash orqali tirqishlar oralig'i g ni aniqlash mumkin.

a) da bayon qilingan amal orqali tirqishlar oralig'i g ni o'zgaruvchan parametrlar qilib kiritib, intensivlikning taqsimotini modellashtirish. 93-rasmdan ko'rinish turibdiki, modellashtirish vositasida hisoblangan intensivlik egriliklari

intensivlikning o'lchangan taqsimoti bilan muvofiq kelgan. O'lchash aniqligi chegarasida bu yo'l bilan olingan tirqishlar oralig'i g berilgan nominal qiymat bilan yaxshi mos keladi.

93-rasm. Qo'sh tirqishning ($N=2$) tirqishlar oralig'iga g (qora chiziq) bog'liq difraksiya tasvirlari. Qizil chiziq tenglama (131) ga asosan modellashtirishga mos keladi.

94-rasmda tirqishlar soni $N=2, 3, 4$ va 5 bo'lgan ko'p sonli tirqishlar diafragmasi uchun difraksiya tasvirlarining intensivlik taqsimotlari keltirilgan.

Tirqish kengligi b va tirqishlar oralig'i g doimiy bo'lganda, intensivlik taqsimotida N ga mos ravishda, asosiy maksimum atrofiga $N-1$ ikkilamchi minimumlar va $N-2$ ikkilamchi maksimumlar namoyon bo'ladi. Asosiy maksimumning intensivligi N^2 ga proporsional tarzda ortadi. N ortib borgan sari, ikkilamchi maksimumlarning intensivligi kamayadi va asosiy maksimum yaqqolroq bo'lib boradi. Tirqishlar soni o'zgarganda, difraksiya tasvirdagi asosiy maksimumning o'rni o'zgarmaydi.

Baholash.

Hisoblangan intensivlik taqsimoti $I(\alpha)$ bilan o'lchangan intensivlik taqsimotini taqqoslash orqali tirqishning kengligini b va tirqishlarning oralig'ini g aniqlash mumkin.

– tirqish kengligi b ni va tirqishlar oralig'i g ni o'zgaruvchan parametrlar deb olib, a) da keltirilgan amal bo'yicha intensivlik taqsimotini modellashtirishni bajarish.

94-rasmdan ko'rinish turibdiki, modellashtirish vositasida hisoblangan intensivlik egriliklari o'lchangan intensivlik taqsimotlariga muvofiq kelgan. O'lchash aniqligi chegarasida bu usul bilan olingan tirqish kengligi b va tirqishlar oralig'i g nominal qiymatlar bilan yaxshi mos keladi.

Natijalar

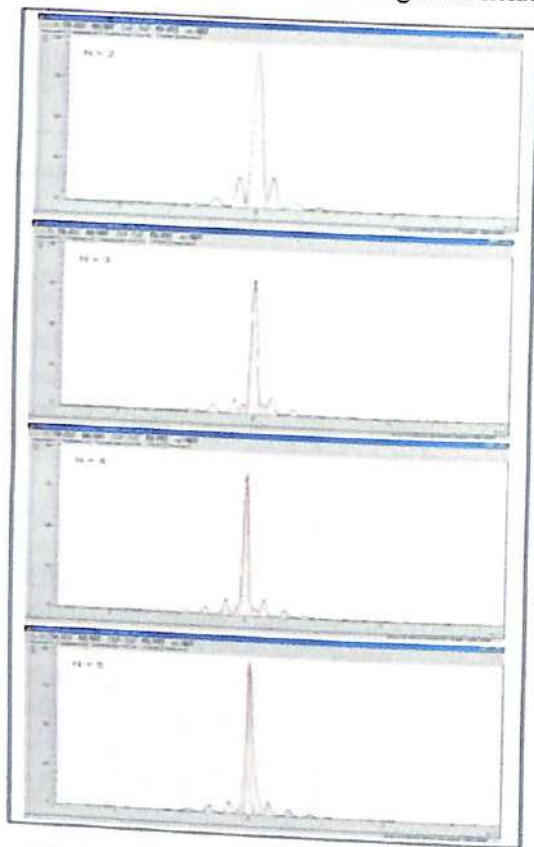
Kengligi b bo'lgan, bir xil masofada joylashgan N tirqishlardan o'tgan lazer nuridan difraksiya tasviri olinganda, intensivlik taqsimoti tenglama (131) orqali yaxshi muvofiqlikda ifodalanishi mumkin. Intensivlik taqsimoti tirqishning kengligi b ga, tirqishlarning oralig'i g ga va tirqishlarning soni N ga bog'liq. Tirqishlar soni kam bo'lganda, tirqishning kengligi b geometrik soya sohasiga kengayishni belgilaydi. Ikkilamchi minimumlarning soni tirqishlarning oralig'iga g bog'liq. Tirqishlarning soni N ortishi bilan asosiy maksimum yanada intensivroq bo'ladi; ikkilamchi maksimumlarning intensivligi esa sustlashadi.

Qo'shimcha ma'lumotlar

Qo'sh tirqish uchun bayon qilingan interferension hodisalar fizikaning boshqa bo'limlarida ham kuzatiladi; yerda ular ancha osonroq idrok qilinadi, masalan, suv sirtida qo'sh tirqish ortidagi to'lqinlar. To'lqin modeli fotoelektrik effektlarni va yorug'likning chiqishini talqin qilishdagi yorug'lik kvant gipotezasining zarur sharti hisoblanadi.

Kvant mexanikasida qo'sh tirqishdagi tajribalar muhim rol o'ynaydi. Ular zarrachalar interferensiyalangan to'lqinlar kabi harakatlanishini ko'rsatadi.

Elektromagnit to'lqinlar (yorug'lik) uchun elektr maydon amplitudasining kvadrati intensivlikni ifodalaydi. Modda zarrachalari holida modda to'lqin amplitudasining kvadrati lokalizatsiyani (to'lqin ehtimoliyati) ifodalaydi. 94-rasm. Difraksion tasvirning tirqishlar soniga bog'liqligi (qora chiziq). Qizil chiziq tenglama (131) ga asosan modellastirishga mos keladi.



94-rasm. Difraksion tasvirning tirqishlar soniga bog'liqligi (qora chiziq)

Optika

To'lqin optikasi

Nyuton xalqalari

O'tgan va qaytgan oq yorug'likda Nyuton xalqalari

Ishning maqsadi:

- O'tgan yorug'likdagi yorqin xalqalarni qaytgan nurdagi qoramtir xalqalar bilan qiyoslash
- Interferension tasvirlarning o'zaro bog'liqligini yuqoriroq optik zichlikli muhitdan qaytishda yuz beradigan fazalarning keskin o'zgarishi orqali tushuntirish
- Bu ikki interferension tasvirning kontrastini qiyoslash

Qisqacha nazariya

Suvdagi yupqa neft qatlamlaridagi juda yupqa sovun pardalaridagi va yupqa havo qatlamlaridagi rangli hodisalar yorug'lik to'lqinlarining interferensiyasi sababli yuzaga keladi. Bugungi kunda yupqa qatlamlardagi yorug'likning interferension hodisalaridan shisha sirtidan akslanishlarni kamaytirish maqsadida foydalaniladi.

Nyuton xalqalari bir-biriga juda yaqin bo'lgan ikkita sindiruvchi sirtlardan yorug'likning qaytishi va sinishi natijasida yuzaga keladi. Mazkur tajribada Nyuton xalqalari egrilik radiusi katta bo'lgan va juda sust qavariq tomoni yassi shisha plastina bilan tutashgan yassi qavariq linza orqali generatsiyalanadi. Agar bu birikma perpendikulyar tushayotgan parallel oq yorug'lik bilan yoritilsa, ikki sirt tutashgan nuqta atrofida rangli shakldagi konsentrik xalqalar hosil bo'ladi. Interferension xalqalarqaytgan yorug'likda ham, o'tgan yorug'likda ham kuzatiladi. interferension xalqalar orasidagi masofa doimiy emas, chunki bitta tutashuvchi sirt egik.

96-rasmda d qalinlikli ponasimon havo qatlami orqali interferensiyaning ikki shisha sirtida yuzaga kelishi tasvirlangan: yorug'lik to'lqini W chap tarafdin linza L chegaraviy sirtiga tushadi va qisman qaytadi T₁. Qaytmagan qismi esa ponasimon havo qatlamidan T₂ o'tib, shisha plastina sirtidan qaytadi.

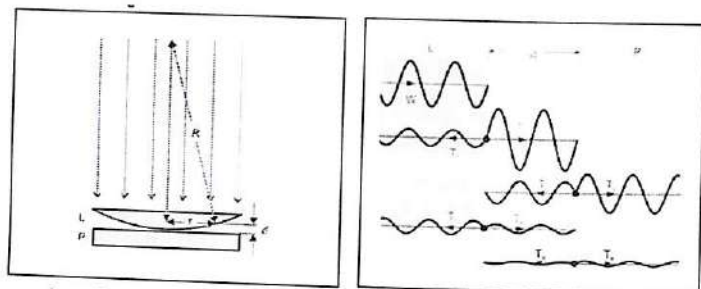
95-rasm. Yassi shisha plastina bilan egrilik radiusi katta bo'lgan yassi-qavariq linzaning sxematik tasviri.

P: shisha plastina

L: yassi-qavariq linza

R: egrilik radiusi

r: shisha plastina bilan linzaning tutashgan nuqtasigacha masofa



95-96-rasmlar. Ponasimon havo qatlamida interferensiyani tushuntirish sxemasi, L: yassi-qavariq linza, P: shisha plastina, L va P oraliqda yorug'lik nurining qaytishi va uzatilishi natijasida yuzaga keluvchi T_1 T_3 to'lqin qismlari, d: linzaning shisha sirti bilan shisha plastina orasidagi masofasi

Asboblari va uskunalari

1 Nyuton xalqalari uchun shisha plastina	471 111
2 nur sochgichlar	471 88
2 hoshiyali linza $f = +200$ mm	460 04
1 pretseziyon optik stol, 1 m	460 32
5 naezdniklar, $H = 60$ mm/ $B = 36$ mm	460 353
1 naezdnik, $H = 60$ mm/ $B = 50$ mm	460 351
1 konsol richag 100	460 356
1 xona galogen lampasi 12 V, 50/90 W	450 64
1 cho'g'lanma lampasi 12 V/90 W, G6.35	450 63
1 transformator 2 ... 12 V	521 25
2 Biriktiruvchi sim, 100 cm, qora	501 33

P oraliqdan qaytish yuqoriroq optik zichlikli muhitda yuz berganligi sababli, qisman qaytgan to'lqin T_3 T_1 to'lqindan farqli, fazaning sakrab o'zgarishiga duchor bo'ladi. (mos keluvchi qaytgan to'lqin arqonning mahkamlangan oxirida) Qaytmagan qism katta optik zichlikka ega bo'lgan shisha plastina orqali T_2 to'lqin sifatida o'tadi. T_3 to'lqin esa L linzaga qaytadi va linzada fazasi sakrab o'zgarishi bilan T_4 to'lqin sifatida yana qaytadi. Qaytmagan qismi esa yuqoriroq optik zichlikka ega bo'lgan yana shisha plastina orqali, fazasi sakrab o'zgarishidan o'tadi. Keyinchalik T_5 bilan belgilangan to'lqin qismlari ko'p marotaba qaytishlar orqali yuzaga keladi. Qaytgan yorug'likda interferensiya qisman to'lqinlar T_1 va T_3 da kuzatiladi. T_1 bilan T_3 orasidagi yo'llar farqi

$$d_R = 2 \cdot d + \frac{\lambda}{2} \quad (132)$$

va qaytish hamda sinish orqali shakllangan interferentsiyasvir, qora markaz atrofidagi konsentrik qoramtir xalqalardantashkil topadi, Destruktiv

interferensiya yuzaga kelish sharti, agar yo'llar farqi λ to'lqin uzunligining yarmiga karrali bo'lsa bajariladi.

$$(2 \cdot k - 1) \cdot \frac{\lambda}{2} = 2 \cdot d + \frac{\lambda}{2} \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

Yoki

$$d = (k - 1) \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (133)$$

O'tgan yorug'likda T_2 bilan T_4 to'lqinlarda interferensiya kuzatiladi. T_2 bilan T_4 orasidagi yo'llar farqi dT

$$dT = 2 \cdot d + 2 \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (134)$$

Agar o'tgan yorug'likda Nyuton xalqalari kuzatilsa, interferentsion manzara qaytgan nurning interferentsiyasiga qo'shiladi. O'tgan yorug'likning doiralari to'plami ravshanroq. Shuning uchun qora xalqalarning o'rniga yorqin xalqalar o'lchanadi. Yuqoriroq optik zichlikka ega bo'lgan muhitda ikki marta qaytgan to'lqin qismi T_4 , T_1 ning ikki faza sakrashini boshdan kechiradi va shunday qilib T_4 bilan T_2 ustma-ust tushganda, T_2 original to'lqinlar seriyasi bilan fazasi mos keladi. Konstruktiv interferentsiyaning yuzaga kelish sharti, dT yo'llar farqi λ to'lqin uzunligiga karrali bo'lsa, bajariladi.

$$k \cdot \lambda = 2 \cdot d + 2 \cdot \frac{\lambda}{2} \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

yoki

$$d = (k - 1) \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (135)$$

Bu shart qaytgan yorug'likda destruktiv interferensiya uchun shartga (133) aynan mos keladi. Shuning uchun kuzatilayotgan interferentsion manzaralar qo'shimchadir.

96-rasm. bo'yicha T_1 va T_3 to'lqin qismlarining amplitudalari deyarli teng, chunki ikkala to'lqin qismlari ham bitta qaytish bilan generatsiyalangan. T_4 to'lqin ikkita qaytish orqali generatsiyalangan, shu sababli u qaytishsiz generatsiyalangan T_2 ga nisbatan ancha sust. Shuning uchun, kontrast, ya'ni yorqin xalqalar bilan qoramtir xalqalar intensivliklari orasidagi nisbiy farq qaytgan yorug'lik holidagidan o'tgan yorug'lik holidan ancha sust. 96-rasmga ko'ra, (133) va (135) dagi d qalinlik qavariq linza bilan shisha plastina orasidagi tutashuv nuqtasi r masofasiga va qavariq linzaning egrilik radiusiga R bog'liq. d qalinlikning kichik qiymatlari uchun biz quyidagiga ega bo'lamiz.

Qo'shni Nyuton xalqalarining diametrlari

$$d = \frac{r^2}{2R} \quad (136)$$

Qo'shni Nyuton xalqalarining diametrlari

$$D_k = 2 \cdot r \cdot k$$

uchun (133) yoki (135) dan, mos ravishda (136) dan ham quyidagi munosabat o'rtacha to'liq uzunligi diametrlarni o'lchash orqali aniqlanishi mumkin.

$$D_{k+1}^2 - D_k^2 = 4 \cdot R \cdot \lambda \quad (137)$$

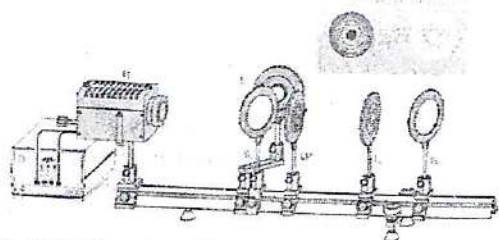
Shunday qilib, agar linzaning egrilik radiusi R ma'lum bo'lsa, oq yorug'likning o'rtacha to'liq uzunligi diametrlarni o'lchash orqali aniqlanishi mumkin.

Tajriba qurilmasi

Izoh: Agar Nyuton xalqalari uchun shisha plastinaga ta'sir qilayotgan bosim juda yuqori yoki asimmetrik bo'lsa, shisha plastinalar doimiy deformasiyalanishi yoki shikastlanishi mumkin. Nyuton xalqalari uchun shisha plastinalarni sozlashda qo'llaniladigan o'yiqli vintlarni burishda juda ehtiyot bo'ling.

Tajriba qurilmasi 97-rasmda tasvirlangan. Ikkita S_1 va S_2 nurni ajratgichlar yordamida, Nyuton xalqalari qo'shni devorga proyeksiyalanadi. Bu esa interferension hodisalarni bir vaqtda kuzatishga va shu bilan ularni bir - biri bilan taqqoslashga imkon beradi.

- Optik kursini devordan taxminan 2,0 m masofada parallel qilib o'rnatish.
- 97-rasmda keltirilganidek, galogen lampasi H optik kursiga joylashtiring.
- S_1 nur ajratgichni galogen lampadan 30 sm masofada optik kursiga joylashtiring va uni 45° burchak ostida to'g'irlang.
- Galogen lampasi H yoqing va uni nur ajratgichga yo'naltiring.
- 97-rasmda keltirilganidek, nayechnik va konsoldan foydalanib, linzani L_1 bevosita nur ajratgich S_2 oldiga joylashtiring.



97-rasm. O'tgan va qaytgan yorug'likda Nyuton xalqalarini bir vaqtda kuzatish uchun tajriba qurilmasi

H : galogen lamp

LP yassi-qavariq linza va shisha plastina

S_1, S_2 nur ajratgichlar

L_1, L_2 xalqalarni shakllantirish uchun linzalar

- Nyuton xalqalari uchun shisha plastinalarni optik kursiga S_1 nur ajratgichdan taxminan 16 sm masofada joylashtiring (plastinadan masshtab S_1 nur ajratgich yo'nalishida ko'rsatilishi kerak).
- Nyuton xalqalari uchun shisha plastinalarni nayechnikni nurajratgich tomon, to L_1 linza orqali devorda xalqasimon tasvir paydo bo'lmaguncha siljiting.
- Buning uchun oldin Nyuton xalqalari uchun shisha plastinalarni o'yiqli vintni bo'shating va keyin ehtiyotkorlik bilan qotiring.
- a) shisha plastinalar tutashadi (ya'ni hali huyech qanday interferension xalqalar markazdan chiqmaydi va qaytgan yorug'likning eng ichki halqasi qoramtir bo'ladi.)
- b) xalqasimon sistema aynan masshtabning markazida joylashadi (Xalqasimon sistema doimo aylanayotgan vint yo'nalishida siljiydi
- Agar zarur bo'lsa, L_1 linzani to xalqasimon tasvirning devordagi obrazi keskin bo'lmaguncha siljiting.
- L_1 linzani Nyuton xalqalari uchun shisha plastinalarni nayechnikdan taxminan 20 sm masofada joylashtiring.
- S_2 nur ajratgichni optik kursiga Nyuton xalqalari uchun shisha plastinadan taxminan 35 sm masofada joylashtiring.
- Nur ajratgichni optik o'qqa nisbatan 45° burchak ostidashunday to'g'irlangki, lampa yorug'ligi qaytgan yorug'likinterferension manzarasi oldida sezilsin.
- L_1 linzani S_2 nur ajratgich tomon to o'tgan yorug'likning xalqasimon tasvir obrazi (va masshtabi) keskin bo'lmaguncha siljiting.

Tajribani o'tkazish

- Interferension hodisalarni kuzatish va yorqin hamda qoramtir xalqalar ketma-ketligiga nisbatan, o'tgan va qaytgan yorug'likning konsentrik xalqalari obrazini taqqoslang.
- Proyeksiyalangan masshtab orqali markazning yorqin va qoramtir diametrini o'lchang.
- Proyeksiyalangan masshtab orqali xalqalarining yorqin va qoramtir diametrini o'lchang.
- Bu ikki interferension manzaraning kontrastini taqqoslang

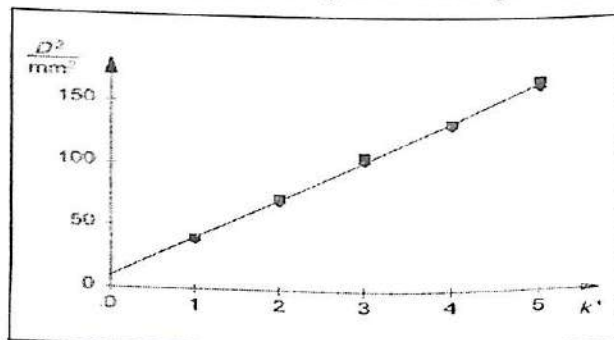
Tajriba namunasi

O'tgan yorug'likda kuzatilgan interferensiyalar manzari: past kontrast Markazi qora va atrofiga konsentrik qoramtir xalqalar. Xalqalarning chegaralari bo'yalgan. Qaytgan yorug'likda kuzatilgan interferensiyalar manzari: yuqori kontrast markazi yorqin va yorqin konsentrik xalqalar bilan o'ralgan. Xalqalar chegaralari bo'yalgan.

39-jadval. Mos ravishda qaytgan yorug'lik uchun maksimum intensivlikning yoki o'tgan yorug'lik uchun minimum intensivlikning xalqasimon diametri D .

	$\frac{D_k^1}{mm}$	
	Qaytish	O'tish
Markaz	3.2	3.3
xalqa 1	6.2	6.3
xalqa 2	8.4	8.6
xalqa 3	10.2	10.4
xalqa 4	11.5	11.6
xalqa 5	12.8	13.0

Radius ortgan sari qo'shni xalqalar orasidagi masofa kamayib boradi.



98-rasm. Xalqasimon diametrning kvadrati interferensiyalar xalqa indeksiga nisbatan chizilgan
 • qaytgan yorug'lik, • o'tgan yorug'lik

Hisoblashlar

39-jadval, bo'yicha qaytgan va o'tgan yorug'likda kuzatilgan bu ikkita interferensiyalar manzaralarining markazlari va xalqa diametrlari teng. 98-rasmda diametrlar kvadratlari D_k^2 bilan xalqalar indekslari K orasidagi munosabat keltirilgan. $a = 31,6 \text{ mm}^2$ uchun to'g'ri chiziqli og'masida (137) oqali quyidagiga ega bo'lamiz:

$$a = D^2 k + 1 - D^2 k = 4 \cdot R \cdot \lambda$$

Egrilik radiusi R Nyuton xalqalari uchun shisha plastinalar instruksiyasida berilgan. $R = 12,144 \text{ m}$ ga teng. Undan $\lambda = 650 \text{ nm}$ olinib, diametrlar o'lchash uchun qizg'ish chetlardan foydalanilgani fakti bilan mos keladi.

Xulosalar: O'tgan va qaytgan yorug'liklardagi Nyuton xalqalari bir-birini to'ldiradi. O'zaro bog'liqlik yuqoriroq optik zichlikli muhitda T_1 fazaning sakrab o'zgarishi orqali amalga oshadigan $\lambda/2$ qo'shimcha yo'l tufayli kelib chiqadi. O'tgan yorug'likda yorqin va qoramtir orasidagi kontrast qaytgan yorug'likdagiga nisbatan ancha sust.

Qo'shimcha ma'lumotlar

Interferensiyalar manzarada qora markazning yuzaga kelishi yuqoriroq optik zich muhitdan qaytib, fazasi $\lambda/2$ sakrab duchor bo'lgan yorug'likning bevosita isbotidir. $d \ll \lambda$ qalinlik uchun yo'l farqi – faza sakrab o'zgarmaydi – nol bo'ladi, interferensiya qorog'ulikka emas, balki maksimal yorqinlikka olib kelishi kerak. Faqat $\lambda/2$ ni inobatga olish orqaligina tajriba natijasi tushuntirilishi mumkin.

Ammo, T. Yung ko'rsatganidek, agar Nyuton xalqalarini gencrasiyalash uchun linza kronglasdan va plastina flintglasdan tayyorlangan va shisha plastina bilan yassi -qavariq linza oralig'idagi joy havo o'rniga xitoy nefti bilan to'ldirilgan bo'lsa, qaytgan yorug'likda markazda yorqin dog' kuzatiladi. Neftning sindirish ko'rsatgichi kronglas bilan flintglasning sindirish ko'rsatgichlari orasida yotgani uchun, qaytish yuqoriroq optik zichlikli muhitdan yuqorida va juda yupqa qatlamlar $\ll \lambda$ uchun pastda ro'y beradi. Qaytgan yorug'lik holida intensivlikning maksimumi markazda yuzaga keladi.

Optika

To'qin optikasi

Maykelson interferometri

Maykelson interferometridan foydalanib geliy-neonli lazer yorug'ligining to'lqin uzunligini aniqlash

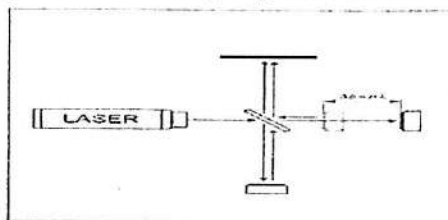
Ishning maqsadi:

- Maykelson interferometrini yig'ish va interferensiyalar manzarani kuzatish

Qisqacha nazariya

Interferometriya nihoyatda aniq va sezgir o'lchash metodi hisoblanadi, masalan uzunlikning o'zgarishini, zichlik darajasini, sindirish ko'rsatgichlarini va to'lqin uzunligini. Maykelson interferometri ikki nurli interferometrlar oilasiga mansub. Uning ishlashi quyidagicha: Talabga javob beradigan manbadan kelayotgan koherent yorug'lik nuri optik komponentda ikki qismga ajraladi. Nurning bu qismlari turli yo'llardan harakatlanadi, bir-biridan qaytib, boshqa optik komponentga yo'naladi va ular bu yerda ustma-ust tushib bir-biri bilan

birikadi. Natijada interferension manzara yuzaga keladi. Agar bu nurlar birining yo'li uzunligi, ya'ni sindirish ko'rsatgichi va geometrik yo'l natijasida o'zgarsa, bu o'zgarmagan nurga nisbatan faza siljishiga olib keladi.



Bu esa o'z navbatida interferension manzaraning o'zgarishiga olib kelib, uo'qali, agar boshqa miqdorlar doimiy qolsa, sindirish ko'rsatgichining yoki optik yo'lining harqanday o'zgarishi haqida xulosa qilish imkoni bo'ladi.

Demak, sindirish ko'rsatgichi doimiy qolsa, biz geometrik yo'ldagi farqni aniqlashimiz, masalan issiqlik yoki elektr yoki magnit maydonlari sababli materiallar o'lchamining o'zgarishini aniqlashimiz mumkin. Boshqa tarafdin, agar

Geometrik yo'l doimiy qolsa, sindirish ko'rsatgichini, hamda sindirish ko'rsatgichiga ta'sir qiladigan bosim, temperature yoki zichlikning o'zgarishi kabilarning miqdorini va ta'sirini aniqlashimiz mumkin.

Lazer nurining to'liq uzunligini o'lchash uchun bitta yassi ko'zgu noziksozlash mexanizmidan foydalanib siljiriladi; Bu o'zgartirish mosurning optik yo'lini o'zgartiradi. Bunday siljitish davomida interferension chiziqlarning siljishi yarim shaffof ekranda kuzatiladi. Bu hodisani baholash uchun, yassi ko'zgu siljiganda, kuzatish ekranidagi qo'zg'almas nuqtadan o'tayotgan maksimumlarni yoki minimumlarni hisoblashimiz mumkin.

Asboblari va uskunalari

1 lazer optik tayanch plita	473 40
1 He-Ne lazer, chiziqli qutblangan	471 840
1 lazerni tutib turgich	473 41
5 optik asos	473 42
1 nur bo'lgich	mas. 473 432
1. nur bo'lgich uchun tutqich	473 43
2 yassi ko'zgu nozik sozlagich bilan	473 46
1 sferik linza, $f = 2.7 \text{ mm}$	473 47
1 nozik sozlash mexanizmi	473 48
1 yarim shaffof ekran	441 53
1 egarli asos	300 11
1 yog'och lineyka	311 0

Ehtiyotkorlik choralari

Geliy-neonli lazer "O'rganish va o'quv qurilmalari uchun texnika xavfsizligi bo'yicha talablar - Lazer, DIN 58126,6 bo'lim" 2 sinf lazerlari uchun nemis texnik standartlariga mos keladi. Instruksiyada keltirilgan xavfsizlik qoidalariga rioya qilinganda, geliy-neonli lazer bilan tajriba o'tkazish xavfli emas.

- To'g'ri yoki akslangan lazer nuriga aslo qaramang.
- Yorug'likning ravshanlik chegarasini oshiraman (ya'ni, hech qaysi kuzatuvchi ko'zining qamashganligini sezmasligi kerak)

Tajriba qurilmasi

Izoh: Sirti shikastlangan yoki iflos optik elementlar interferension tasvirning buzilishiga sababchi bo'lishi mumkin. Yassi ko'zgu dastasini, nur ajratgichni va sferik linzani ehtiyotkorlik bilan changlardan saqlang va yalang'och qo'llaringiz bilan ularga tegmang.

101-rasmda lazer optik tayanch plitadagi Maykelson interferometri qurilmasi tasvirlangan. Tajribani to'g'ri o'tkazish uchun quyidagilarni bajarish kerak

Lazer optik tayanch plita va lazer:

- Havo yostig'ini damlang.
- Havo yostig'i bilan lazer optik tayanch plitani (a) gorizontalar tarzda mustahkam laboratoriya stoliga joylashtiring.
- Lazerni tutib turgichga o'rnatib va uni tayanch plitaning chap chetiga joylashtiring.
- Lazerni tarmoqqa ulang va uni qo'shing.
- Lazerni tutib turgichdagi regulirovka vintlarining uchta qotiruvchi gaykalarini bo'shating. Regulirovka vintlaridan foydalanib, lazerning balandligini va qiyaligini shunday sozlangki, nur tayanch plitadan yuqorida 75 mm atrofida mutloq gorizontalar tarzda o'tsin (keyingi korrektilirovkalar uchun yetarli joy bor). Masofani lineyka bilan o'lchang.
- Kontrgaykalarni qotiring.

Nurni bo'lgich:

Qaytgan va o'tgan nurlar bir xil intensivlikka ega bo'lishi kerak. O'zgaradigan nur bo'lgichdan (473435) foydalanilganda, lazer nuri nur bo'lgichning markaziga u yoki bu darajada tushayotganiga ishonch hosil qiling.

- Oldin nur bo'lgich (b) lazer nurini gorizontalar bo'yicha qaytarayotganiga amin bo'ling. Buning uchun optik bazalinur bo'lgichni lazer optik tayanch plitaning qarama-qarshi tomoniga joylashtiring va lazer nuri lazer nurlanishining tuynugi yonidagi nuqtaga qaytsin.
- Zarur bo'lsa, sterjendagi ikkita regulirovka vintlari yordamida nur bo'lgich

qiyaligini va shu bilan nur yo'linito'g'irlang.

- Nihoyat, 101-rasmda keltirilganidek, nur bo'lgichni nuryo'liga 45° burchak ostida qo'ying, Nur bo'lgichning qisman shaffof qatlami lazer tarafda bo'lishi kerak.

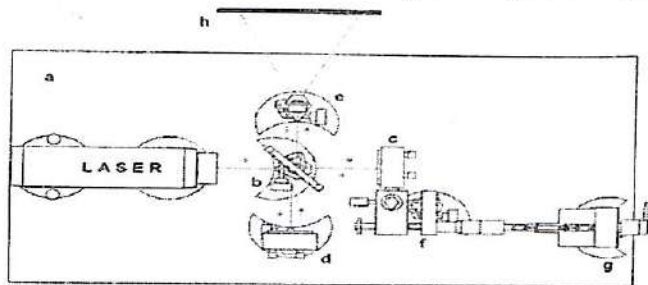
Yassi ko'zgular va nozik sozlash mexanizmi:

Eslatmalar: Qurilmani bir oz qorong'ulashtirilgan xonada sozlash oson.

Asosiy nurlardan tashqari, ko'p marotaba qaytishlar ham past intensivlikli parazit parsial dastalar deb ataluvchi nurlarni keltirib chiqaradi. Ular linza tutgichiga tushib, keyingi korrektirovkani bekor qilinishiga olib kelishi mumkin.

Nur bo'lgichdan qaytgan nur bevosita lazer nurlanishi aperturasiga tushsa, lazer nurining sifati yomonlashadi.

- Yassi ko'zguni (c) nozik sozlash mexanizmining (f) yon tomoniga qotiring, shundan so'ng nozik sozlash mexanizmini optik asosga o'rming.



101-rasm. Lazer optik tayanch plitadagi Maykelson interferometri qurilmasi, bitta yassi ko'zgu uchun nozik sozlash mexanizmi bilan, yuqoridan ko'rinishi

a) lazer optik tayanch plita, b) nur bo'lgichning tayanch plitasi, c, d) yassi ko'zgu nozik sozlash bilan, e) sferik linza, f) nozik sozlash mexanizmi, g) nozik sozlash mexanizmi uchun reduktor, h) yarim shaffof ekran.

- 101-rasmda keltirilganidek optik asosni nozik sozlash mexanizmi bilan shunday moslashtiringki, component turg'un tursin. Yassi ko'zguni (s) va nozik sozlash mexanizmini (f) lazer optik asos plitaga (a) lazer yassiko'zguning markaziga tushadigan qilib joylashtiring.
- Ko'zguning tekisligi siljitish yo'nalishi bo'yicha tik ckanligiga, ko'zgu siljatilganda lazer nuri bir nuqtada qolishiga amin bo'ling.
- Lazer optik tayanch plitada optik bazasini burish va orqa paneldagi sozlash vintlari bilan manipulyasiya qilish orqali yassi ko'zguni shunday moslangki, nur bo'lgichdan o'tgan nur amalda o'ziga qaytsin va lazer nurlanishining aperturasidan bir oz yuqori nuqtaga tushsin.
- Optik bazali reduktor uchun taglikni bevosita nozik sozlash mexanizmining orqasiga joylashtiring.
- Nozik sozlash mexanizmining reduktorini (g) reduktor uchun taglikka magnit

polosadan foydalanib mahkamlang.

- Qo'sh kardan muftani chtiyotkorlik bilan nozik sozlash mexanizmi (f) mikrometrining birgalikdagi vinti kallagiga qising.
- Reduktor optik asosni siljiting (g) va reduktor uchuntalikning balandligini biriktiruvchi sterjen to'liqchiqadigan ham to'liq chiqmaydigan ham qilib sozlang, aks holda o'lchashlar keyinchalik nozik sozlash mexanizmi siljishi bilan soxtalashishi mumkin.
- Kardan muftaning alohida segmentlari burchagini ilojiboricha kichik qilib (45° dan katta emas) saqlang. Yassi ko'zguning (c) to'g'riligini tekshiring va zarur bo'lsa qayta sozlang.
- Asosga yarim shaffof ekranni (h) mag'kamlang va uni 101-rasmda keltirilganidek, lazer optik tayanch plitaning orqasiga lazer nuri markaziga tushadigan qilib joylashtiring.
- Nur bo'lgichdan (b) qaytgan nur qismi uchun yassi ko'zguning (d) o'rni 101-rasmda keltirilgan; uning o'rni yassi ko'zgu sifatidagi nur bo'lgichdan (c) qancha ekaligini biling.
- Lazer optikasining tayanch plitasida optika bazasini buribva vintlarni sozlab, yassi ko'zguni shunday moslangki, nurning bu qismi amalda o'ziga qaytsin va nurbo'lgichdan o'tgandan so'ng birinchi nur qismi bilan qo'shilsin.

Sferik linzalar:

- Sferik linzani (c) lazer optik tayanch plitada nur bo'lgich bilan yarim shaffof ekran orasiga nurni kengaytirish uchun o'rnatish (linzani tutib turgichdagi uncha katta bo'lmagan teshik nur bo'lgich tarafga qaragan bo'lishi kerak).
- Sferik linzani balandligini va yon tomonlama o'rni shunday sozlangki, ikki nur qismlari u orqali o'q yo'nalishida o'tsin.

Nozik sozlash:

Agar siz yarim shaffof ekranda chiziqlar tasvirini hali ham ko'rmasangiz:

- Nur bo'lgichni yoki yassi linzalarni sal o'zgartirib to'g'irlang; zarur bo'lsa sferik linzani qayta sozlang. Nur qismlari nur bo'lgich bilan ekran orasida qanchalik ko'proq parallel harakatlansa, interferension chiziqlar shunchalik keng va bir-biridan yiroq bo'ladi.
- Nur bo'lgich yoki yassi ko'zgularni sal o'zgartirib to'g'irlash orqali interferension tasvirini osongini sezish mumkin bo'lguncha sozlang.

Agar siz nozik sozlash orqali qoniqarli tasvirga erisha olmasangiz, interferometri sozlash tartibini boshidan takrorlang.

Lazer 1 mVt chiqish quvvatiga ulanganda, interferension manzara ancha ravshanroq va uni kuzatish oson. Bunday ulash nur yo'lini bir oz o'zgartiradi, shu sababli siz nur yo'lga yoki sferik linza o'rniga tuzatish kiritishingiz lozim bo'lishi mumkin.

Tajribani o'tkazish

Tajriba davomida:

- Lazer optikasi tayanch plitasiga mexanik zarbalardan chtiyot bo'ling (masalan stolni silkitmang va urmang).
- Qurilmada havo oqimlariga yo'l qo'ymang, masalan nafas olish yoki yelvizaklar.
- Yarim shaffof ekranda (h) interferension chiziqlarni sanash mumkin bo'lgan, intensivliklar maksimumlarining o'rnini belgilang.
- Reduktor dastasiga yengilgina qo'lingizni qo'yib, reduktorni to chiziqlar harakatlanishni boshlamaguncha, sekin va bir tekis aylantiring (sizga bir necha aylantirish talab qilinishi mumkin).
- Shundan so'ng, reduktorni kamida yana bir marta to'liq aylantiring.

Reduktni aylantirishni davom eting va shu bilan birgalikda interferension chiziqlarning belgidan o'tishini va reduktor aylanishlar sonini qayd qiling.

Eslatma: agar yassi ko'zguning harakati, shu jumladan interferension tasvirning harakati "sapchish" bilan amalga oshsa, nozik sozlash mexanizmining sirpanish vtulkasini moylang.

Tajriba namunasi

40-jadval. Intensivlikning sanalgan maksimumlari soni Z , reduktoraylanishlar sonining N funksiyasi sifatida

N	Z
1	16 ± 1
2	32 ± 1

Baholash va xulosa

Reduktor aylanishlar soni N , yassi ko'zguning umumiy siljishi ds , lazer nurlanishining to'lqin uzunligi λ va intensivliklarning sanalgan maksimumlari orasidagi munosabat quyidagicha bog'langan:

$$ds = 5 \mu k \cdot N \quad \text{bilan} \quad Z \lambda = 2 ds \quad (138)$$

Bu tenglamadagi 2 soni shundan kelib chiqadiki, chunki geometrik yo'lning o'zgarishi ds kelayotgan nur uchun ham va qaytgan nur uchun ham taaluqli.

Shunday qilib biz tenglamadan λ ni aniqlashimiz mumkin:

$\frac{ds}{\mu m}$	$\frac{\lambda}{nm}$
5	626 ± 39
10	625 ± 20

41-jadvalda to'lqin uzunligi λ uchun natijalar bor. Xatolik doirasida u adabiyotlarda geliy-neonli lazer qizil nuri uchun keltirilgan qiymat bilan $\lambda =$

632,8 nm mos keladi. λ uchun o'lchash aniqligi yaxshiroq, umumiy siljish ds uchun esa juda yaxshi.

Optika

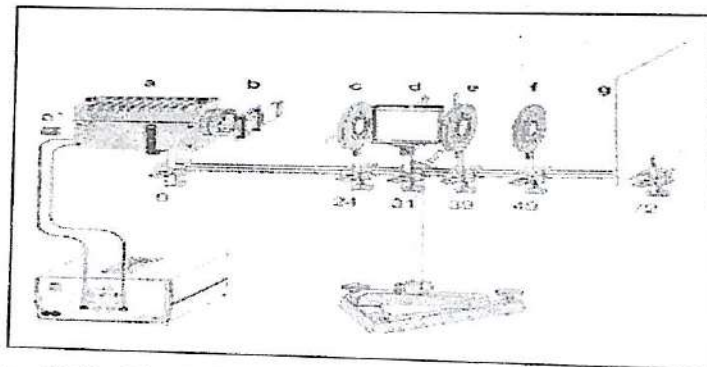
Qutblanish

Optik aktivlik, polyarimetriya

Qutblanish tekisligini shakar eritmasi bilan burish

Ishning maqsadi:

- Qutblanish tekisligining konsentrlangan shakarli eritmada burilishini bir-biriga ko'ndalang o'rnatilgan ikki polyarizator bilan kuzatish.
- Uchta turli yorug'lik ranglari uchun burish burchagini aniqlash.



102-rasm. Qutblanish tekisligini shakar eritmasi bilan burilishini kuzatish uchun tajriba qurilmasi) Galogen lampa korpusi, b) Yorug'lik filtri (tasvir siljitgichda), c) Polyarizator, d) Shakar eritmasi, e) Analizator, f) Linza, g) Kuzatish ekran

Qisqacha nazariya

Optik aktivlik bir qator moddalar uchun xos bo'lib, bu moddalardan chiziqli qutblangan yorug'lik o'tganda qutblanish tekisligi buriladi. Bunday hodisa ba'zi critmalarda ham yuz beradi. Ergan moddaning molekulyar strukturasi yorug'likning o'ng aylanishli va chap aylanishli qutblanishiga olib kelib, ular eritmada turli fazaviy tezlikda harakatlanadi. Eritmaga tushayotgan chiziqli qutblangan yorug'lik o'ng va chap aylanishli qutblangan to'lqin qismlariga ajralishi mumkin. To'lqinning ikki qismlari turli fazaviy tezlikda tarqalib, bosib o'tgan masofasiga proporsional bo'lgan fazalar farqini keltirib chiqaradi. To'lqinning ikki qismi bu masofani bosib o'tganidan so'ng, superpozitsiya natijasida yo'nalishi asl to'lqinga nisbatan burilgan chiziqli qutblangan to'lqinga aylanadi.

Burilish burchagi molekulyar strukturaga, eritmada yorug'lik yo'li davomligidagi erigan modda konsentratsiyasiga va yorug'likning to'lqin

uzunligiga bog'liq. Kuzatuvchi yorug'lik nuri tarqalishi yo'nalishiga qarama-qarshi qaraganida, yorug'likning qutblanish tekisligi soat strelkasi bo'yicha burilsa (o'ng aylanish) unga musbat qiymat beriladi. Aksincha, soat strelkasiga teskari aylanishni chap aylanish deb atashadi va unga manfiy qiymat beriladi. Asosan har qanday optik aktiv moddada o'ng aylanishli va chap aylanishli modifikatsiyalar bo'lishi mumkin. Bu ikki modifikatsiyaning mo'ayyan aylantirish qiymati bir-biriga teng va qarama-qarshi ishoraga ega. Ikkala modifikatsiyaning aralashmasi burish burchagini kamaytiradi. Ikkala modifikatsiya teng proporsiyada bo'lgan aralashma resmat deb ataladi.

Tajribada qutblanish tekisligining burilishi bir-biriga ko'ndalang o'rnatilgan ikkita polarizatorida kuzatiladi. Konsentrlangan eritma D(+) - suvdagi saxaroza optik aktiv modda sifatida qo'llaniladi. D(+) belgi qutblanish tekisligini modda o'ng tomonga aylantirishini anglatadi.

Asboblari va uskunalari

1 D(+)-saxaroza, 100 g	674 605
1 galogen lampa , 12 V/100 Vt	450 63
1 galogen lampa korpusi 12 V, 50/100 Vt	450 64
1 galogen lampa korpusi uchun tasvir siljtgich	450 66
1 yorug'lik filtri, qizil	468 03
1 yorug'lik filtri, yashil	468 07
1 yorug'lik filtri, ko'k.	468 11
1 transformator 2 ... 12 V	521 25
1 ko'zgusimon shisha yacheyka 100 x100 x10 mm ³ ...477 20	
2 polarization filtr	472 401
1 linza, f = + 100 mm	460 03
1 prizmati stol	460 25
1 yarim shaffof ekran	441 53
1 kichik optik kursi	460 43
1 taglik asos, V-simon, 28 sm	30001
6 Leybold multiqisqichlari	301 01
1 qo'l sopli qoshiq	666 963
Ko'ndalang kesimi 2.5 mm ² bo'lgan ulash simlar	

Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasi 102-rasmda keltirilgan.

- Rasm.1 da keltirilganidek, kichik optik kursiga komponentlarni yig'ing, rasmda chapdagi Leyboldmultiqisqichidan o'rinarlar berilgan.
- Polarizatsiya filtrlarini shunday to'g'rilangki, ularning shkalasidagi beqilar kuzatish ekraniga qaragan bo'lsin va ikkalasi ham 90° ga o'rnatilsin.
- Galogen lampa korpusini 100 Vt dan foydalanishgamoslashtiring (qaytargichdan foydalaning, galogen lampa korpusidan foydalanish instruksiyasiga qarang).

- Galogen lampani lampa korpusidagi sterjen yordamida (a1) to'g'rilang va optik kursidagi linzani shunday siljitingki, kuzatish ekranidagi ko'rish maydoni bir jinsli yoritilsin.
- Ko'zgusimon shisha yacheykaga 50 ml suv soling (to'lish sathi=5 sm). Ko'zgusimon shisha yacheykani prizmati stolga joylashtiring va uni kuzatish maydoniga markazlashtirib to'g'rilang.

Tajribani bajarish

a) Oq yorug'likni kuzatish:

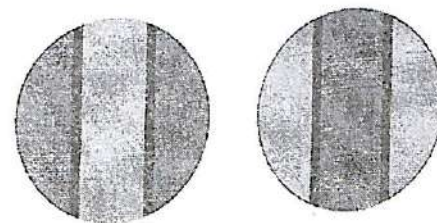
- Analizatorni 0° ga o'rnatish va butun ko'rish maydonini kuzatish.
- Ko'zgusimon shisha yacheykani nur yo'lidan oling va chiyotlik bilan taxminan 20 qoshiq D (+) - saxarozani suvga soling.

Chayqash orqali D (+) - saxarozani maksimal to'liq eriting.

Ko'zgusimon shisha yacheykani qayta nur yo'lining markaziga joylashtiring va ko'rish maydonini kuzatish. Analizatorning qutblash yo'nalishini buring va buning barchasini ko'rish maydonida kuzatish

b) Monoxromatik yorug'likni kuzatish:

- Galogen lampa korpusining chiqish aperturasidagi tasvir siljtgichga qizil yorug'lik filtri o'rnatish va analizator bilan ko'rish maydonining o'rtasi qismida maksimal qorong'ulikga erishish(Rasm 102 ga qarang).
- Analizator o'rni qizil yorug'lik uchun eritmaning burish burchagi sifatida qabul qiling.
- Qizil yorug'lik filtri yashil bilan almashtiring va burishburchagini yana aniqlang.
- Ko'k yorug'lik filtri uchun burish burchagini aniqlang.



103-rasm. Shakarli eritma nur yo'lga qo'yilgandan keyin monoxromatik yorug'lik uchun ko'rish maydoni (chapdagi: analizator o'rni 0°, o'ngdagi: ko'rish maydonining markaziy qismida maksimal qorong'ulik)

Tajriba namunasi va hisoblashlar

a) Oq yorug'likni kuzatish:

Eritma: 20 to'la qoshiq D(+)-saxaroza 50 ml suvda

Agar polyarizator va analizator perpendikulyar bo'lsa, eritma ko'rish maydonini yoritadi. Burchak holatiga qarab ko'rish maydonidagi ranglar o'zgaradi (ikkilamchi ranglar)

b) Monoxromatik yorug'likni kuzatish:

42-jadval. Yorug'likning turli ranglari uchun burish burchaklari

Filtr	Burish burchagi
Qizil	25°
Yashil	40°
Ko'k	55°

Xulosalar: D(+)-saxarozaning suvdagi eritmasi optik aktiv. Qutblanish tekisligini burish burchagi D(+) belgiga mos, musbat. U yorug'likning to'lqin uzunligiga kuchli bog'liq.

Optika

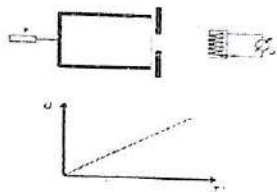
Yorug'lik intensivligi

Nurlanish qonunlari

Stefan-Bolsman qonuni: «qora jism» nurlanish intensivligining temperaturaga bog'liqligini o'lchash

Ishning maqsadi:

- Moll termoelementidan foydalanib, 300-750 K temperaturalar intervalida «qora jism» detallari bor elektr pechdagi nurlanishning nisbiy intensivligini o'lchashni amalga oshirish.
- Stefan-Bolsman qonunini tekshirish uchun nurlanish intensivligining absolyut temperaturaga bog'liqligi grafisini tuzish.



Stefan-Bolsman qonuni absolyut qora jismining umumiy chiqarayotgan nurlanishi T absolyut temperaturaning to'rtinchidarasiga proporsional ekanligini tasdiqlaydi. Yanada aniqroq nurlanish manbasining nurlanuvchanligi

M, ya'ni sirtning birtomonidagi nurlanishning umumiy quvvati nurlanayotgan sirtsohasiga nisbatan quyidagidan aniqlanadi

$$M = a T^4 \quad (139)$$

($a = 5.67 \cdot 10^{-8} (W/m^2) K^4$) (Stefan-Bolsman doimiysi)

Shu vaqtda absolyut qora jism atrof muhitdan nur ham yutadi. Shunday qilib biz M umumiy nurlanuvchanlikni emas, anig'i absolyut qora jism nurlanishidan olingan M nurlanish manbasining nurlanuvchanligini o'lchaymiz. Atrof muhitda n yutilgan nurlanishning nurlanuvchanligi quyidagiga teng:

$$M_0 = a \cdot T_0^4 \quad (140)$$

Shuning uchun, quyidagini yozish mumkin

$$M' = a \cdot (T_4 - T_0^4) \quad (141)$$

Mazkur tajribada «absolyut qora jism» sifatida elektr pechdan foydalaniladi. Absolyut qora jism detallari jilvirlangan mis silindr va ekrandan iborat. Bir uchi izolyasiya qilingan mis silindr, elektr pechga kiritiladi va talab qilingan temperaturagacha qizdiriladi.

Zarur bo'lganda suv bilan sovutiladigan ekran elektr pechning oldiga shunday o'rnatilganki, qaynoq pechkaning tashqidevorlarining nurlanishini emas, faqat jilvirlangan silindrnin issiqlik nurlanishini o'lchash mumkin. Temperatura datchigi NiCr-Ni mis silindrdagi temperaturani o'lchash uchun qo'llaniladi.

Issiqlik nurlanishi mikrovoltmetrga ulangan Moll termoelementidan foydalanib o'lchanadi. Termoelement ulangan termojuftliklar seriyasidan tashkil topgan. O'lchanayotgan nuqtalar tushayotgan nurni to'liq yutadi, qiyoslash nuqtalari esa atrof muhit temperaturasida bo'ladi. Biz shunday qilib, termoelektrik batareyalarning chiqish kuchlanishini nurlanish manbasining M' nisbiy nurlanuvchanligi o'lchovi sifatida olishimiz mumkin.

Kerakli asboblalar va uskunalar

1 Elektrik pech, 230 V	555 81
1 Absolyut qora jism detallari	389 43
1 Elektrik pech ashyolari	555 84
1 Bir tarafi ochiq kirishli raqamliternometr	666 190
1 Temperatura datchigi, NiCr-Ni	666 193
1 Moll termoelementi	557 36
1 Mikrovoltmetr	532 13
1 Kichik optik kursi	460 43
1 Katta V-shaklsimon shtativ	300 01
4 Leybold multiqisqichlari	301 01
1 Universal fiksator S	666 555

Biriktirish bo'yicha ko'rsatmalar
Qo'shimcha tavsifiya qilinadi:

- 1 Immersion suyuqlikli nasos 306 98
 2 Silikon quvurlar, ichki diametric 7x1.5 mm, 1 m ... 667 194
 1 Suv uchun idish, hajmi taxminan 10 l

Tajriba qurilmasi

Izohlar: O'lchanayotgan intensivlik juda past va shuning uchun uatrofdagi jismlardan nurlanish interferensiyalariga nihoyatdasezgir.

O'lchash vaqtida termoelektrik batareyalarga aslo qo'l tegizmang.

Termoelektrik batareyalarga yaqin joyda, ayniqsa ular oldida ishlamang.

Tajriba davomida xona temperaturasi o'zgarishidan xoli bo'ling.

Boshqa nurlanish manbalarining aralashishiga yo'l qo'ymang;

zarur bo'lsa, yig'mani karton bilan ekranshtiring.

Zarur bo'lsa, xonani qorong'ulashtiring.

Texnika xavfsizligi buyicha ko'rsatmalar

Kuyib qolish xavfi bor: elektr pechni tashqi devorining temperaturasi 200 °C ortiq bo'lishi mumkin.

– Qaynoq elektr pechda terini kuyib qolishidan saqlaning.

– Elektrik pechni faqat jihozlar bilan boshqaring.

– Elektrik pechdan foydalanish bo'yicha instruktsiyalarni batafsil o'qib chiqing va barcha instruktsiyalarga rioya qiling.

Immersion nasos dvigateli ichiga sizib kirgan suv qisqa tutashuvni keltirib chiqarishi mumkin.

– Botirish chuqurligini 17 sm dan oshirmang.

– Ishlatib bo'lingan ho'l immersion nasosni kallagi bilan qo'ymang.

Immersion nasosdan foydalanish bo'yicha instruktsiyalarni batafsil o'qib chiqing va barcha instruktsiyalarga rioya qiling.

Interferensiyalar nurlanish kelib chiqishi mumkin:

Termoelektr batareya jismlardan bevosita issiqlik nurlanishi, nurlanishning akslantiruvchi yuzalardan qaytishi (masalan: oqish rangli kiyim), issiqlik uzatgichlar, quyosh nuri va boshqa yorug'lik manbalari.

Tajribani boshlashdan oldin, mikrovoltmetr 10 daqiqa davomida qizishiga imkon bering. Qurilmaning orqa qismida joylashgan asosiy ulab-uzgich yordamida mikrovoltmetrni elektr tarmog'iga ulang. 104-rasmda tajriba qurilmasi tasvirlangan.

Suv bilan sovutishdan foydalanilganda:

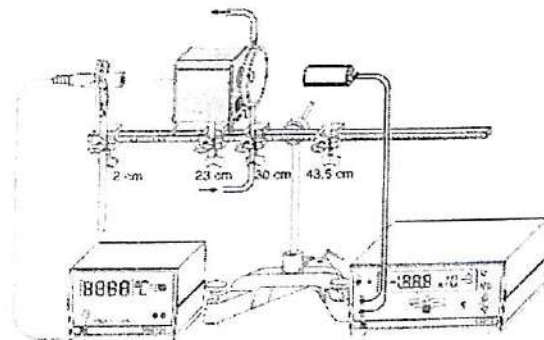
– Silikon quvurni immersion nasosga va ekranga shunday biriktiringki, ekranga suvning oqib kelishi pastki patrulkadan, chiqishi esa ekranning asosiy patrulkasidan bo'lsin.

– Idishni suv bilan to'ldiring va immersion nasosni suvli idishning gardishiga montaj qisqichdan foydalanib shunday mahkamlangki, kirish teshigi to'liq suvga botsin va maksimal botish chuqurligi 17 sm dan ortiq

bo'lmisin (105-asmga qarang; boshqa imkoni bor montaj uchun foydalanish bo'yicha instruktsiyalarga murojat qiling)

Shundan so'ng:

- Elektrik pechni, absolyut qora jism komplekti ekranini vatermoelektrik batareyani 104-rasmda keltirilganidek shunday o'rnatilgiki, termoelektrik batareyaning sterjeni elektr pechning ochiq tarafi oldidan taxminan 15 sm da joylashsin. Absolyut qora jism komplekti ekrani metall tarafi bilan termoelektrik batareyaga qaratilgan holda elektr pechning oldida taxminan 5-10 mm da joylashtiring.

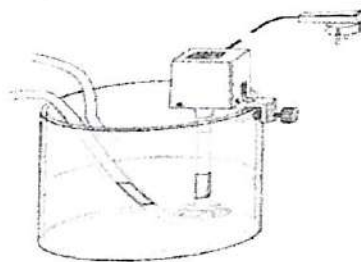


104-rasm. Stefan-Boltsmannning issiqlikdan nurlanish qonunini tasdiqlash uchun tajriba qurilmasi

Izoh: Shisha tuynuk qisqa to'lqin uzunlikli nurlanishga ko'ra uzun to'lqin uzunlikli nurlanishni ko'proq yutadi va shuning uchun nurlanish intensivligining temperaturaga bog'liqligi o'lchashlarini sistematiqtarзда soxtalashtiradi.

- Termoelektrik batareyaning shisha tuynugini olib tashlang.
- Temperatura datchigini NiCr-Ni raqamli termometr bilan ulang va uni jilvirlangan mis silindrning markazidagi teshikga iloji boricha chuqurroq joylashtiring.
- Joyida temperatura datchigini universal qichqich bilan smontaj qiling va raqamli termometrni ulang (o'lchash diapazoni > 200 °C).
- Elektrik pechning ochiq tarafini, absolyut qora jism komplekti ekranini va termoelektrik batareyani shunday to'g'irlangki, issiqlik nuri bevosita ochiq termoelektrik batareyaga tushsin.
- Suv bilan sovutishdan foydalanilganda, immersion nasosni qo'llang.
- Termoelektrik batareyani mikrovoltmetr bilan 104-rasmda keltirilganidek ulang (o'lchash diapazoni 10⁻⁴V); termoelektrik batareyadagi qizil klemma mikrovoltmetrdagi qizil klemma bilan ulanganiga ishonch hosil qiling.
- Siljishni "avto kompensatsiya" tugmasi ni bosish orqali

kompensatsiyalang; zarur bo'lsa, raqamli displeyninallashtirish uchun potensiometr yordamida aniq sozlashni bajaring (mikrovoltmetr uchun instruksiya betiga qarang).



105-rasm.

O'rinlar haqidagi malumotlar kichik optik kursidagi Leybold multiqisqilarining chap tarafidan boshlangan. 105-rasm. Suvli idishga immersion nasosni o'rnatish namunasi

Tajribani o'tkazish

Dastlab:

- n mis silindrning temperaturasi va termoelektrik batareyaning boshlang'ich chiqish kuchlanishini o'lchang va bu qiymatlarni o'ztajriba jurnaligizga yozib oling.

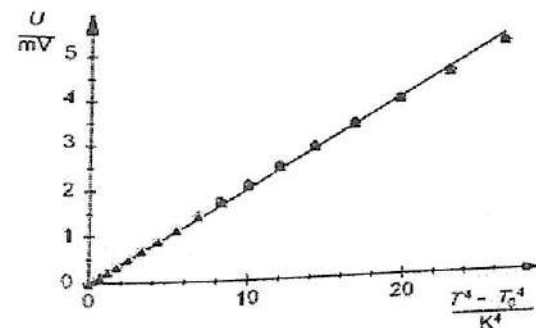
Shundan so'ng:

- Elektr pechni ulang va temperatura har 25°C gaoshganda. n va U ning qiymatlarini o'lchang va ularni o'ztajriba jurnaligizga yozib oling. Temperatura 400°C va 500°C oralig'i darajasiga erishganda:
- Elektr pechni uzing; va temperatura har bir 25°C ga pasayganda, n va U ning qiymatlarini o'ztajriba jurnaligizga yozib boring.
- Temperatura 100°C bilan xona temperaturasi oralig'igacha pasayganda, elektr pechdan temperatura datchigini oling, xona temperaturasi o'lchang va bu qiymatni o'ztajriba jurnaligizga yozib oling.
- Termoelektrik batareyani qoramtir karton bilan ekranlashtiring, voltmetrning nol ko'rsatishini tekshiring va bu qiymatni o'ztajriba jurnaligizga yozib oling.

O'lchash namunalari va baholash

43-jadval. Qizish va sovushdagi o'lchangan qiymatlar

$\frac{n}{C}$	$\frac{T}{K}$	$\frac{T^4 - T_0^4}{K^4}$	$\frac{U \uparrow}{mV}$	$\frac{U \downarrow}{mV}$
24	297	0	0	0
50	323	0.31	0.06	0.06
75	348	0.69	0.14	0.14
100	343	1.16	0.24	0.24
125	398	1.73	0.36	0.36
150	423	2.42	0.52	0.51
175	448	3.25	0.70	0.68
200	473	4.23	0.91	0.89
225	498	5.37	1.16	1.13
250	523	6.70	1.43	1.41
275	548	8.24	1.75	1.72
300	573	10.00	2.11	2.07
325	598	12.01	2.50	2.46
350	623	14.29	2.93	2.90
375	648	16.85	3.42	3.38
400	673	19.74	3.95	3.92
425	698	22.96	4.53	4.50
450	723	26.55	5.17	5.17



106-rasm. U chiqish kuchlanishining $T^4 - T_0^4$ funksiyasi sifatidagi grafigi

Doirlar qizishdagi, uchburchaklar esa sovushdagi o'lchangan qiymatlarga mos keladi. 106-rasmda termoelektrik batareyani U chiqish kuchlanishining mos keladi. 106-rasmda termoelektrik batareyani T bilan to'rtinchi darajali pechning to'rtinchi darajali absolyut temperaturasi T_0 orasidagi farqning funksiyasi sifatidagi absolyut xonatemperaturasi T_0 orasidagi farqning funksiyasi sifatidagi bog'lanishi keltirilgan. Bu munosabat Stefan-Bolsman qonuni bashorat qilganidek, taxminan to'g'ri chiziqqa yaqin. Agar, egrilik sinchkovlik bilan o'rganilsa, yaxshi mos kelgan to'g'ri chiziqdan bir oz chetlanishni

kuzatishimiz mumkin. Buning sababi quyidagi effektlarning natijasidir: termoelektrik batareyabilan o'lchashlarga konveksiya va muhitda nurlanish yo'qotishlari, ayniqsa shisha tuynuk olib tashlanganda, ta'sir qiladi. Bundan tashqari biz pech temperaturasi ortganda, termoelektrik batareya qiyoslash punktlarida issiqlikning ortib borishini to'liq bartaraf eta olmaymiz.

Atom fizikasi

1. Plank doimiysini kompakt o'lchash qurilmasi yordamida aniqlash
2. Elektronning Solishtirma zaryadini aniqlash

Atom va Yadro fizikasi

Kirish tajribalari

Plank doimiysi

Plank doimiysini kompakt o'lchash qurilmasi yordamida aniqlash

Ishni nazariyasi

- Elektronlarning kinetik energiyasini yorug'lik chastotasining funksiyasi sifatida o'lchash.
- Plank doimiysi h ni aniqlash

Kirish

Plank doimiysi

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

fizikaning fundamental doimiylaridan biri bo'lib, mikrofizikaviy ob'ektlarning, misol uchun elektronlar va fotonlarning, kvant xarakteristikalarini tavsiflashda ishlatiladi. Shuning uchun, Plank doimiysi kop tajribalarda tabiatning kvant xossalarni tavsiflashda fundamental doimiy sifatida ishlatiladi.

Bu tajribada Plank doimiysi h fotoelektrik effekt yordamida aniqlanadi.

Qisqacha nazariya

Elektronlar metal sirtidan yorug'lik nurlari yordamida urib chiqarilishi mumkin (fotoelektrik effekt). "Fotoelektronlarning" soni yorug'lik intensivligidan bog'liq bo'ladi. Ammo, urib chiqarilgan elektronlarning energiyasi faqat yorug'lik chastotasidan bog'liq bo'ladi. Bu tajribalarning natijalari 1905 yilda Eyinshteyn tomonidan tushuntirib berildi. Bunda U yorug'lik "fotonlar" deb ataluvchi zarrachalarning oqimidan tashkil topgan deb faraz qildi, va har bir fotoelektron energiyasi chastotaga proporsional bo'lgan individual foton tomonidan urib chiqariladi deb faraz qildi, ya'ni foton energiyasi:

$$E = h \cdot \nu \quad (142)$$

"Eyinshteyn munosabati" bu jarayon uchun energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi. Har bir urib chiqarilgan elektron fotonning $h \cdot \nu$ energiyasini oladi. Chiqish ishi W dan ortiqcha energiya elektron tomonidan kinetik energiya E_{kin}

sifatida olinadi:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = h \cdot \nu - W \quad (143)$$

Elektronning chiqish ishi material turidan bog'liq bo'ladi. Plank doimiysi h fotoyacheykani monoxromatik yorug'lik (ya'ni, maxsus to'lqin uzunlikka ega bo'lgan yorug'lik) bilan ekspozitsiyalash yo'li bilan aniqlanishi mumkin va urib chiqarilgan elektronlarning kinetik energiyasi o'lchanishi mumkin. 107-rasmda bunday tajribaning sxematik tasviri keltirilgan. Yorug'lik halqa shaklidagi anod orqali (piatina sim) kaliy sirtiga tushadi. Fotoelektronlar anodgacha yetib boradi va fototok I shaklida o'lchanadi.

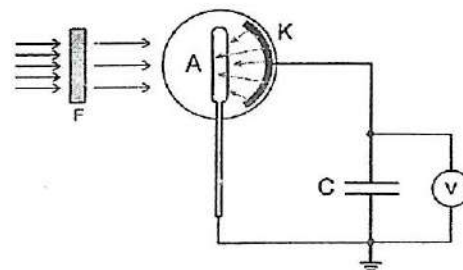
Agar fotoelektronlar asta-sekin orttirilib boriladigan manfiy potentsial bilan qaytarilsa fototok mos ravishda kamayib boradi. Fototok qiymati nolga teng bo'lgandagi bu kuchlanishning qiymati U_0 ga chegaraviy kuchlanish deyiladi. Bu kuchlanishda hatto eng kuchsiz bog'langan elektronlar, ya'ni, eng kuchsiz chiqish ishiga ega bo'lgan va shuning uchun eng katta kinetik energiyaga E_{kin} ega bo'lgan elektronlar ham anod kuchlanishini yenga olmaydi. Bu tajribada anod kuchlanishi tushuvchi elektronlar bilan U_0 chegaraviy kuchlanishgacha zaryadlanadigan kondensatordan foydalanib hosil qilinadi. Chegaraviy kuchlanish U_0 bu kuchsiz bog'langan elektronlarning kinetik energiyasini hisoblashda foydalanilishi mumkin:

$$e \cdot U_0 = h \cdot \nu - W \quad (144)$$

e : elementar zaryad

W : chiqish ishi (qo'shimcha ma'lumotlarga qarang)

Agar tushuvchi yorug'likning chastotasi $\Delta \nu$ ga ortsa elektronning energiyasi $h \cdot \Delta \nu$ ga ortadi.



107-rasm. Fotoelektrik effekt yordamida Plank doimiysini o'lchash uchun qurilmaning sxematik ko'rinishi

To'lqin uzunligi bo'yicha filtr F yordamida hosil qilingan monoxromatik yorug'lik nuri fotoyacheykaning K katodiga tushadi. Fotoelektronlar anodga

tomon harakatlanadi va C kondensatorni chegaraviy kuchlanish U_0 gacha zaryadlaydi.

Chegaraviy kuchlanish fototokni kompensatsiyalash uchun ΔU_0 ga o'rttirilishi lozim. Bu holat uchun quyidagi tenglama qo'llaniladi:

$$e \cdot \Delta U_0 = h \cdot \Delta \nu \quad (145)$$

ya'ni energiya $h \cdot \Delta \nu$ ga ortishi bilanoq $e U_0$ energiya yo'qotilishi bilan kompensatsiyalanadi. Agar chegaraviy kuchlanish U_0 chastota f limited voltage U_0 is plotted as function of ν ning funksiyasi sifatida chizilsa (145) tenglama qiyaligi quyidagiga teng bo'lgan tog'ri chiziqni beradi:

$$\frac{\Delta U_0}{\Delta \nu} = \frac{h}{e} \quad (146)$$

Qiymati ma'lum bo'lgan elementar zaryad uchun Plank doimiysi h U_0 (ν) grafikning qiyaligidan aniqlanishi mumkin.

Asbob va uskunalar

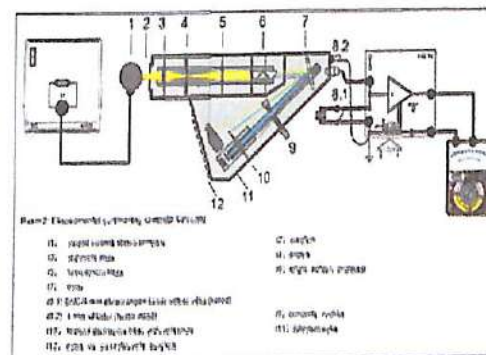
1 h ni aniqlash uchun fotoyacheyka.....	558 77
1 h uchun kompakt qurilma	558 79
1 Yuqori bosimli simob lampa.....	451 15
1 Universal drossel.....	451 30
1 Elektrometr kuchaytirgich.....	532 14
1 O'zgartiriluvchi energiya manbai 12 VAC	562 791
1 Kondensator 100 pF, 630 V	578 22
1 Kalit qo'shgich(NO), bir qutbli.....	579 10
2 Qisqichli vilka	90 011
1 Multimeter LD-analog 20.....	531 120
1 Ekranli kabel BNC/4 mm	575 24
1 Taqsimlash karobkasi.....	502 04
1 Juft kabellar, 50 cm, qizil/ko'k.....	501 45
1 Juft kabellar, 100 cm, qora	501 461
1 Ulash simlari Lead, 25 cm, qora.....	500 414
1 Ulash simlari, 100 cm, sariq/yashil	500 440

Fotoyacheykaning metal halqali anodiga tushuvchi fotoelektronlar kondensatorni zaryadlaydi va unda chegaraviy kuchlanish U_0 ni hosil qiladi. Fotoelektronlarning kinetik energiyani aniqlash uchun shu kuchlanishni o'lchash lozim. Elektrometr kuchaytirgich kondensatordagi kuchlanishni o'lchash uchun foydalaniladi. 108-rasm va 109-rasmda ko'rsatilgan elektrometr kuchaytirgich zanjirini tuzing:

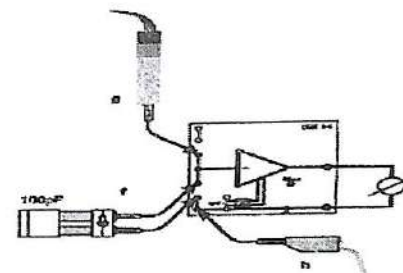
- Qisqichli vilka (f), 100 pF kondensator va kalitni ulang (109-rasm).
- Ekranli kabel BNC/4 mm ni BNC pozetkaga (108-rasmda 8.1.) va elektrometr kuchaytirgichga (g) ulang; Ekranli kabel BNC/4 mm ning "yer" simini

elektrometr kuchaytirgich "yer" iga ulang (109-rasm. h).

- 4 mm rozetkalarining har ikkalasini (108-rasmda 8.2-kabel halqasi) 25 sm li kabel bilan ulang. 4 mm li rozetkani 100 sm li kabel bilan elektrometr kuchaytirgichning "yer" kontaktiga ulang (109-rasm. h).
- Multimetni 50 sm li kabel bilan elektrometr kuchaytirgichning chiqishiga ulang (108-rasm).
- Elektrometr kuchaytirgichning "yer" ini taqsimlovchi karobkaning "yer" kontakti bilan sariq/yashil kabel yordamida ulang.



108-rasm. Qurilmani optik to'g'rilash



109-rasm. Chegaraviy kuchlanish U_0 ni o'lchash uchun elektrometr kuchaytirgich zanjiri

Qurilmani optik to'g'rilash

108-rasmga mos tayyorlash: chiqarish oynasining pleksiglass platasining ichki qismini (12) oq qog'oz bilan yoping. (6) to'g'ri korish prizmasini va (10) tirqishli diafragma bilan linzani nur yo'lidan olib qo'ying. "elektr ulashlarni o'rnatish" tavsiflangan elektr ulashlarni bajaring (Rasm 3. ga qarang). Yuqori bosimli simob

lampasini (1) kompakt qurilma asosidan dan taxminan 5 mm masofada o'rnatib.

- Yuqori bosimli simob lampasining (1) tasvirini linza (3) bilan tirqish(4) ustida hosil qiling. Lampani va linzalarni to'g'rilang (tirqish tutgichning o'rtasida).
- Tirqishning tasvirini chiqarish oynasining ustida tasvirini (5) linzani to'g'rilash bilan, agar lozim bo'lsa (7) oynani to'g'rilash bilan hosil qiling.
- To'g'ri ko'rish prizmasi (6) ni shunday kiritingki, yuqori bosimli simob lampasining har ikkala, binafsha chizig'i va sariq chizig'i chiqarish oynasiga to'g'ri tushsin.
- Fotoyacheykani rozetkaga burab kiriting; tirqishli diafragma biriktirilgan linzani nurning yo'lga shunday joylashtiringki spektral chiziq tasviri fotokatod ustida hosil bo'lsin.
- Agar lozim bo'lsa ikkinchi qadamni takrorlang.

Izoh: Optik sirtlarni toza saqlang. Chang va barmoq izlarining natijasida parazit nurlar hosil bo'lib, ular past chastotalarda nihoyatda katta chegaraviy kuchlanishga (U_0) olib keladi.

Tajribalarni o'tkazish

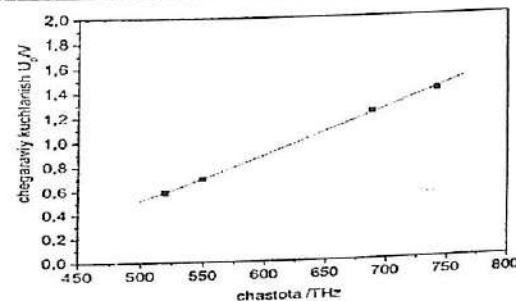
Izoh: Kondensatorning kuchlanishiga turli induksion effektlar ta'sir qilishi mumkin. Bu qismni tajriba davomida imkoni boricha kamroq siljiting Fotoyacheykaning kirlanishi anod va katod o'rtasida tok qochishiga olib kelishi va chegaraviy kuchlanish U_0 ni o'lchashga ta'sir etishi mumkin. Fotoyacheykani spirt bilan tozalang. Qo'shimcha ma'lumotlar uchun fotoyacheykaning 55877 ko'rsatmalar kitobiga qarang.

- Xonani qisman qoronfilashtiring. (10) linza tirqishli diafragmasining tasviri chiqarish oynasida ko'rinadi.
- Multimetrni qo'shing va 3 V DC diapazonga ornating.
- Sariq nur uchun chegaraviy kuchlanish U_0 ni aniqlang: buni bajarish uchun (9) ip yordamida buraluvchi ruchkani sariq chiziq chiqarish oynasidan ko'rinadigan qilib to'g'rilang.
- Agar siz tajribani qorong'ilashtirilmagan xonada o'tkazsangiz (12) chiqarish oynasini qorong'ilashtiruvchi surg'ich bilanyoping.
- Kondensatorni kalitini pastga bosib, multimetr nolni ko'rsatguncha razryadlang.
- Tajribani qo'shish kalitini ulash bilan boshlang; kondensator chegaraviy kuchlanish U_0 gacha zaryadlanguncha taxminan 30 s dan to 1 min gacha kuting.
- U_0 uchun o'lchangan qiymatlarni yozib oling.
- Bu ishlarni yashil, ko'k va binafsha spektral chiziqlar uchun takrorlang.

O'lchash misollari

44-jadval. O'lchangan chegaraviy kuchlanish U_0 to'g'ri uzunligi λ va chastota ν ning funktsiyasi sifatida

Rang	$\frac{\lambda}{nm}$	$\frac{\nu}{THz}$	$\frac{U_0}{V}$
Sariq	578	519	0.59
Yashil	546	549	0.70
Ko'k	436	688	1.23
Binafsha	405	741	1.40



110-rasm. Chegaraviy kuchlanish U_0 chastota ν ning funktsiyasi sifatida (44-radvalga qarang)

Izoh: Yuqori bosimli simob lampasining turli chiziqlarining chastotasi prizmadan foydalanib, yoki P5.7.1.1 va P5.7.2.1. tajribalarda tavsiflangan panjarali spektrometr yordamida aniqlanishi mumkin.

Hisoblashlar va natijalar

110-rasmda chegaraviy kuchlanish U_0 ning yuqori bosimli simob spektral chiziqlarining chastotasi ν dan bog'liqlik grafigi tasvirlangan. O'lchash natijasida aniqlangan nuqtalar bir to'g'ri chiziqda yotadi. To'g'ri chiziqning qiyaligini aniqlash natijasida quyidagini aniqlash mumkin:

$$\frac{\Delta U_0}{\Delta \nu} = 0.38 \cdot 10^{-14} \text{ V/s}$$

Elementar zaryad bilan

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

bunda Plank doimiysi uchun:

$$h = 6.1 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

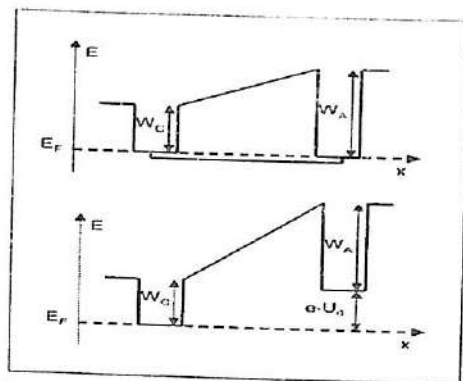
Adabiyotlardagi qiymatlar: $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

Ajralib chiqqan fotoelektronlarning kinetik energiyasi tushayotgan nurning chastotasiga bog'liq bo'ladi. Plank doimiysini chegaraviy kuchlanishning U_0 qiymatini turli chastotalar uchun o'lchash natijasida aniqlash mumkin.

Qo'shimcha ma'lumotlar

1. Chiqishishi material turidan bog'liq. Katod sifatida kaliydanfoydalanish, elektronlari kuchsiz bog'langanligi va chiqish ishi ishqoriy metallarda boshqa metallarga nisbatan kichik bo'lganligi sababli tanlab olingan.
2. Fotoelektrik effektni o'z ichiga oladigan jarayonni chuqurroq tushunish uchun, metallarda elektronlarning energetik taqsimotini o'rganib chiqish lozim bo'ladi. Elektronlarning kinetik energiyasi eU_0 ning nurlantiruvchi yorug'lik chastotasidan bog'liqlik grafigidan (108) tenglama bilan mos holda, ordinata bilan kesishishidan chiqish ishini aniqlash mumkin.

Ammo bu, birinchi qarashda tuyulganidek, katodning chiqish ishi emas. Prinsip jihatdan katodning chiqish ishini o'lchash imkoni yo'q: Katoddagi elektronlar E_F Fermi sathiga nisbatan olinganda chuqurligi W_C bo'lgan potentsial chuqurlikda joylashadi. Xuddi shu yo'l bilan olinganda, anoddagi elektronlar ham chuqurligi W_A bo'lgan potentsial chuqurlikda joylashadi.



111-rasm. Turli chiqish ishiga ega bo'lgan ikki metal (katod va anod) uchun energetik diagramma

Anod va katod o'rtasida elektr o'tkazuvchan bog'lanish amalga oshirilganda, ularning materiallarining Fermi sathlari bir xil balandlikka erishguncha to'g'rilanadi (111-rasm). Agar anod va katod o'rtasiga U kuchlanish qo'yilsa, Fermi sathlari bir - biriga nisbatan eU energiyaga siljiydi. Bu bo'lda katoddagi elektronlar potentsial to'siqning eng yuqori nuqtasini yengib o'tishlari lozim bo'lib u quyidagi ifodadan topiladi:

$$W_A + e \cdot U_0 \quad (147)$$

Potentsial to'siqni yengish uchun zarur bo'ladigan energiyafoton tomonidan ta'minlanadi. Anod toki nol bo'ladi, qachonki quyidagi munosabat o'rinli bo'lsa

$$h \cdot \nu = W_A + e \cdot U_0 \quad (148)$$

Ammo, anodning chiqish ishi W_A kristalning oriyentatsiyasidan va gaz

atomlarining sirt akkumulyatsiyasidan bog'liq bo'lganligi uchun osonlikcha aniqlanib bo'lmaydi.

3. Tarixan, yorug'likning (108) tenglama yordamida taklif etilgan kvant xarakteri to undan bog'liq bo'lmagan holda Kompton tajribalarida tasdiqlanmaguncha turli mulohazalar ostida bo'lib turgan edi. Ammo, fotoelektrik effektaga qarama-qarshi ravishda, Kompton effektida fotonlar energiyasining faqat bir qismigina elektronlarga o'tadi. (fotonlarning kuchsiz bog'langan elektronlarda sochilishi, P6.3.7.2 yoki P6.5.6.1 tajribalarga qarang). Fotoelektrik jarayonlarda esa fotonning energiyasi to'lig'icha yutiladi.

Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash

Atom va Yadro Fizikasi

Kirish tajribalari

Elektronning solishtirma zaryadi

Ishning maqsadi:

- Elektronlarning magnit maydonida aylanma orbita bo'ylab og'ishini o'rganish.
- Magnit maydoni B ni doimiy r radiusli orbitadagi elektronlarni tezlashtiruvchi potentsial U ning funksiyasi sifatida aniqlash.
- Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash.

Qisqacha nazariya

Tajribaviy yo'l bilan elektronning massasi m_e ni aniqlash qiyin. Elektronning solishtirma zaryadini tajribalarda aniqlash esa osonroq hisoblanadi

$$\varepsilon = \frac{e}{m_e} \quad (149)$$

agar elementar zaryad e ma'lum bo'lsa (149) ifodadan elektronning massasi m_e ni hisoblab aniqlash mumkin. Bir jinsli magnit maydoni B da maydonga perpendikulyar ravishda β tezlik bilan harakatlanayotgan elektronga F Lorets kuchi ta'sir qiladi

$$F = e \cdot \beta \cdot B \quad (150)$$

va u tezlik vektoriga va magnit maydonga perpendikulyar bo'ladi. Markazga intilma kuch (112-rasmga qarang)

$$F = m_e \frac{v^2}{r_e} \quad (151)$$

bu kuchlar ta'sirida elektron r radiusli orbitada harakatlanadi

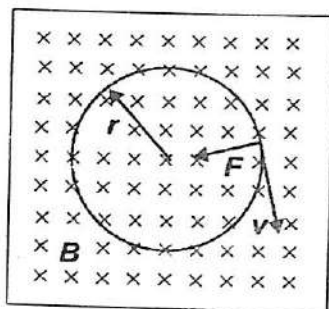
$$\frac{e}{m_e} = \frac{v}{r \cdot B} \quad (152)$$

Bu tajribada elektronlar elektron nur trubkasida U kuchlanish yordamida tezlashtiriladi. Natijaviy kinetik energiya quyidagicha

$$e \cdot U = \frac{m_e}{2} \cdot v^2 \quad (153)$$

Shunday qilib elektronning solishtirma zaryadi :

$$\frac{e}{m_e} = \frac{2 \cdot U}{(r \cdot B)^2} \quad (154)$$



112-rasm. Elektronlarning B magnit maydonida Lorents kuchi F tomonidan berilgan r radiusli orbita bo'ylab og'ishi

Asboblari va uskunalari

1 Elektron nur trubkasi	555 571
1 O'lchash qurilmasi va ushlab turgichiga ega bo'lgan Gelmgolts g'altagi	555 581
1 Trubkaning energiya manbai 0 dan 500 V	521 65
1 DC energiya manbai 0...16 V, 0...5 A	521 545
2 Multimetr LDanalog 20	531 120
1 Po'lat lentali o'lchagich, $l = 2 \text{ m}/78''$	311 77
3 Xavfsiz ulash cimlari, 25 cm	500 614
3 Xavfsiz ulash cimlari, 50 cm	500 624
7 Xavfsiz ulash cimlari, 100 cm	500 644
Qo'shimcha rekomendatsiya qilinadi:	
1 Fizikaviy universal o'lchash asboblari	531 835
1 Aksial B-Sensor S.....	524 0382
1 kengaytirish kabeli, 15-qutbli.....	501 11

Texnika xavfsizligi

Diqqat: Elektronnur trubkasi elektronlarni tezlashtirish uchun 300 V gacha bo'lgan xavfli kuchlanish ulanishini talab qiladi. Bu xavfli kontakt kuchlanishi bilan ulangan boshqa kuchlanishlar ham kontakt xavfiga ega. Shuning uchun elektronnur trubkasi ishlab turgan paytda, tutgichning ulash paneli va Gelmgolts g'altaklarida xavfli kontakt kuchlanishi mavjud bo'ladi.

- Barcha ulash panellarini xavfsiz ulash simlari yordamida ulang.
- Tajribaviy qurilmani takroriy va qayta ulashdan oldin barcha energiya manbalarining o'chganligiga ishonch hosil qiling.
- Elektr zanjirini to'la ulab bo'lmaguncha energiya manbalariga ulamang.
- Eksperimental qurilmaga, xususan, Gelmgolts g'altaklariga, ish jarayonida tegmang.
- Portlash xavfi: elektron nur trubkasi ichida vakuum hosil qilingan yupqa devorli shisha idish hisoblanadi.
- Elektron nur trubkasini mexanik kuchlanishlar ta'siriga tushib qolishidan saqlang.
- Elektron nur trubkasini faqat tutgichda (555 581) ishlatang.
- Tutgichning 6-qutbli vilkasini shisha asosga ehtiyotlik bilan ulang.
- Elektron nur trubkasiga qo'shimcha ravishda berilgan ko'rsatmalar kitobchasini oqib chiqing.

Elektronnur trubkasida past bosimda vodorod molekullari bo'ladi, va ular elektronlar bilan to'qnashganda nur chiqaradi. Bu esa elektronlarning orbitasini bevosita korinadigan bo'lishiga olib keladi, va orbita radiusi lineyka bilan o'lchab olinishi mumkin.

Magnit maydoni Gelmgolts g'altaklar jufida hosil qilinadi va u Gelmgolts g'altaklaridagi tok I ga to'g'ri proporsional:

$$B = k \cdot I \quad (155)$$

Magnit maydonida harakat qilayotgan elektron orbitasi r doimiy bo'lib turganda, tezlashtiruvchi potensial U ning tok kuchi I dan bog'liqligi (154) va (155) tenglamalarini shakl o'zgartirishdan hosil qilinishi mumkin:

$$U = \frac{e}{m_e} \cdot \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot k^2 \cdot I^2 \quad (156)$$

Proportsionallik koeffitsienti

$$k = \mu_0 \cdot \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{n}{R} \quad (157)$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left(\frac{Vs}{Am}\right) : \text{magnit doimiylik}$$

g'altakning radiusi $R=150 \text{ mm}$ va g'altak o'ramlar soni $n=130$ qiymatlardan foydalanib hisoblanishi, yoki kalibrovka grafigi $B=f(I)$ ni o'lchashdan foydalanib topilishi mumkin. U holda elektronning solishtirma zaryadini aniqlash uchun barcha kattaliklar ma'lum bo'ladi.

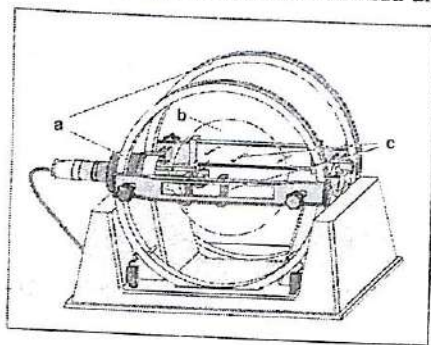
Qurilma

Izoh: O'lchashlarni qorong'ilashtirilgan kamerada bajaring. Gelmgolts g'altaklaridan 2 A dan katta toklar faqat qisqa vaqt oralig'ida

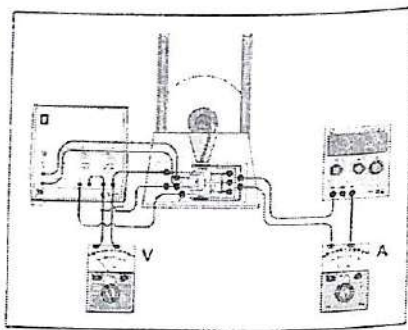
o'tkazilishi mumkin.

Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash qurilmasi 113-rasmda va uning ulash sxemasi 114-rasmda ko'rsatilgan.

- Trubkani energiya manбайдan uzing va barcha potensiometr aylanuvchi qismini eng chap holatga qo'ying.
- Elektron nur trubkasining 6.3-V li kirish oxirini trubka manbaining 6.3-V li chiqishiga ulang.
- Trubka manbaining 50 V lik chiqishining musbat qutbini 500 V lik chiqishining manfiy qutbi bilan qisqa tutashtiring va toza nur trubkasining (katod) "-" rozetkasi bilan ulang.
- Elektronnur trubkasining "+" rozetkasini (anod) 500 V chiqishning musbat qutbi bilan, W rozetkani (Venalt silindri, ENT da) 50 V lik chiqishning manfiy qutbi bilan ulang.
- Tezlashtiruvchi potensial U ni o'lchash uchun voltmerni (o'lchash chegarasi 300 V) 500 V lik chiqishga ulang.
- Elektronnur trubkasining og'diruvchi plastinkalarini anodga ulang.
- DC energiya manbai va ampermetrni (o'lchash chegarasi 3 A -) Gelmgolts g'altaklari bilan ketma-ket ravishda ulang.



113-rasm. Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash uchun tajriba qurilmasi
a) Gelmgolts g'altaklarib) toza nur' trubkalari c) O'lchash asbobi



114-rasm. Elektrik ulash

- Trubkaning energiya manbaini qo'shing va tezlashtiruvchi kuchlanishni $U=300$ V ga o'rnatish.
- Termoelektron emissiya bir necha daqiqadan keyin, katod qizib olgandan keyin boshlanadi.
- Elektronlar nurining fokusini Venalt Silindridagi kuchlanishni 0...10 V

oraliqda o'zgartirish bilan to aniq, o'tkir uchli nur hosil bo'lguncha optimallashtiring.

- Gelmgolts g'altaklarini DC energiya manbaiga ulang, va elektronlar nuri yopiq orbita hosil qilib aylanadigan tokni toping.

Agar elektronlar nuri anoddan chiqqandan keyin noto'g'ri yo'nalishda (chap tarafga) og'sa:

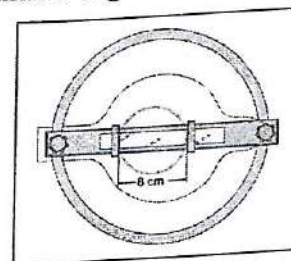
- har ikkala energiya manbalarini ochiring.
- Magnit maydon qutblarini o'zgartirish uchun DC energiya manbaining chiqishidagi kontaktlar qutblarini almashtirib ulang.

Agar elektronlar yopiq orbita bo'yicha harakatlanmasdan, spiralsimon egri chiziqli bo'yicha harakat qilsa:

- Har ikkala kronshteynning mahkamlovchi boltlarini bo'shating (toza nur trubkasi ma'lumotlar kitobchasini oqing).
- Toza nur trubkasini uning bo'ylama o'qi atrofida ehtiyot bo'lib, to elektronlar nuri yopiq orbita hosil qilguncha aylanitiring.
- Mahkamlash bo'ltlarini qotiring.

Tajribalarni o'tkazish

- O'lchash qurilmasining chap slaydini shunday siljitingki, uning ichki uchi, oynaviy tasviri va elektron nurning chiqish tirqishi ko'rish chizig'ida yotsin.
- O'ng slaydni har ikkala ichki uchi uchun masofa 8 sm ga teng bo'ladigan qilib o'rnatish.
- O'ng slaydning ichki uchini kuzating, uni o'zining oynaviy tasviri bilan to'g'rilang, va g'altak toki I ni elektronlar nuri oynaviy tasvirni qoplovchi slayd uchi bo'ylab tangensial ravishda aylanguncha regulirovka qiling (115-rasmga qarang)
- Tezlashtiruvchi potensial U ni 10 V qadam bilan 200 V gacha kamaytirib boring, va elektron nurlarining orbitadiametri 8 sm ga teng bo'lgandagi g'altakdagi tok I ni tanlab oling.
- Tezlashtiruvchi potensial U va g'altak toki I ni yozib oling.



115-rasm. O'lchash asbobi bilan orbita diametrini o'lchash

Gelmgolts magnit maydonini kalibrovka qilish:

Magnit maydonini kalibrovka qilish uchun qurilma 116-rasmda ko'rsatilgan. Yuqorida qo'shimcha tavsiya etilgan asboblarni olib borish uchun zarur bo'ladi.

- Agar lozim bo'lsa barcha energiya manbalarni tarmoqdan using.
- O'lchash qurilmasini va Gelmgolts g'altaklarini oldingi tarafgasiljiting, toza nur trubkasiga ulanishlarni va ikki kronshteynning mahkamlash boltlarini (toza nur trubkasi uchun ko'rsatmalar kitobchasini o'qing) bo'shating.
- Ehtiyotlik bilan elektronnur trubkasini chiqarib oling, va uni original korpusiga joylashtirib qo'ying.
- Oldingi tarafdagi Gelmgolts g'altaklarini qayta yig'ing va ulang.
- Aksial B-probe ni teslametrga ulang(o'lchash chegarasi 20 mT)va nol nuqtani kalibrovka qiling (Teslametr ko'rsatmalar kitobiga qarang).
- Aksial B-probe ni Gelmgolts g'altaklarining magnit maydoniga parallel ravishda juft g'alaklar markazi tomon siljiting.
- G'altaklardagi tok kuchini 0 dan 3 A gacha 0.5 A qadam bilan orttira boring, va B magnit maydonini o'lchang, o'lchangan qiymatlarni yozib oling.

Kalibrovkalashni tugatgandan keyin:

- Elektronnur trubkasini ko'rsatmasiga muvofiq qayta yig'ing.

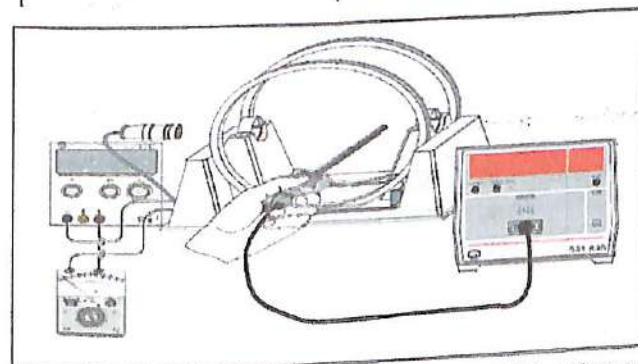
O'lchash misollari

45-jadval. Doimiy $r=0,04$ m radiusli orbita uchun, g'altakdagi tok I tezlashtiruvchi potensial U ning funksiyasi sifatida

$\frac{U}{V}$	$\frac{I}{A}$
300	2.15
290	2.10
280	2.07
270	2.03
260	2.00
250	1.97
240	1.91
230	1.88
220	1.83
210	1.79
200	1.75

46-jadval. Gelmgolts g'altaklarining B magnit maydoni g'altakdagi tok I ning funksiyasi sifatida. (Bu tajriba yuqorida tavsiya etilgan qo'shimcha qurilmalarni talab qiladi)

$\frac{I}{A}$	$\frac{B}{mT}$
0.5	0.35
1.0	0.65
1.5	0.98
2.0	1.34
2.5	1.62
3.0	2.05



116-rasm. Gelmgolts magnit maydonini kalibrovka qilish uchun qurilma

Baholash va natijalar

117-rasmda 45-jadvaldagi o'lchangan qiymatlarning grafigi (156) tenglamaga muvofiq chiziqli ko'rinishda keltirilgan. Natijaviy grafikning qiyaligi koordinata boshida quyidagicha

$$\alpha = 65,3 \text{ V A}^{-2}$$

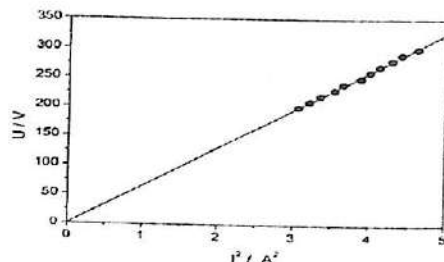
(156) tenglamaga ko'ra elektronning solishtirma zaryadi

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot \alpha}{r^2 \cdot k^2}$$

Keyingi hisoblashlarga propotsionallik faktori k ning qiymati kerak bo'ladi.

Agar yorug'lik nurlari perpendikulyar ravishda tushsa, ($\alpha = \beta$) ular o'z yo'llari bo'yicha qaytadilar.

Agar yorug'lik nurlari qiya ravishda tushsa, ular boshqa yo'nalishda qaytadi, ammo parallelligicha qoladi.



117-rasm. 45- jadvaldagi o'lchash natijalarining grafigi

Proportsionallik faktori k ni Gelmgolts magnit maydoni kalibrovkasidan aniqlash.

46-jadvaldagi o'lchangan qiymatlar, yoki 118-rasmdagi to'g'ri chiziqlarning koordinata boshidan o'tkazib, quyidagini olamiz.

$K=0,67 \text{ m T A}^{-1}$ va undan keyin

$$\frac{e}{m} = 1,8 \cdot 10^{11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}$$

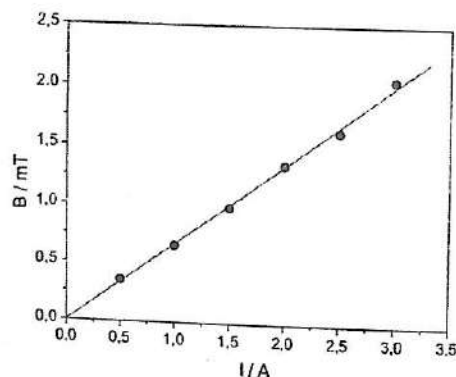
Proportsionallik faktori k ni hisoblash:

(157) dan foydalanib, hisoblaymiz $K = 0,78 \text{ m T A}^{-1}$ va undan keyin

$$\frac{e}{m_e} = 1,3 \cdot 10^{11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}$$

Hosil qilingan qiymat:

$$\frac{e}{m_e} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}$$



118-rasm. Gelmgolts g'altagining magnit maydoni uchun kalibrovka grafigi

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Maciej Lewenstein, Anna Sanpera, Matthias Pospiech. Quantum Optics an Introduction. University of Hannover, Germany July 21, 2006
2. В.И.Барсуков, О.С.Дмитриев. Волновая и квантовая оптика. Изда-во Тамбовский государственный технический университет 132с
3. Djankoli D. Umumiy fizika kursi. M.:«Mir». Tom II- 1989 y 653 b.
4. V.I.Ivernova tahriri ostida Fizikadan praktikum Elektr va optika T.:«O'qituvchi».1979y 822b
5. Landsberg G.S. Optika. T.:«O'qituvchi». 943b
6. Звелто О. Принципы лазеров М.: - 1989г 320с
7. Савельев И.В. курс общей физики. М.: - 2002г
8. Qo'yliyev B.T. Optika.T.: «Fan va texnologiya».- 2014y 272b
9. Qo'yliyev B.T. va boshqalar Optika elektron o'quv qo'llanma.T.: «Fan va texnologiya».- 2015y 21 b.t
10. Optikadan laboratoriya ishlarini bajarishga doir o'quv-uslubiy qo'llanma. Qo'yliyev B.T. va boshqalar 2016y 163b
11. P.A. Tepler. PHYSICS for Scientists and Engineers. With moden physics, W.H. Freeman and Company New York 2008 – 1583 p.
12. Э.Н. Nazirov va boshqalar. Mexanika va molekulyar fizikadan amaliy mashg'ulotlar. T.: O'zbekiston. 2001.- 285 bet
13. B.E.Xayriddinov, SH.H.Juraev va boshqalar. Molekulyar fizika. T.: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti 2014.-260 bet.
14. U.B. Jo'rayev. Molekulyar fizika. T.: Voris nashriyoti 2014.-255 bet
15. R.M.Abdullayev, X.M.Sattorov, K.A.Tursunmetov "Umumiy fizika kursidan praktikum- Molekulyar fizika" T.: Universitet nashriyoti. 2008. -106 bet.
16. Iverenova tahriri ostida Mexanika va molekulyar fizika laboratoriya ishlari to'plami. T.: O'zbekiston nashriyoti 1973 y.-306 bet.

Internet saytlar

- www.studydoc.ru
- www.ejwiki.org
- www.twirpx.com
- www.physics.ru

MUNDARIJA

Kirish.....	3
-------------	---

Mexanika bo'limi

Gravitatsiya doimiysini kavendishning torsion tarozilari bilan aniqlash.....	8
Noelastiklik to'qnashuvda energiya va impuls-ikki shohsimon yorug'lik datchigi bilan o'lchash.....	19
Erkin tushish-natijalar vidiocom bilan qayd va tahlil qilish.....	24
Gorizantal burchak ostidagi harakat.....	29
Moddiy nuqtaning ilgarilanma harakati.....	34
Girooskop chayqalishi.....	37
Aylanma harakat dinamikasi. Girooskop harakati.....	42
Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash.....	47
"Maksvell mayatnigi" laboratoriya qurilmasi.....	52
Havodagi tovush tezligining haroratga bog'liqligini o'rganish.....	57

Molekulyar fizika bo'limi

Qattiq jismlarni chiziqli kengayish koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligini o'rganish.....	60
Suyuqliklarning issiqlikdan kengayish koeffitsientini aniqlash.....	64
Suv aralashmasi temperat urasini aniqlash.....	69
Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash.....	72
Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin issiqligini aniqlash.....	75
Kritik nuqtada suyuqlik-gaz fazaviy o'tishni kuzatish.....	78
Doimiy temperaturada gaz bosimining hajmga bog'liqligi (Boyl-Mariott qonuni).....	85
Doimiy bosimda gaz hajmining temperaturaga bog'liqligi (Gey-Lyusak qonuni).....	90
Doimiy hajmda gaz bosimining temperaturaga bog'liqligi (Sharl qonuni) (Amonton qonuni).....	94
Richard metodi bilan havo uchun adiabat ko'rsatkichini C_p/C_v aniqlash....	100

Elektr bo'limi

Elektrometrik kuchaytirgich yordamida elektrostatikaning asosiy tajribalarini bajarish.....	106
Uitston ko'prigidan foydalanib qarshiliklarni aniqlash.....	110
Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni o'lchash.....	113
To'g'ri o'tkazgich va aylanma halqaning magnit maydonini o'lchash.....	120
Yer magnit maydonini aylanuvchi induksion g'altak yordamida o'lchash.....	128
Erkin elektromagnit tebranishlar.....	136

Optika bo'lim

Oq yorug'likning dispersiyasi va rekombinasiyasi bo'yicha Nyuton tajribalari.....	141
Qo'sh tirqishda va ko'p sonli tirqishda difraksiya – VideoCom vositasida qayd qilish va hisoblash.....	144
O'tgan va qaytgan oq yorug'likda Nyuton xalqalari.....	155
Maykelson interferometridan foydalanib geliy-neon gaz lazeri yorug'ligining to'lqin uzunligini aniqlash.....	161
Qutblanish tekisligini shakar eritmasi bilan burish.....	167
Stefan-Bolsman qonuni: «qora jism» nurlanish intensivligining temperaturaga bog'liqligini o'lchash.....	170

Atom fizikasi

Plank doimiysini kompakt o'lchash qurilmasi yordamida aniqlash.....	176
Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash.....	183
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.....	191
Mundarija	192

QOSIMOV A. S., JO'RAYEV SH.X.,
QO'YLIYEV B.T

UMUMIY FIZIKADAN
LABORATORIYA
ISHLARI

Бичими 60x84 1/16. Ризограф босма усули.
«Times New Roman», гарнитураси.
Шартли босма табоғи: 12.25 Адади 500. Буюртма № 37.

Баҳоси келишилган нархда.
«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси»
босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.
«Navro'z» нашриёти.

ISBN 978-9943-568-25-9



9 789943 568259