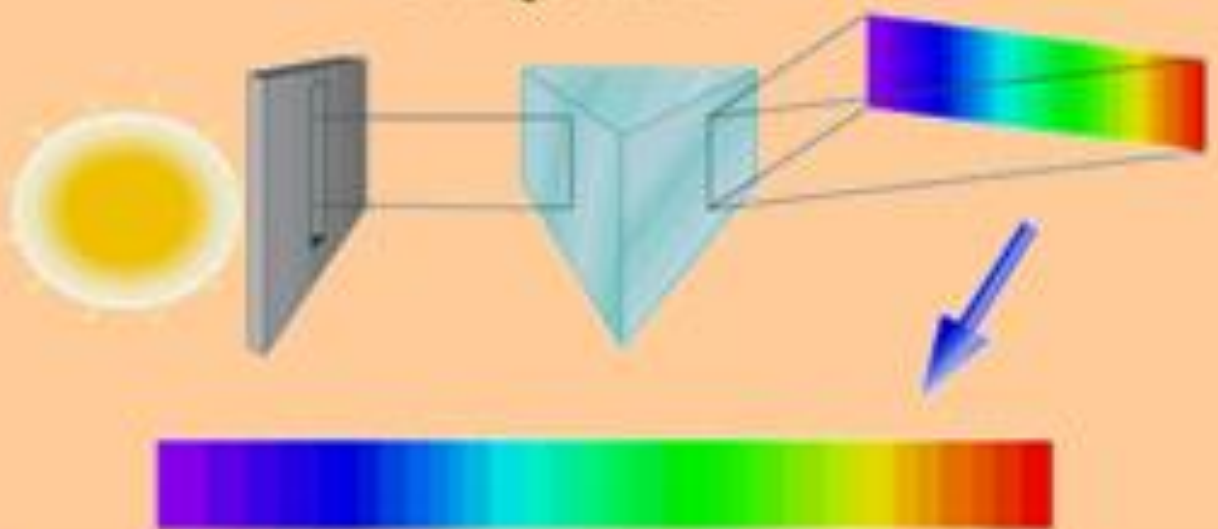
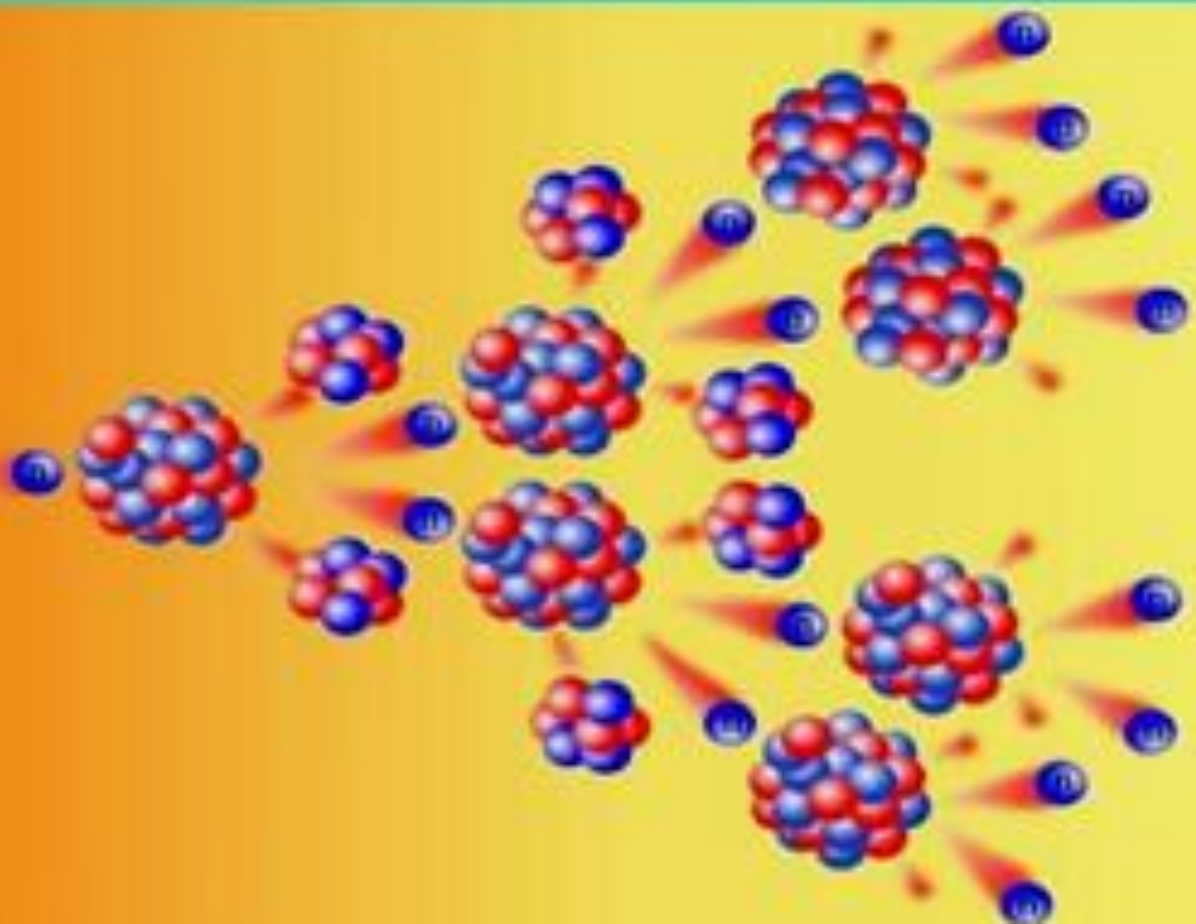




B.T. QO'YLIYEV



**OPTIKA, ATOM FIZIKASI
HAMDA
YADRO VA ELEMENTAR ZARRALAR
FIZIKASIDAN LABORATORIYA ISHLARI**



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

QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETI
FIZIKA KAFEDRASI

B.T.QO'YLIYEV

OPTIKA, ATOM FIZIKASI HAMDA YADRO VA ELEMENTAR ZARRALAR
FIZIKASIDAN LABORATORIYA ISHLARI

Qarshi - 2020

Ushbu o'quv qo'llanma optika, atom fizikasi hamda yadro va elementar zarralar fizikasidan yangi olingan zamonaviy laboratoriya ishlarini bajarishga doir bo'lib fan dasturi asosida o'zbek tilida tayyorlangan. Unda optika, atom fizikasi hamda yadro va elementar zarralar fizikasidan laboratoriya ishlarini bajarishda xatoliklarni hisoblash usullari, ishni bajarishdan maqsad, kerakli laboratoriya jihozlari, qisqacha nazariy ma'lumotlar, ishni bajarish tartibi va sinov savollari, foydalanish uchun adabiyotlar ro'yxati keltirilgan. Keltirilgan laboratoriya ishlari o'quv jarayonida bajarib ko'rilgan. Laboratoriya ishlarini bajarish jarayonida talaba o'ta nozik optik rostlashlar qiladi. Bu talabada amaliy ko'nikmani shakllanishiga olib keladi. Yangi olingan laboratoriya ishlarida talaba mavzuning eng nozik qismlarini ham e'tibordan qochirmasligi hisobga olingan.

O'quv qo'llanma universitetning 5140200-fizika va fizika o'qitiladigan barcha ta'lim yo'nalishlari bakalavr talabalariga mo'ljallangan bo'lib fizika fanini o'zlashtirish samaradorligini oshirish uchun xizmat qiladi.

Taqrizchilar:

Fizika-matematika fanlari doktori, professor
A.Q.Tashatov

Kiyev milliy universiteti, Fizika-matematika fanlari
doktori, professor **I.Y.Doroshenko**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU
Qarshi filiali o'quv ishlari prorektori f.-m.f.n.
dots.A.K.Muxammadiyev

Qarshi DU fizika kafedrası doktoranti
L.O.Meyliyev

Mas'ul muharrir:

Texnika fanlari doktori, professor **B.E.Xayriddinov**

KIRISH

*Tajriba bilish jarayonini
muhim omili hisoblanadi*

Nazariyani amaliyot bilan, amaliy tajribani fan bilan bog'lash tamoyili oliy o'quv yurtida samarali o'quv jarayonini tashkil qilish yo'li va uslubi hisoblanadi. Chunki fan va amaliyot bir biri bilan mustahkam bog'langan. Insoniylikning amaliy tajribasi bilimlar manbayi olamni tushunishni asosi hisoblanadi. Ushbu jarayonda amaliyot o'z vaqtida insoniyatning atrof - muhitga faol ta'sirini mustahkam manbayidir. Moddiy olam qonuniyatlarini o'rganish va undan o'z manfaatlari uchun foydalanish inson faoliyatining maqsadidir. Nazariya bilan amaliy tajriba aloqasining mohiyati bir-birini rivojdir. Yuqori sifatli ishlab chiqarishni tashkil etish uchun faqat texnikani o'zi yetarli emas, balki insonlarni aqliy qobiliyatlarini bevosita o'stirish va rivojlantirish muhim o'rin tutadi.

Oliy o'quv yurtlarida o'quv jarayonida nazariya bilan amaliyotni amaliy tajribani fan bilan bog'lashning asosiy shakli qanday bo'lishi mumkin:

- Ilmni qo'llashni o'rganish va uning jamiyat hayotidagi ahamiyatini tushunish.
- Jamiyatning o'suvchi talablari bilan mos bo'lgan o'qishning sifati va darajasini o'sishini aniqlash
- Tajriba o'tkazishni egallash va natijalarni qo'llay bilish

Har qanday jamiyatda ham nazariya bilan amaliyot uyg'unlashgandagina insonlarning turmush sharoitlari yaxshilanadi, chunki ishlab chiqarish ilmiy tashkil etilgan bo'ladi.

Talaba mamlakatning iqtisodiy siyosatining asosiy yo'nalishlarini yaxshi bilishlari va aniq faktlar asosida tushunishlari kerak. Bu masalada o'qituvchi fan materialini muammolar bilan bog'lab yoritishi lozim. Ishlab chiqarishni moddiy texnik bazasini takomillashtirishni ilmiy asosi ko'pincha fizikaga tegishli. Oliy o'quv yurtlarida ushbu fanni o'rganish uni qo'llashni ko'rib chiqish bilan birga olib borilishi kerak. Bir tomonda fanni chuqur o'zlashtirish bosqichi ikkinchi tomonda ko'p qirrali o'qitishni tashkil etish lozim.

Nazariya bilan tajribani aloqasini yoritish talabalarni fikrlash faoliyatini oydinlashtirish uchun muammoviy vaziyatni ko'rish emotsional kayfiyatni uyg'otish va hokazo uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Fizika tarixidan ma'lumki, mavzuga tegishli hatto qisqa belgi ham diqqatni tortadi. Masalan, M.Faradey ishlari, uch fazali tokni bir fazali tokdan afzalligi, yadroviy reaksiyalar, birinchi kosmik tezlikni olish, issiqlik mashinalarining foydali ish koeffitsiyenti qanday sharoitda 1 ga teng bo'lishi mumkin, yorug'lik energiyasini boshqa turdagi energiyaga aylantirish.

Bunday mavzularni ko'plab keltirish mumkin. Bularning hammasida materialni yaxshi o'zlashtirishi uchun ko'pincha amaliy qo'llanishlarini tushuntirish hal qiluvchi rol o'ynaydi.

Jamiyatning hamma moddiy va ruhiy holati mehnat bilan paydo bo'ladi, ushbu jarayonda insonni o'zi shakllanadi va mukammallashadi.

Erkin manfaatli ish shaxsni har tomonlama rivojlanishi, uni ijodiy qobiliyati va yuqori axloqiy sifatlarini rivojlantirish asosi bo'lib xizmat qiladi. O'qituvchi rahbarligida o'quv jarayoni talabalarni mehnatga hurmat, halol munosabatni tarbiyalash bilan uzviy bog'lanishi kerak.

Ustozlar o'z talabalarini namunaviy tashkil etilgan ishlab chiqarish korxonalari, mohir ustalar, olimlar, yuqori tajribali pedagoglar bilan tanishtirishi lozim. **Pedagogning asosiy mahorati talabalariga bilimlarni samarali berishida va adabiyotlar bilan tizimli ishlashni o'rgatishda bo'lsa, donoligi esa, bilimlarni berish bilan ularda qiziqish hosil qilish, tajriba asosida aniqlashni va bilimni qo'llashni o'rgatishidadir.**

Nazariya bilan tajribaning bog'liqligi yoki boshqacha aytadigan bo'lsak fan, ta'lim va ishlab chiqarishning integratsiyalashuviga erishish samarali texnologiyalarni yaratishiga asos bo'lgan va bundan keyin ham asos bo'laveradi. Donishmandlar aytganidek, tajriba bilan yaralmagan ilm bo'm-bo'sh, xatolarga to'la bo'ladi.

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. Jihozlarning texnik parametrlari to'g'risida qisqacha ma'lumot berilgan bo'lib, lekin ular asosida o'tkazilishi mumkin bo'lgan laboratoriya ishlari uchun ilmiy-uslubiy ko'rsatmalar ham 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.

O'quv qo'llanmada o'quv dasturida keltirilgan laboratoriya ishlarining tafsiloti yoritilgan. Laboratoriya ishlarini amaliy bajarish orqali talabada nazariy bilimni mustahkamlash, chuqurlashtirish va kengaytirish imkoniyatlari hosil bo'ladi. Natijada fan puxta o'zlashtiriladi.

Qarshi davlat universiteti fizika kafedrasida Kiyev milliy universiteti eksperimental fizika kafedrasida bilan 20.10.2017 yildan xalqaro hamkorlik shartnomasi asosida hamda Samarqand davlat universiteti optika kafedrasida bilan hamkorlik shartnomasi asosida faoliyat olib boradi. Shartnomada hamkorlikda ilmiy tadqiqot ishlarini olib borish va o'quv adabiyotlarini yaratish kabi masalalar ko'zda tutilgan. Hamkorlikda ilmiy maqolalar chop etilmoqda. Ushbu o'quv qo'llanmani yaratilishida ham o'zlarini qimmatli maslahatlarini ayamaganliklari uchun Kiyev milliy universiteti professori I.Y.Doroshenkoga va Samarqand davlat universiteti professori A.J.Jumaboyevlarga hamda Qarshi davlat universiteti fizika kafedrasida professor-o'qituvchilariga minnatdorchilik bildiraman.

O'quv qo'llanmaning maqsad va vazifalari:

Asosiy maqsadi:

Optika, atom fizikasi hamda yadro va elementar zarralar fizikasining asosiy fundamental qonuniyatlarini amalda tekshirish va fizik parametrlarni aniqlash orqali nazariy olingan fundamental bilimlarni mustahkamlash, chuqurlashtirish va kengaytirishdan iborat.

Vazifalari:

Muayyan maqsadga yo'naltirilgan kichik ilmiy tadqiqotlar olib borish ko'nikmalarini shakllantirish;

Tajriba o'lchov qurilmalarini qo'lda yig'ish va o'lchash o'tkazish ko'nikmalarini shakllantirish;

Olingan natijalarni hisoblash va qayta ishlashda foydalaniladigan usullarni to'g'ri tanlash va kompyuter texnologiyalari hamda matematik apparatni qo'llagan holda tajriba xatoliklarini topish masalasini egallash;

Har bir qurilma ichida kechadigan fizik jarayonlarni bilish orqali zamonaviy asbob-uskunalarini ya'ni tadqiqot qurilmalarning ishlash tamoyili va imkoniyatlarini baholashni o'rganish hamda ularni amaliyotda qo'llash ko'nikmalarini hosil qilishdan iborat.

I Qism

O'lchash xatoliklari va o'lchash natijalariga ishlov berish

1.1 O'lchashlar va o'lchash xatoliklari

Laboratoriya mashg'ulotlari nazariya va amaliyotni bog'lovchi, ularning birligini ta'minlovchi asosiy omil bo'lib, talabalarning bilimlarini mustahkamlash bilan bir qatorda o'lchov asboblari bilan ishlash va tajriba o'tkaza bilish ko'nikmalarini shakllantirishda va rivojlanishida katta ahamiyat kasb etadi. Fizikaviy jarayonlar va hodisalarni o'rganishda kuzatishlar va tajribalarda (eksperimentda) olingan ma'lumotlarga tayanib ish ko'riladi. Ya'ni fizikaviy qonunlarni aniqlash va tekshirish tajriba ma'lumotlarini to'plash va bir-biri bilan solishtirish orqali amalga oshiriladi.

Hodisalarni tabiiy sharoitlarda o'rganish kuzatish deyiladi. U yoki bu hodisani laboratoriya sharoitida yuzaga keltirib o'rganishga tajriba yoki eksperiment deyiladi. Lekin, hech bir tajriba hodisa yuz berishi mumkin bo'lgan barcha shart-sharoitlarni hisobga olalmaydi. Shu sababli fizikaviy hodisalarning miqdoriy xarakteristikalarini bo'lgan fizik kattaliklarni o'lchashda doimo xatoliklar yuz berib turadi. Buning ma'nosi shuki, u yoki bu qonunning to'g'riligini tajriba yo'li bilan cheklangan chegarada aniqlash mumkin.

Biz qo'llayotgan o'lchov asboblari va sezgi organlarimizning uncha yaxshi takomillashmagani tufayli har qanday o'lchash natijalari ma'lum bir darajadagina aniqlikka ega bo'ladi. Shuning uchun ham o'lchash natijalari bizga o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatini emas, taqribiy qiymatiga beradi. O'lchashning o'lchov birligining qanday eng kichik ulushigacha ishonchli bajarish mumkin bo'lsa, ana shu o'lchash natijasining aniqlik darajasi bo'ladi. O'lchash aniqligining darajasi bu o'lchashda ishlatilayotgan asboblarga, o'lchashning umumiy usullariga bog'liq bo'lib, biron muayyan sharoitda erishilishi mumkin bo'lgan aniqlikdan ham aniqroq natijalar olish uchun urinish vaqtni bekorga sarflash demakdir. Eng oxirgi natijaning aniqligini oshirish uchun har qanday fizik o'lchashni bir martagina emas, balki tajribada o'tkazilayotgan sharoitni o'zgartirmay turib, bir necha marta takrorlash lozim. Haqiqatan ham biz o'lchashda va sanoqda hamma vaqt ozmi, ko'pmi xato qilamiz.

O'lchashlar ikki turga bo'linadi: bevosita va bilvosita.

Bevosita o'lchashlarda, aniqlanishi kerak bo'lgan kattalik to'g'ridan-to'g'ri o'lchanadi. Masalan, uzunlikni chizg'ich yordamida, jism massasini tarozi yordamida, vaqtni esa sekundomer yordamida o'lchash mumkin. Ba'zi bir hodisalarda bizni qiziqtirayotgan kattalik o'rniga u bilan birga u yoki bu tarzda bog'liq bo'lgan kattaliklarni o'lchashga to'g'ri keladi. Masalan, jism zichligini aniqlash uning massasi va hajmini o'lchash orqali, tezlikni aniqlash esa jismning ma'lum bir vaqt ichida bosib o'tgan yo'lini o'lchash orqali amalga oshiriladi. Aniqlanishi kerak bo'lgan kattalikni topishdagi bunday o'lchashlar bilvosita o'lchashlar turiga kiradi.

O'lchashlarning sifati ularning aniqligi bilan belgilanadi. O'lchashlarning aniqligi esa o'lchashlarning xatoligi bilan xarakterlanadi. Fizikaviy kattalikning haqiqiy qiymati bilan uning tajribada topilgan qiymati orasidagi farq o'lchashlarning absolyut xatoligi deb ataladi.

O'lchashlarning sifati absolyut xatolik bilan emas, balki nisbiy xatolik bilan belgilanadi. Nisbiy xatolik son jihatidan absolyut xatolikni o'lchangan kattalikning o'rtacha qiymati nisbatiga teng. Masalan: 1 mm ga teng bo'lgan xatolik, stol uzunligini o'lchashda arzimagan xatolik bo'lsa-da, atomning diametrini o'lchashda bunday xatolikka yo'l qo'yish mumkin emas deb hisoblanadi.

Fikrimiz so'ngida, o'lchash xatoliklarini baholay bilishning ahamiyati o'lchashlarda haqiqiy qiymatga yaqin natijani ola bilishdan kam emas ekanligini qayd qilib o'tishni lozim deb hisoblaymiz.

1.2 Xatolik turlari

O'lchashlarda uchraydigan xatoliklarni **uch turga - sistematik, tasodifiy va qo'pol** xatoliklarga ajratish mumkin. Qiymati va ishorasi takror o'lchashlarda o'zgarmay qoladigan xatoliklar, sistematik xatoliklar deb ataladi. Sistematik xatoliklar o'lchov asboblarning konstruktiv va texnikaviy xususiyatlari tufayli, ularning eskirganligi, noto'g'ri o'rnatilganligi va o'lchash sharoitlarining o'zgarishi tufayli yuzaga keluvchi xatoliklardir. Bu xatolik masalan, chizg'ich shkalasining notekis darajalanishidan, termometr nolining haqiqiy nol temperaturaga mos kelmasligi, termometr kapilyari kesim yuzasining kapilyar bo'yicha bir-xil bo'lmasligi, tok o'tmagan vaqtda ampermetr strelkasining shkala noliga mos kelmasligi va boshqa sabablar tufayli ham paydo bo'lishi mumkin.

Ba'zi bir fizikaviy kattaliklarning qiymatlarini jadvaldan olganda, ularni yaxlitlaganda, ba'zi doimiylarning taqribiy qiymatlarini olganda ham sistematik xatolikka yo'l qo'yiladi.

Sistematik xatoliklarni ikkiga – asosiy va qo'shimcha xatoliklarga ajratish mumkin. O'lchov asboblardan normal sharoitda foydalanganda mavjud bo'luvchi xatoliklar, asosiy xatoliklar deyiladi va ular o'lchov asboblari konstruksiyasidagi va tayyorlash texnologiyasidagi kamchiliklar bilan bog'liq bo'lgan xatoliklardir. Qo'shimcha xatoliklar asboblarning ishlatish sharoitlari o'zgarganda yuzaga keluvchi xatoliklardir. O'lchash metodini o'zgartirish, asbobning ko'rsatmalariga tuzatmalar kiritish va tashqi faktorlar ta'sirini hisobga olish yo'li bilan sistematik xatoliklarni kamaytirish mumkin.

Oldindan hisobga olib bo'lmaydigan va har bir o'lchashda ta'siri turlicha bo'lgan tasodifiy sabablarga ko'ra yuz beradigan xatoliklar tasodifiy xatoliklar deb ataladi. Tasodifiy xatolik qiymati qanday bo'lishini o'lchashlardan oldin aytib bo'lmaydi. Tasodifiy xatolik qiymati va ishorasi o'lchashdan – o'lchashga o'zgarib turadi. Tasodifiy xatolikning mavjudligi bizga o'lchanuvchi kattalikning aniq qiymatini topishga imkon bermaydi. Tasodifiy xatoliklar bilan bog'liq bo'lgan o'lchov natijalariga ishlov berishda deyarli barcha statistik hisob-kitoblarda ishlatiluvchi matematik nazariya-ehtimollar nazariyasidan foydalaniladi.

Qo'pol xatolik eksperimentatorning e'tiborsizligi, natijalarni pala-partish yozishi va shoshilishi tufayli yuzaga kelishi mumkin. Qo'pol xatolik tajriba sharoitining qisqa vaqt davomidagi o'zgarishi tufayli ham yuzaga kelishi mumkin. Qo'pol xatolik o'lchov natijalari orasida boshqalaridan sezilarli farq qiluvchi bir yoki bir necha qiymatlarning borligi seziladi. Agar bu farq juda katta bo'lsa, bunday natijalar tashlab yuboriladi va hisoblashlarda ular e'tiborga olinmaydi. Qo'pol xatolikka yo'l qo'ymaslikning birdan bir usuli, o'lchashlarni juda puxtalik va katta e'tibor bilan bajarishdir.

Natijalarni ko'zdan kechirib chiqish hamma vaqt qo'pol xatoliklarni ajratib olishga imkon beravermaydi. Metodikada qo'pol xatoliklarni ajratib olishda maxsus usullardan foydalaniladi. Bunday usullardan biri Payt mezoni (kriteriysi) dir. Bu kriteriyga ko'ra moduli o'rtacha kvadratik xatoliklardan uch martadan ko'proqqa farq qiluvchi xatoliklar qo'pol xatoliklar turiga kiritilib, tashlab yuboriladi va kerakli hisoblashlar qaytadan bajariladi.

1.3 Bevosita o'lchash natijalarining xatoligini hisoblash

Yuqorida qayd qilib o'tilganiga ko'ra, o'lchashlarda u yoki bu sabablar bilan bog'liq bo'lgan xatolikka yo'l qo'yiladi. Avvaliga biz o'lchash asboblari beradigan sistematik xatoliklar va qo'pol xatoliklar deyarli yo'qotilgan deb faraz qilib, bevosita o'lchashlar bilan bog'liq bo'lgan xatoliklarni hisoblash qoidalarini bilan tanishib chiqamiz.

Agar haqiqiy qiymati N_0 ga teng bo'lgan fizikaviy kattalikni n marta o'lchash natijasida $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ qiymatlar olingan bo'lsa, u holda bu alohida o'lchashlarning xatoligi

$$\Delta N_i = N_i - N_0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

O'lchashlarning o'rtacha aniqlik darajasini tavsifligi uchun odatda alohida o'lchashlarning o'rtacha kvadratik xatolik tushunchasi qo'llaniladi. Bu xatolik alohida o'lchashlar xatoliklarining o'rtacha kvadratidan olingan kvadrat ildizdir, ya'ni

$$\Delta_{kv} = \sqrt{\overline{\Delta N^2}} = \sqrt{\frac{\Delta N_1^2 + \Delta N_2^2 + \dots + \Delta N_n^2}{n}} \quad (2)$$

kattalikdir. O'lganayotgan kattalikning aniq qiymati X noma'lum bo'lganligi sababli alohida o'lchash xatoliklarini aniqlashning iloji yo'q.

Shu sababli aniq hisoblash o'rniga kvadrat qiymat bilan cheklanishga to'g'ri keladi. Olingan natijalarni hisoblashda o'lchalinayotgan kattalikni eng ehtimoliy qiymati sifatida o'lchash natijalarining o'rta arifmetik qiymati olinadi:

$$\bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i \quad (3)$$

O'rtacha arifmetik qiymat o'lchalinayotgan fizikaviy kattalikning haqiqiy qiymatiga eng yaqin bo'lgan qiymatdir.

O'rtacha qiymat tushunchasi kiritilishi bilan alohida o'lchashlar natijalarining o'rtacha arifmetik qiymatdan og'ishlari degan tushuncha, ya'ni

$$\varepsilon_i = N_i - \bar{N} \quad (4)$$

kattalik kiritiladi. (1) va (4) dan

$$\Delta N = \varepsilon_i + \delta \quad (5)$$

ekanligi kelib chiqadi. Bunday doimiy kattalik δ o'rtacha arifmetik qiymatning xatoligi ma'nosiga ega:

$$\delta = \bar{N} - N_0 \quad (6)$$

Bu kattalik qiymatining aniq hisoblab chiqish mumkin emas. Biroq bu δ kattalikni yoki uning kvadrati absolyut qiymatining ehtimol tutilgan qiymatini aniqlash mumkin. $\delta_{\text{ke}} = \sqrt{\overline{\delta^2}}$ kattalik o'rtacha arifmetik qiymatining o'rtacha kvadratik xatoligi deb ataladi. Uni hisoblash xatoliklar nazariyasining asosiy masalasi hisoblanadi. (5) tenglikni kvadratga ko'tarib va barcha i lar bo'yicha yig'indisini olib, quyidagini

$$\sum \Delta N_i^2 = \sum \varepsilon_i^2 + \sum \delta^2 + 2\delta \sum \varepsilon_i$$

yoki $\sum \varepsilon_i = 0$ ekanini hisobga olib, (6) tenglikni quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\delta = \frac{\sum N_i}{n} - N_0 = \frac{\sum (N_i - N_0)}{n} = \frac{\sum \Delta N_i}{n} \quad (7)$$

bundan

$$n\delta^2 = \frac{1}{n} \sum \Delta N_i^2 + \frac{1}{n} \sum \sum \Delta N_i \Delta N_j \quad (8)$$

ni olamiz. O'ng tomondagi birinchi qo'shiluvchi $\overline{\Delta N^2}$ ga teng. Agar n ta o'lchashlardan iborat qaralayotgan seriyani cheksiz takrorlasak, u holda qo'shaloq yig'indi teng ehtimollik bilan ham musbat, ham manfiy ma'lumotlarni qabul qiladi. Shuning uchun uning qiymati nolga teng bo'ladi. Buni e'tiborga olib,

$$n \cdot \delta^2 = \overline{\Delta N^2} \quad (9)$$

$$n \cdot \overline{\Delta N^2} = \sum \varepsilon_i^2 + \overline{\Delta N^2} \quad \text{ni hosil qilamiz va buni (7) ga qo'yib quyidagini olamiz:}$$

bundan

$$\Delta_{kv} = \sqrt{\overline{\Delta N^2}} = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i^2}{n-1}} \quad (10)$$

$$\text{va} \quad \delta_{kv} = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i^2}{n(n-1)}} = \frac{\Delta_{kb}}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

ifodalar kelib chiqadi. Bu formulalarning o'ng tomoniga ma'lum kattaliklar – alohida o'lchashlar natijalarining o'rtacha qiymatlari kiradi. Shuning uchun (10) va (11) o'rtacha kvadratik xatoliklarni hisoblashga xizmat qilishi mumkin.

Aniqlikni ikki tartibga oshirish o'lchashlar sonini 10000 marta ortirishni talab qiladi. Bundan ko'rinish turibdiki, o'lchashlarni ko'p marta takrorlash usuli faqat n ning uncha katta bo'lmagan qiymatlari uchungina samarali bo'lar ekan.

O'lchalinayotgan kattalikni qiymati va xatoligi topilgandan so'ng, o'lchash natijalari quyidagi ko'rinishda yoziladi.

$$N = \bar{N} \pm \Delta N \quad (12)$$

bu yerda ΔN ishonch intervali. Ishonch intervali N ishonchlikni ko'rsatish orqali aniqlanadi.

Ishonchlik haqiqiy qiymatning muayyan intervalda uchrash ehtimolini bildiradi, uni protsentlarda ham ifodalash mumkin. Agar biz ishonchlilikni oshirishni istasak, ishonch intervalini kengroq, kichik ishonchlilikda esa intervalni torroq qilib olish kerak bo'ladi.

Ishonch intervalini quyidagi ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$\Delta N = t_{\alpha}(n) \cdot \delta_{kv} \quad (13)$$

bundagi $t_{\alpha}(n)$ n ta o'lcham uchun α ko'effitsiyent qiymati jadvaldan olinadi. Ishonchlilikni oshirish o'lchalanayotgan fizikaviy kattalikning ishonch intervali ortishiga va uni aniqlashni kamayishiga olib keladi. O'lchashni iloji boricha hamma vaqt maksimal ishonchlilik bilan katta aniqlikka ega bo'ladigan natija olishga imkon beruvchi o'lchash usullaridan foydalanishga harakat qilish kerak.

1.4 Bilvosita o'lchash natijalarining xatoligi

Bilvosita o'lchanadigan y kattalik bilan tajribada bevosita o'lchanadigan $\bar{N}_1, \bar{N}_2, \bar{N}_3, \dots, \bar{N}_n$ kattaliklar orasida $y = f(N_1, N_2, \dots, N_n)$ (1) ko'rinishdagi funksional bog'lanish mavjud bo'lsa, avvalo bu kattaliklar bir necha marotaba o'lchab olinadi, so'ngra izlanayotgan kattalik bevosita o'lchangan kattaliklarni o'zaro bog'lovchi ifoda (1) dan foydalanib, hisoblanadi.

Bilvosita o'lchanadigan kattalikning xatoligi bevosita o'lchanadigan kattaliklarning xatoligiga bog'liqdir. Ehtimollar nazariyasi bevosita o'lchanadigan kattalikning o'rtacha kvadratik xatoligi uchun quyidagi ifodani beradi:

$$\Delta_{kv} = \sqrt{(\Delta y_1)^2 + (\Delta y_2)^2 + \dots + (\Delta y_n)^2} \quad (2)$$

Bundagi Δy_i bilvosita o'lchanuvchi y kattalikning bevosita o'lchanadigan $\bar{N}_i$ kattalikni o'lchash bilan bog'liq bo'lgan xususiy xatoligi deyiladi.

Odatda Δy_i kattalik differensiallash usulidan foydalanish orqali hisoblandi:

$$\Delta y = \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \quad (3)$$

bunda $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ – y kattalikning $\bar{N}_i$ bo'yicha xususiy hosilasi, $\bar{\Delta N}_i$ – bevosita o'lchanuvchi $\bar{N}_i$

kattalikning o'rtacha kvadratik xatoligi. Tushunarli bo'lishi uchun quyida bilvosita o'lchanadigan kattalik xatoligini hisoblashga doir ikkita misol keltiramiz:

1) bilvosita o'lchanuvchi y kattalik $\bar{N}_1$ va $\bar{N}_2$ kattaliklarni yig'indisidan yoki ayirmasidan iborat bo'lsin, u holda y ning $\bar{N}_1$ va $\bar{N}_2$ lar bo'yicha xususiy hosilalari birga teng bo'lgani uchun

$$\Delta_{kv} = \sqrt{(\Delta N_1)^2 + (\Delta N_2)^2} \quad (4)$$

bo'ladi.

2) γ kattalik $\overline{\overline{N_1}}, \overline{\overline{N_2}}, \overline{\overline{N_3}}, \dots$ lar bilan quyidagi

$$y = N_1^\alpha \cdot N_2^\beta \cdot N_3^\gamma \quad (5)$$

formula orqali bog'langan bo'lsin. (5) formuladagi α β γ lar ixtiyoriy sonlar. Bu holda izlanayotgan kattalikning xatoligi quyidagi formula yordamida aniqlaniladi:

$$\Delta_{kv} = y \sqrt{\left(\alpha \frac{\Delta N_1}{N_1}\right)^2 + \left(\beta \frac{\Delta N_2}{N_2}\right)^2 + \left(\gamma \frac{\Delta N_3}{N_3}\right)^2 + \dots} \quad (6)$$

Bundan ko'rinadiki, to'liq xatolik bir necha tashkil etuvchilardan iborat bo'lib, ularni kamaytirish, toki ulardan bittasining qiymati qolganlaridan ikki marta katta bo'lib qolmaguncha davom ettirish kerak. Xususiy kattaliklarni bundan keyingi kamaytirish deyarli o'lchash aniqligini oshirishga olib kelmaydi. Buni quyidagi misolda ko'rib chiqamiz: $y = N_1 + N_2$ bo'lsin va $\overline{\overline{\Delta N_2}}$ xatolik $\overline{\overline{\Delta N_1}}$ dan ikki marta kichik bo'lsin. U holda $\Delta y = 1,1 \Delta N_1$ bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, kichik xatolikning umumiy kattalikka qo'shadigan ulushi 10% gagina oshgani ko'rinadi. Bundan umumiy xatolikni kamaytirish uchun xatolikni katta qiymatga ega bo'lgan tashkil etuvchi qiymatini kamaytirish kerak, degan xulosa kelib chiqadi.

1.5 O'lchashlarning to'liq xatoligi

O'lchashlarda erishiladigan aniqlik o'lchash asboblari kiritadigan sistematik xatoliklar va tasodifiy xatoliklar tufayli cheklangan bo'ladi. Shu sababli o'lchash natijalarini aniqlashda o'lchashlarning to'liq xatoligini aniqlash kerak.

Yig'indi xatolik tasodifiy va sistematik xatoliklar tashkil etuvchilari kvadratlarining yig'indisidan olingan kvadrat ildiziga teng:

$$\Delta_K = \sqrt{\sum_n \Delta_{ci}^2 + \sum_m \overline{\overline{\Delta N_1}}^2}, \quad (1)$$

bu yerda n va m mos ravishda sistematik va tasodifiy xatoliklarning tashkil etuvchilarini soni, Δ_{ci} sistematik xatoliklar, $\overline{\overline{\Delta N_i}}$ – funksional bog'lanish asosida aniqlanuvchi tasodifiy xatoliklar.

Yuqoridagi (1) formulaga xususiy xatoliklar qiymatlarini qo'yib foydalanilgan asbob, qurilma va o'lchash usulida yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan maksimal kattalikni aniqlash mumkin.

O'lchashlarda ishlatiladigan asboblarning sistematik xatoligi to'g'risidagi ma'lumot ularning pasportida ko'rsatilgan bo'ladi. Asbobning aniqligi uning shkalasining eng kichik ulushi bilan xarakterlanib, u o'lchanayotgan kattalikning aniqlash darajasini belgilaydi. O'lchash jarayonida o'lchash asboblari yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan maksimal xatolik odatda asbob shkalasida hisoblash mumkin bo'lgan eng kichik bo'lim qiymatining 0,5 ga teng bo'ladi.

Ko'pgina hisoblashlarda jadval ma'lumotlaridan foydalanishga ham to'g'ri keladi. O'z-o'zidan jadval ma'lumotlarining o'lchash natijalariga kiritadigan xatoligini qanday hisobga olish mumkin degan savol tug'iladi. Bunday hollarda talab qilinadigan aniqlikka qarab quyidagicha yo'l tutiladi. Agar hisoblashlarda ishlatiladigan kattalik son qiymatining biror razryadidan keyingi sonlar tashlab yuborilib, ular nollar bilan almashtirilsa, u holda bu kattalikning tashlab yuborilgan qismi uning xatoligi bo'ladi. Agar o'lchashlarda maksimal xatoliklarni bilish yetarli bo'lsa, kattalik talab qilinadigan razryadgacha yaxlitlanadi va xatolik sifatida uning son qiymatining oxirigi razryadining yarmi olinadi.

Ma'lumki, katta aniqlik bilan $h = 6,6260755 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ deb olish mumkin. Agar hisoblashlarda $h = 6,62 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ deb olish yetarli bo'lsa, u holda $\Delta h = 0,0060755$ bo'ladi.

Elektronning Bor radiusi $r_1 = 5,29177249 \cdot 10^{-11} m$. Agar hisoblashlarda $r_1 = 5,29 \cdot 10^{-11} m$ deb olsak, $\Delta r_1 = 0,00177149 m$ bo'ladi. Maksimal kattalik bilan cheklanish mumkin bo'lgan hollarda 9,89 yozuv bu sonning absolyut xatoligi 0,05 dan katta emasligini ko'rsatadi.

1.6 O'lchash natijalarini yozish

O'lchashlarda xatoliklarning o'zi 20-30% xatolik bilan aniqlanadi, ya'ni xatolikni qiymati yuqori bo'lmagan aniqlikda topiladi. Shu sababli natijaviy xatoliklarni yozishda ularni yaxlitlash lozim bo'ladi, aks holda o'nli kasr ko'rinishida yozilgan uzundan-uzoq sonlardan iborat qiymatlar o'lchashlarda yuqori aniqlikka erishilgan ekan degan noto'g'ri tasavvurni uyg'otishi mumkin. Umuman olganda, biror sonni yaxlitlash deganda, uning ahamiyatli razryadidan o'ngda turgan raqamlarning ma'lum qoidalar asosida tashlab yuborishni nazarda tutish kerak. Masalan, 2,3 va 2,7 sonlarining har biri 0,05 xatolikka ega. Ular ko'paytirilganda 8,51 hosil bo'ladi. Bu sondagi oxirgi bir raqam ahamiyatsiz bo'lganligi sababli tashlab yuboriladi va natijani 8,5 ko'rinishida yozish mumkin. Demak taqribiy sonni yaxlitlash uchun haqiqiy, shubhali va noto'g'ri raqamlarni aniqlash lozim bo'ladi.

Xatolikni yaxlitlaganda quyidagicha yo'l tutiladi: agar xatolik qiymati 1 xonali raqam bilan boshlangan bo'lsa, u holda yaxlitlanganda ahamiyatli son qoldiriladi. Masalan: xatolikni hisoblashda 0,423 ga teng qiymat olingan bo'lsa, yaxlitlashdan so'ng uning qiymati 0,4 ga teng bo'ladi. Agar xatolik qiymati 0,134 ga teng bo'lsa, u holda yaxlitlashdan so'ng 0,13 qiymatini olamiz.

Oxirgi natijani yozishda o'lchalanayotgan kattalik qiymati razryad bilan uni aniqlashda yo'l qo'yilgan xatolik qiymatining razryadi mos kelishiga e'tibor berish kerak. Oxirgi natijani yozish qoidasiga ko'ra quyidagi ko'rinishlarda bo'lishi kerak.

$$2,6 \pm 0,2; \quad 2,32 \pm 0,4; \quad 2,323 \pm 0,014$$

Yuqorida eslatib o'tilgan qoidaga kattalik qiymati oxirida keluvchi sonlardan ba'zilar nolgacha teng bo'lganda ham amal qilish kerak bo'ladi. Masalan: agar o'lchashlarda 0,004 kattalik bilan $\bar{m} = 0,300 \text{ kg}$ qiymat olingan bo'lsa, u holda oxirgi natijani $m = 0,300 \pm 0,004$ ko'rinishda qayd qilish kerak, ya'ni 3 dan keyin nollar ham yozilishi kerak. 0,3 ko'rinishdagi yozuv undan keyin keluvchi ahamiyatli raqamlar haqida hech qanday ma'lumot yo'q degan ma'noni anglatadi, vaholanki o'lchashlar undan keyin keluvchi sonlarning nolga tengligini ko'rsatmoqda.

O'lchashlar va hisoblashlarda amalga oshiriladigan yaxlitlashlar hisoblash natijalariga qo'shimcha xatoliklar kiritish mumkin emas. Odatda, oraliq hisoblashlar paytida ahamiyatsiz bo'lgan razryadga tegishli bo'lgan bitta qo'shimcha raqam saqlanib qoladi va bu razryadga tegishli raqam oxirgi natijani yozishda tashlab yuboriladi.

Quyidagi yaxlitlash qoidalarini eslatib o'tamiz:

- agar tashlab yuboriluvchi son beshdan kichik bo'lsa, u holda oxirgi saqlab qolinuvchi raqam o'zgartirishsiz qoldiriladi, bordi-yu u beshdan katta bo'lsa, oxirgi saqlab qolinadigan raqam bittaga orttirildi.
- agar tashlab yuboriluvchi son beshga teng bo'lsa, u holda yaxlitlash ko'pincha kelishuv asosida amalga oshiriladi.
- kelishuv qoidasiga asosan saqlab qolinuvchi raqam juft son bo'lsa, u o'zgarilishsiz qoldiriladi, bordi-yu toq son bo'lsa, qiymati birga orttiriladi (ya'ni yaxlitlash juft songacha amalga oshiriladi).

II Qism

2.1. Laboratoriya ishini hisobot uchun tayyorlashga talablar

O'lchash va qayta ishlash natijalarini ma'lum bir tartibda yozish lozim. Yozishni tartibli olib borish, birinchidan, o'lchash ishlarida qo'pol xatolar qilishdan saqlasa, ikkinchidan, vaqt sarfini tejaydi hamda yozuvlar orqali ish mazmunini tezda tushunib olish imkonini beradi.

O'lchash davomida olinayotgan natijalarni va har turli yordamchi hisob-kitoblar faqat laboratoriya ishlari uchun tutilgan "ishchi daftar" da yozilishi kerak.

Barcha tayyorgarlik ishlari (ishning tavsifi, tajriba natijalarini yozishga mo'ljallangan turli xil jadvallar, chizma va grafiklar chizishga mo'ljallangan millimetrli kataklarga bo'lingan qog'oz va boshqalar) avvaldan tayyorlab qo'yilishi kerak bo'ladi. Bu dars uchun ajratilgan vaqtdan samarali foydalanish, ya'ni tajriba o'tkazish, o'lchashlar olib borish, o'lchash natijalarini yozish va ularni qayta ishlash uchun asos bo'lib qoladi.

Laboratoriya ishlari uchun tutilgan asosiy daftarda uch qismdan iborat hisobot yoritiladi. Birinchi qismda laboratoriya ishi qurilmasi va ishda qo'llaniladigan uslub yoritiladi. Ikkinchi qismda barcha o'lchash natijalari, shu jumladan, jadval ko'rinishida, tugallangan holda beriladi. Yakuniy, uchinchi qismda, tajribaning natijaviy qismi (ya'ni izlanayotgan kattalik qiymati, xatolik chegara qiymati bilan) hamda xatoliklarni hisoblash natijalari bilan taqdim etiladi.

2.2. Hisobotning kirish qismini rasmiylashtirish

Kirish qismida o'lchashlar olib borishda qo'llaniladigan uslubning qisqacha nazariyasi, ishda foydalaniladigan qurilmaning asosiy qismlari tavsifi hamda qisqacha o'lchanayotgan kattalikni fizik mohiyatini yoritish imkonini beruvchi nazariya keltiriladi. Bu qism quyidagi tartibda (ketma-ketlikda) yoziladi:

1. Laboratoriya ishining nomi;
2. Qo'llaniladigan o'lchashlar nazariyasiga mos chizma va rasmlar;
3. Ikki-uch jumlada uslub haqida va uning nazariy tomonlarini yoritish;
4. Hisob-kitobda foydalaniladigan formulalarni keltirish;
5. Ushbu ishni bajarish davomida uchraydigan belgi va kattaliklar nomini keltirish;
6. Ishda qo'llaniladigan barcha o'lchov asboblari nomi, o'lchash oralig'i (diapazoni), eng kichik bo'lim qiymati, xatoliklari ko'rsatilishi lozim.

2.3. O'lchash natijalarini yozish

O'lchash natijalarini, avvaldan laboratoriya ishi uchun ishchi daftariga namuna boyicha chizib tayyorlangan, jadvallarga quyidagi tartibda yoziladi:

1. Eng avval jadval tartib raqami va nomi yoziladi.
2. Jadvaldagi har bir ustunga yoki qatorga o'lchanayotgan kattalik nomi, harfiy belgisi va o'lchov birligi yoziladi.
3. Jadvalning har bir ustunchasiga avval argument vazifasini bajaruvchi (asosan, vaqt, harorat va shu kabi) kattaliklar, so'ngra funksiya vazifasini bajaruvchi (asosan, tezlik, issiqlik miqdori va shu kabi) kattaliklar yozilsa maqsadga muvofiq bo'ladi.
4. Keyingi ustunda aniqlanishi kerak bo'lgan kattaliklar o'rtacha ($\bar{N}$) qiymatlari qayd qilinadi.
5. Biror N_i kattaliklar keltirilgan ustunga yonidagi ustungacha shu $\bar{N}_i$ kattalik bilan o'rtacha qiymat orasidagi farq hamda bu farq kvadratlari yoziladi.
6. Jadvallar faqatgina chizg'ichda estetik jihatdan chiroyli tusda tayyorlangan bo'lishi kerak (masalan, chiziq va sonlar uchun turli ranglarda va hokazo).
7. Uchinchi bo'lim, kerak holda, millimetrli kataklarga bo'lingan qog'ozga aks ettirilgan grafiklar bilan to'ldirilgan bo'lishi kerak. O'lchash tugallanib jadvallarga kerakli natijalar

kiritilgandan so'ng, hisoblashlar amalga oshiriladi. Laboratoriya ishlari uchun tutilgan daftarda eng avval har bir hisoblanadigan kattalik uchun algebraik formula yoziladi, so'ngra o'sha formula son qiymatlari qo'yilib yoziladi va nihoyat hisoblash natijalari qayd qilinadi. Shunday qilib, quyidagi ko'rinishdagi sxemaga rioya qilinishi kerak: algebraik formula, arifmetik ifoda, hisoblash natijalari. Yuqoridagi ko'rsatilgan sxema bo'yicha N_i uchun hisoblashlar amalga oshirilgandan so'ng, bevosita o'lchashlar uchun o'rtacha qiymat va tasodifiy sistematik xatoliklarning standart chetlashishlari qiymati keltiriladi. Izlanayotgan kattalik qiymati va xatoliklar ularni baholanishi 1.2 bo'lim asosida hisoblaniladi.

8. Uchinchi qism amalga oshirilgan tajribaning barcha natijalari va xulosalari bilan yakunlaniladi.

Fizikaviy amaliyot laboratoriyalarida tajriba natijalarini o'lchanayotgan kattalik belgilab qo'yilgan ehtimollikda yotishi mumkin bo'lgan intervalda berilish qabul qilingan.

Masalan, sirt taranglik koeffitsiyenti uchun ishonchlilik koeffitsiyenti $\sigma = 0,9$ bilan $\alpha = (72,00 \pm 0,50)10^{-3} \text{ N/m}$. Agar biror-bir bevosita va bilvosita o'lchash natijalari boshqa tajriba yoki nazorat hisoblashlardan olinishi mumkin bo'lsa (masalan, Plank doimiysi $-\hbar$) barcha tajribada olingan natijalar nazariy hisob-kitob natijalari bilan solishtirilib, xulosa qilingan bo'lishi shart.

Shu bilan birga, o'lchashlarda qo'llanilgan usulning afzallik va kamchiliklari tahlili, bu kattalikning boshqa o'lchash usullarda aniqlangan qiymatlari bilan solishtirilsa, maqsadga muvofiq bo'ladi.

OPTIKADAN LABORATORIYA ISHLARI

1-LABORATORIYA ISHI

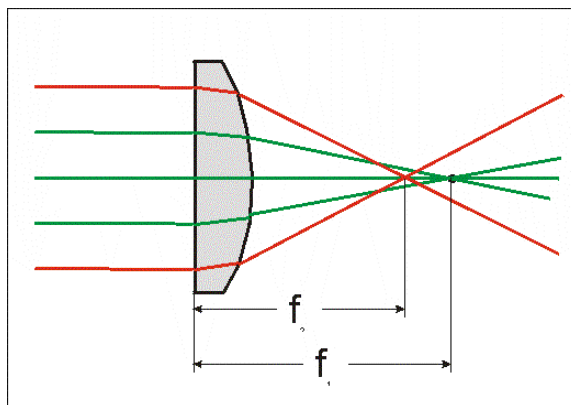
Linzalardagi sferik aberratsiyani o'rganish

Ishning maqsadi: Linzalardagi sferik aberratsiyani o'rganish, sferik aberratsiya tufayli tasvirda yuzaga keladigan nuqsonlarni aniqlash.

Kerakli asboblari: Sferik aberratsiya uchun bir juft tayanch, diafragmalardan iborat to'plam, lampa korpusi, lampa 6 V / 30 W, asferik kondensor, transformator, linza $f = +150$, gulsafsarsimon shaklli diafragma, yarim shaffof ekran, kichik optik kursi, V-shaklsimon stand asosi, 20 sm, multiqisgich leybold.

Ishning nazariy qismi: Linzalar- kameralar, mikroskoplar, teleskoplar, spektroskoplar va optoelektron asboblari kabi ko'pchilik qurilmalarda qo'llaniladigan optik elementlardan hisoblanadi. Linzali sistemalar tuzilishidagi optik kamchiliklar va akslantirish xatoliklari tuzatilishi kerak. Optikada tasvir yasash nazariyasi, umuman olganda, yorug'likning to'lqin tabiatiga asoslanishi lozim. Lekin bu usul murakkabligi tufayli ma'lum sharoitlarda to'lqin tabiatiga ega bo'lgan yorug'lik nuri yordamida tasvir yasash uchun quyidagi qonunlar ishlatilishi mumkin. Yorug'likning to'g'ri chiziqli bo'ylab tarqalish qonuni, qaytish, sinish va yorug'lik dastalarining mustaqillik qonunlari. Bu qonunlarning qo'llanilish chegarasini yorug'likning to'lqin nazariyasi aniqlaydi. Agar nur yo'li optik o'qni kichik burchak ostida kesib o'tsa va linzadan o'tayotgan nur uchun tushish burchagi va sindirish burchagi ham unchalik katta bo'lmasa sferik linza nuqtani ideal nuqta sifatida tasvirlaydi. Gauss optikasi deb ataladigan bunday sharoit cheklangan holatlardagina bajariladi, amaliyotda esa aberratsiyalar (tasvir nuqsonlari) muqarrar.

Mazkur tajribada sferik aberratsiyani o'rganamiz. Linza akslantirishidagi boshqa xatoliklar, ya'ni xromatik aberratsiya, akslantirish buzilishlari va linza akslantirishidagi tasvir maydonining qiyshayishi, bir-biri bilan chambarchas bog'liq.



1-rasm. Paraksial va abaksial nurlarning kesishuvi

Faqat optik o'qqa yaqin nurlarga linza fokus nuqtasida kesishadi. Chetki nurlar optik o'qni linza bilan fokus nuqtasi oralig'ida kesadi. Paraksial nurlar optik o'qqa yaqin bo'lgan nurlardir. Abaksial nurlar optik o'qdan uzoqroq bo'lgan nurlardir (1-rasm).

Aberratsiyalarning hosil bo'lish sabablari:

- **Sferik aberratsiya-** optik sistemalarda paraksial bo'lmagan abaksial nurlardan foydalanish tufayli vujudga keladi, ya'ni sferik aberratsiyani hosil bo'lishiga asosiy sabab sirtning shaklidir.
- **Xromatik aberratsiya-** optik sistemalarda monoxromatik bo'lmagan nurlardan foydalanish tufayli vujudga keladi. Moddaning sindirish ko'rsatkichi yorug'lik to'lqin uzunligiga bog'liqdir.

- **Distorsiya**- optik sistema yordamida hosil qilingan tasvir linzadan o'tgan nurlar sinishi va bitta nuqtada yig'ilmasligi hisobiga, geometrik o'xshashliklarni buzilishi tufayli vujudga keladi. Ko'rish maydoni chegarasida linzaning chiziqli kattalashtirishi bir xil bo'lmasligi tufayli tasvir buziladi.
- **Koma**- optik sistemalarda manbadan qiya nurlar tushganda kuzatiladigan nosimmetrik tasvir. Komaning hosil bo'lishiga sabab linzaning kattalashtirishi markaziy va chetki yorug'lik nurlari uchun bir xil emas.

Astigmatizm va tasvirning egriligi: Astigmatizm shunday aberratsion nuqsonki, u buyumning o'qdan tashqarida yotgan nuqtalarining tasvirini hosil qilishda vujudga keladi. Nuqtaviy manbadan tarqaluvchi nurlarning to'lqin sirti sferik sirtidan iborat bo'ladi. To'lqin sirti shaklini bir jinsli va izotrop muhitda o'zgartirmaydi. Birinchidan biz ta'kitlaganimizdek hayotda nuqtaviy manba yo'q, ikkinchidan nur dastalari linzadan o'tish jarayonida qo'shimcha hodisalar ro'y beradi. Natijada ularning to'lqin sirti deformatsiyalanadi. Ya'ni astigmatik shartidan chetlashadi. Linzalarda kuzatuvchi bunday hodisalarga astigmatizm deyiladi. Astigmatizm mavjud bo'lganda ideal optikaviy sistemalarda bo'lgani kabi nuqta ko'rinishidagi fokuslar o'rniga fokal chiziqlar olinadi. Berilgan elementar nurlar dastasi uchun f' paraksial fokusdan meridional fokusgacha bo'lgan masofa x_m va abaksial fokusgacha bo'lgan x_s masofalar nurning ω bilan belgilangan sistemaga kirish burchagining funksiyasi hisoblanadi, ya'ni

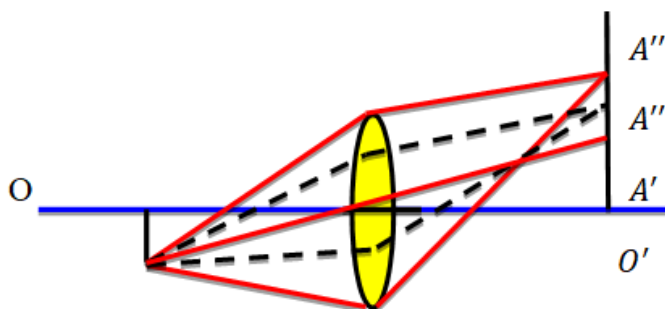
$$\begin{aligned} x_m &= \varphi_m(\omega) \\ x_s &= \varphi_s(\omega) \end{aligned} \quad (1)$$

Astigmatizm o'lchovi birligi uchun astigmatik farq deb ataluvchi $\delta = x_m - x_s$ kattalik olinadi.

Tasvirning eng yaxshi "nuqtasi" buyum nuqtasining eng kichik sochilish doirachasiga ega bo'lib tasvirlangan nuqtasi hisoblanadi. U meridional va sagittal tasvirlar orasida joylashgan bo'ladi, fokus uchun esa meridional va sagittal fokuslar orasi olinadi. U yassi bo'lmaydi, ya'ni buyumlar tasviri egri sirtida joylashadi. Tasvir egriligining o'lchovi sifatida tasvirning o'rtacha egriligi deb ataluvchi $\delta = \frac{x_m + x_s}{2}$ yarim yig'indi qabul qilingan. Sindiruvchi sirtlar egrilik radiusi va optik

kuchlarni tanlash yo'li bilan optik sistema astigmatizmini yo'qotish mumkin.

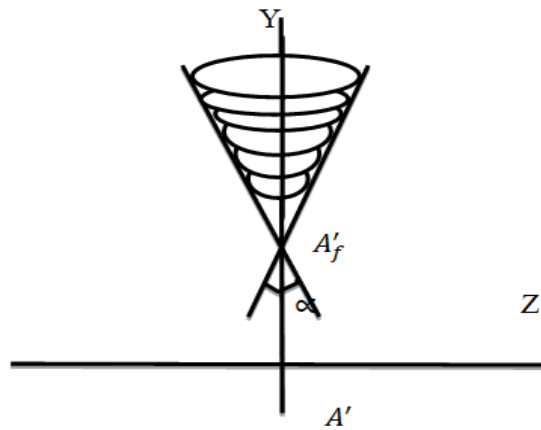
Koma: Aberratsiyaning bu turi buyumning optikaviy o'qdan tashqarida yotgan nuqtalari uchun keng nurlar dastasi yordamida tasvir hosil qilishda vujudga keladi (2-rasm).



2-rasm. Koma hosil bo'lishi

Linzaning bosh optik o'qida joylashgan har qanday manba tasvirida dumli yorug' dog' hosil bo'ladi. Bunday turdagi linzaning kamchilligi koma deyiladi.

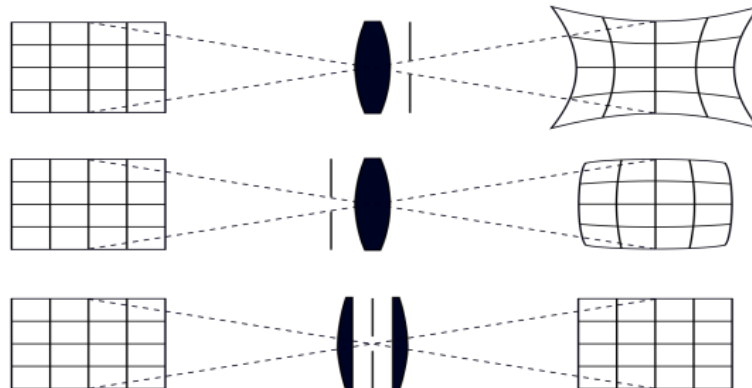
Tasvir optikaviy o'qdan uzoqlik orta borishi bilan radiuslari orta boradigan doiralarning uzluksiz to'plamidan iborat bo'ladi (3-rasm).



3-rasm. Rasmda A' nuqta optikaviy o'qqa yaqindagi chiqish qora chizig'idan o'tayotgan yorug'lik dastasiga tegishli

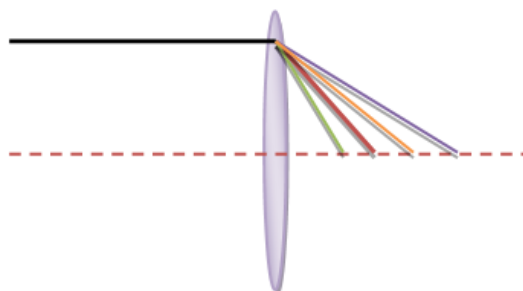
O'lchov kattalashib borayotgan doiralar optikaviy o'qdan borgan sari uzoqlashayotgan chiqish qorachizig'idan o'tayotgan dastalar hisobiga hosil bo'layotgan tasvirlarga mos keladi. Umuman olganda A' nuqtaning o'rniga $\alpha=60^\circ$ ochilish burchagiga ega bo'lgan konus ko'rinishidagi tasvir hosil bo'ladi va uning ko'rinishi kometa dumini eslatadi, shundan koma deb atalish kelib chiqqan.

Distorsiya: Aberratsiyaning bu turi shu bilan xarakterlanadiki, bunda buyum tasvirining kattalashishi ko'rish maydoni bo'yicha bir xil bo'lmaydi. Tasvir yassi va tasvir tekisligidagi chiziqlar keskin bo'lishi mumkin, lekin kattalashishning bir xil bo'lmasligi tufayli chiziqlarning egrilanishiga olib keladi. Ya'ni har qanday linza radiusi bo'ylab har xil kattalashtirish shakli bochka yoki yostiq ko'rinishda bo'ladi. Linzaning bunday kamchiligi distorsiya deyiladi. Distorsiyani kamaytirish uchun optik sistemalarda linzalar turkumidan foydalaniladi (4-rasm).



4-rasm. Distorsiya hosil bo'lishi

Xromatik aberratsiya: Agar sistema monoxromatik bo'lmagan yorug'lik bilan yoritilgan bo'lsa, u vaqtda aberratsiyaning yangi turi – xromatik aberratsiya vujudga keladi. Bu aberratsiya yorug'lik dispersiyasi hisobiga paydo bo'ladi. Spektirning turli qismlaridagi nurlar uchun sindirish ko'rsatkichining bir xil bo'lmasligi tufayli buyum tasviri turli ranglarga ajrab turli fokuslarga ega bo'ladi (5-rasm).

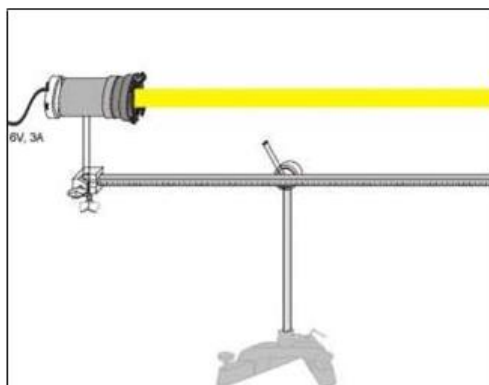


5-rasm. Xromatik aberratsiyani hosil bo'lishi

Asosiy tushunchalar

Sferik aberratsiya tasvirning linzada kuzatiladigan turli nuqsonlaridan biri hisoblanadi. Optik o'qqa parallel tushayotgan barcha nurlar ham linzadan o'tgandan keyin fokus masofada yig'ilmaydi. Optik o'qqa yaqin nurlarga nisbatan chetki nurlar uchun fokus masofa (1-rasm). Natijada optik o'q oldidagi (atrofida) fokal tekislikda nurlar uncha katta bo'lmagan aylana sohasini shakllantiradi.

Linzalarning aberratsiyasi turli usullar bilan kamaytirilishi mumkin, masalan linzaning oldingi va orqa sirtlarining egrilik radiuslarini munosib tanlash orqali

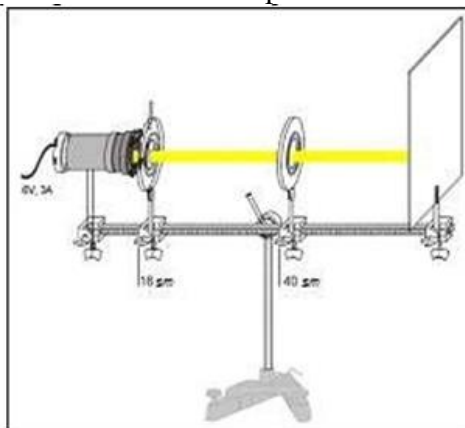


6-rasm. Tajriba qurilmasi. Asferik kondensorli lampani optik kursiga o'rnatish

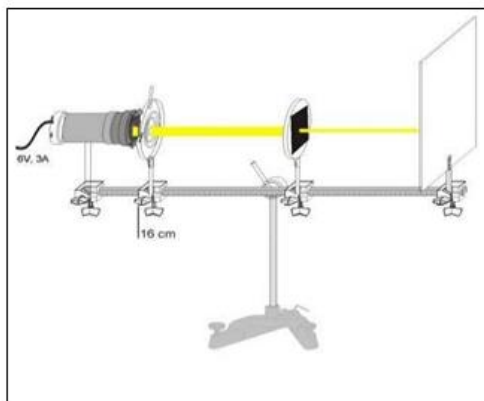
Ishni bajarish tartibi

Asferik kondensorli lampani optik kursida 6-rasmda tasvirlanganidek sozlang.

- 6 voltli lampa cho'g'langanda, korpudagi lampa qo'yilmasini shunday buringki, lampa tolasining yorqin siymosi devorning qarama-qarshi tomonida kuzatilsin (parallel yorug'lik nurini olish uchun lampa bilan devor oralig'i 3 m tartibida bo'lishi kerak).
- Lampa tolasining tasviri gorizontal bo'lishi uchun lampa qo'yilmasini to'g'rilang. Yorug'lik nurining paralleligi tekshirilishi mumkin, masalan yorug'likni sirtga oddiygina tegib turgan qog'oz varag'i orqali o'tkazish mumkin. Agar zarur bo'lsa, lampani lampa korpusi orqasidagi uchta rostlovchi vintlar bilan rostlang.
- Yarim shaffof ekranni 7-rasmda tasvirlanganidek sozlang va lampa bilan yarim shaffof ekran orasiga linzani $f = +150$ mm lampaga qavariq tomoni bilan joylashtiring.
- To'rli (5x5 mm oraliqda intervalga ega) diapozitivni asferik kondensorga mahkamlangan slaydlarni tutib turgichga o'rnatang.
- Gulsafsarsimon shaklli diafragmani lampa oldiga joylashtiring va uni to'liq oching. Yarim shaffof ekranda to'rning ravshan tasviri hosil bo'lguncha, linzani (lampa tomon) siljiting. Qavariq linzalar ham botiq linzalar ham sferik aberratsiyaga ega. Odatda, sferik aberratsiyani tuzatish uchun adaptasiyalangan linzalar sistemasi qo'llaniladi.



7-rasm. Linzalarning sferik aberratsiyasini o'rganish uchun tajriba qurilmasi: ravshan tasvir uchun linzaning o'rni



8-rasm. Linzalarning sferik aberratsiyasini o'rganish uchun tajriba qurilmasi

- Chetki yorug'lik nurlarini bartaraf qilish uchun markazi tuynukli diafragmani linzaning tekis tomoniga qotiring (8-rasm).
- Linzani siljitish orqali to'ring ravshan tasvirini oling.
- Linza f_1 o'rnini yozib oling.
- Kichik tuynukli diafragmani halqasimon diafragma bilan almashtirib markaziy nurlarni kesing.
- To nurning ravshan tasvirini kuzatish mumkin bo'lguncha linzani siljiting.

Izoh: Chetki nurlar hosil qilgan tasvirlar kichik ravshanlikga ega.

- Linza f_2 o'rnini yozib oling.

Izoh: Muqobil sferik aberratsiyani kuzatish uchun ekran ham siljirilishi mumkin. Bu qurilmadagi tasvir masofasi mos ravishda f_1 va f_2 fokus masofasiga teng.

O'lchashga misol : Markaziy va chetki nurlar uchun linzaning o'ri: $f_1 = 36$ sm, $f_2 = 30$ sm.

Hisoblash natijalari

Linzaning markazi linzaning chetiga nisbatan kattaroq fokus masofaga ega. Shuning uchun sferik linzalar sferik aberratsiyaga duchor bo'lib, uning hisobiga nuqtaviy obyekt ekranda dog' bo'lib tasvirlanadi.

$$f_1 - f_2 = 6 \text{ sm}$$

Olingan natijalarga ko'ra linzadagi sferik aberratsiya 6 sm ga teng bo'lar ekan.

Nazorat savollari

1. Aberratsiya deb nimaga aytiladi?
2. Chiziqli va sferik aberratsiyani tushuntiring
3. Linzalar haqida ma'lumot bering
4. Yig'uvchi va sochuvchi linzalarda tasvir yasang
5. Linzalarni amalda qo'llanilishi
6. Paraksial nur dastasi qanday nur?
7. Qavariq linza aberratsiyaga egami?
8. Linzani umumiy formulasini keltirib chiqaring

2-LABORATORIYA ISHI

Oq yorug'likning dispersiyasi va rekombinatsiyasi bo'yicha Nyuton tajribalari

Ishning maqsadi: Oq yorug'likning shisha prizmada spektral tashkil etuvchilarga ajratish, dispersiyalangan yorug'lik ikkinchi prizmada qayta dispersiyalanmasligini ko'rsatish. Agar birinchi prizma ortidagi tirqishdan faqat bitta spektral komponent o'tsa, unda ikkinchi prizmada bu yorug'lik og'adi, ammo dispersiyalanmaydi. Sindirish sirtlari bir-biriga perpendikulyar bo'lgan ikkita qovushtirilgan prizmalardan iborat yig'ma optik qurilma bu qoidani tasdiqlaydi. Birinchi prizma ortidagi oq yorug'likning ajralgan spektrini birinchi

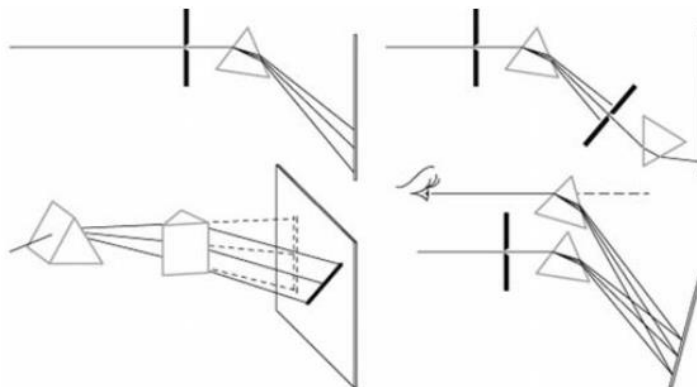
prizmaga parallel joylashgan ikkinchi prizmadan o'tishda spektral ranglarning rekombinatsiyasidan oq yorug'likning yuzaga kelishini namoyon qilishni o'rganamiz.

Kerakli jihozlar: Shisha prizma, elektr lampasi 6V/ 30W, lampa korpusi kabel bilan, asferik kondensor diafragma tutqich bilan, transformator 6/12V, prizma stoli sterjenda, prujinali qisqichli tutqich, kichik optik kursi, leybold multi qisqichlari, aylanadigan xomut, sterjen to'g'ri burchakli, V- shaklsimon shtativ

Ishning nazariy qismi: 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'tish uchun birikishi mumkin.



1-rasm. Oq yorug'lik dispersiyasini hosil qilish qurilmasi



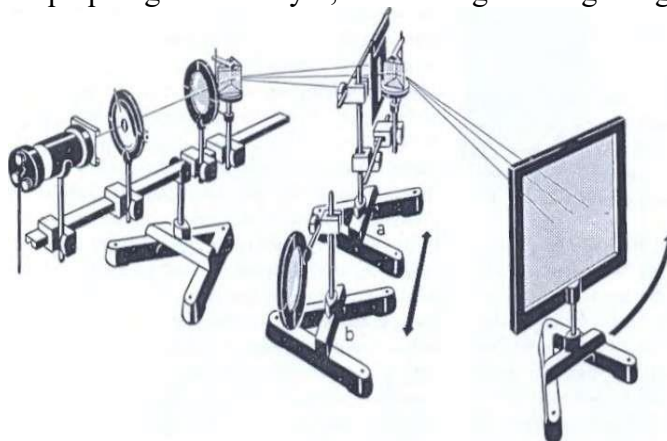
2-rasm. Oq yorug'lik prizmadan o'tganda dispersiylanishi va rekombinatsiyasi

1666-yil Isaak Nyuton 23 yoshida prizmalar bilan qilgan tajribalari, optikaning salmoqli taraqqiyotiga olib keldi, chunki u aksariyat yaxshi o'ylangan tajribalari yordamida shisha prizmada yorug'lik singanda yuzaga keladigan yorug'likning dispersiyasini tajriba yo'li bilan tushuntirib berdi. Nyuton o'z tajribalarida quyoshni yorug'lik manbasi sifatida olganini va proyeksion obyektiv bilan umuman ishlaganini hisobga olish kerak. Cho'g'lanma lampaning ekranga proyeksiyalangan dispersiyalangan "oq" yorug'likning spektri kamalakda yuzaga keladigan ma'lum ranglar ketma-ketligidan iborat. Bundan tashqari turli rangli yorug'lik filtrlaridan foydalanilganda, alohida ranglarning og'ishini namoyon qilish mumkin. Hatto filtrlardan foydalanganimizda ham, har bir rang spektrdagi o'rniga mos tarzda og'adi: spektrning turli sohalari uchun prizmaning sindirish ko'rsatkichi farq qiladi. Nyuton spektridagi alohida ranglar 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 tasvir biroz kengaysa ham, faqat tirqishdan o'tgan rang kuzatiladi. Ammo boshqa ranglar ko'rinmaydi.

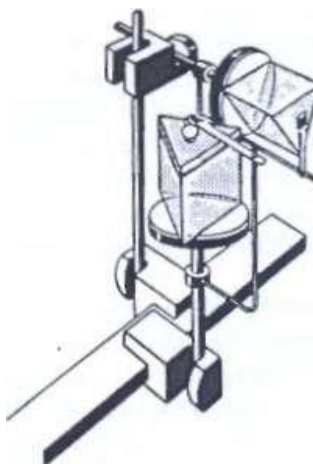
Nyuton xuddi shunday natijani kesishgan prizmalar bilan olgan. Mazkur tajriba uchun ikkinchi prizma gorizontal joshlashtirilgan sindiruvchi qirrasi bilan birinchisining ortiga o'rnatilgan. Bunda yorug'lik dastasi ikkala prizma bilan shunday og'adiki, og'gan spektr ekranga tushadi. Yorug'likning rangli spektral sohalari ikkinchi prizmadan 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 tushishidan oq yorug'lik olinishi mumkin. Bu maqsadda linza dispersiyalangan yorug'lik yo'lga linza joylashtiriladi, linza prizma sirtidan nurlarni ekranga yig'adi. Ekrandagi tasvir oq va kattalashgan bo'ladi. Spektr linza ortidagi fokal tekislikka yaxshi fokuslanadi. Prizmadan chiqqan nur prizma sirtidan akslanadi, bunga qaramasdan rangsiz va faqat shu spektrning barcha rangi ekranda rekombinatsiyalanib oq nur hosil bo'ladi.

Agar mazkur spektrning bir yoki boshqa qismi juda kichik linza yoki ekran orqali to'sib qo'yilsa, unda tasvir to'liq oq rangda bo'lmaydi, ammo sarg'ish tusga kirgan bo'ladi.



3-rasm. Qo'sh dispersiyani kuzatish qurilmasi



4-rasm. Kesishgan prizmalarni o'rnatilishi

Foydali maslahatlar: 3-rasmda 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.

Spektral ranglarning qayta rekombinatsiyasi uchun biz diametri 120 mm va fokus masofasi 500 mm bo'lgan linzadan foydalanishni maslahat beramiz, chunki bu linzada prizmaning sirti ekranda unchalik kattalashmasada, spektr juda yaxshi namoyon bo'ladi.

Kesishgan prizmalar 4-rasmda keltirilganidek o'rnatiladi. Ikkinchi prizma (yakka kristalli) gorizontal qirrasi bilan bevosita birinchi prizmaning ortida minimal og'ish bilan joylashtiriladi. Ikkinchi prizma (yakka kristalli) gorizontal qirrasi bilan bevosita birinchi prizmaning ortida minimal og'ish bilan joylashtiriladi.

Nazorat savollari

1. Dispersiya hodisasini tushuntiring
2. Normal dispersiyani tushuntiring
3. Nyuton tajribalarini tushuntiring
4. Rekombinatsiya nima?
5. Dispersiyaning elektron nazariyasini tushuntiring
6. Anomal dispersiyani tushuntiring
7. Dispersiyani amaliy ahamiyati haqida gapiring

3-LABORATORIYA ISHI

Qo'sh tirqishda va ko'p sonli tirqishda difraksiyani - VideoCom vositasida qayd qilish va hisoblash

Ishning maqsadi: Quyidagi hollar uchun difraksion tasvirlarni qayd qilish va intensivlik taqsimotini modellashtirish: tirqishning turli kengliklari uchun, tirqish kengligi doimiy qo'sh tirqishlar va tirqish kengligini aniqlash bilan.

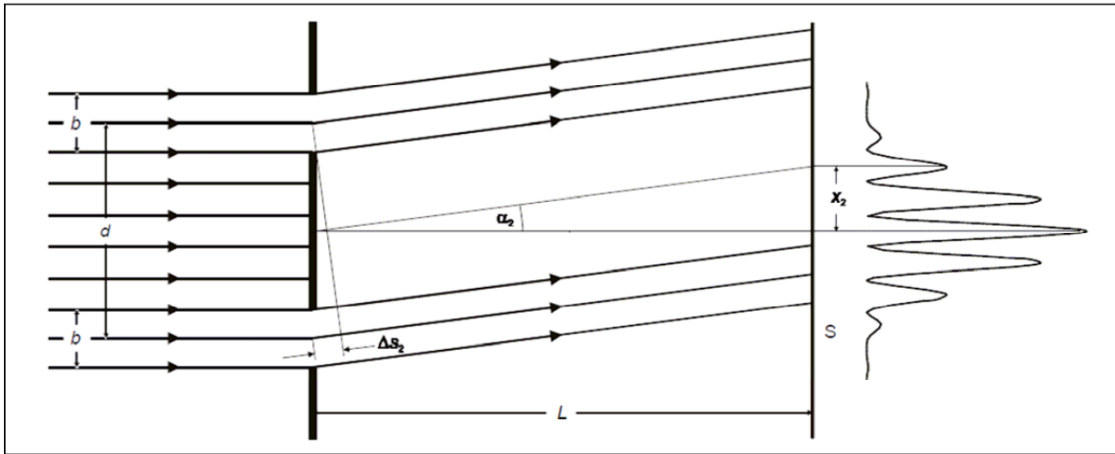
Kerakli asboblari: 3 ta qo'sh tirqishli diafragma, 4 ta qo'sh tirqishli diafragma, 5 ta qo'sh tirqishli diafragma, prujinali siqib turuvchi tutgich, chiziqli qutblangan He-Ne-lazer, polarizatsion filtr, VideoCom USB, gardishli linza, $f = +5$ mm, gardishli linza, $f = +50$ mm, gardishli linza, $f = +500$ mm, optik stol, profili standard 1m, optik reyder 60/50, Windows 2000/XP/Vista o'rnatilgan PK qo'shimcha talab qilinadi:

Xavfsizlik bo'yicha eslatma: Geliy-neon lazeri 2 sinf bo'yicha EN 60825-1 "Lazer xavfsizli" talablariga javob beradi. Agar ko'rsatmada keltirilgan mos punktlarga amal qilinsa, geliy-neon lazeri bilan tajriba o'tkazish xavfli emas. Hech qachon bevosita to'g'ri yoki akslangan lazer nuriga qaramang. Hech qaysi kuzatuvchi ko'zini qamashganini sezmasligi kerak.

Ishning nazariy qismi: 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 tarqalishidan og'ishi kuzatiladigan bunday holat difraksiya deb ataladi. Difraksion hodisalar o'rganilganda, tajribada bajariladigan ish tartibi ikki turga ajratiladi: *Fraungofer* difraksiyasi holida yorug'likning parallel to'lqin frontlari difraksion obyektning old tomonida va ortida o'rganiladi. Bu bir tomondan difraksion obyektдан cheksiz masofada joylashgan yorug'lik manbasiga va ikkinchi tomondan xuddi shuningdek difraksion obyektдан 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 obyektдан chekli masofada joylashadi. Masofa ortib borgani sari *Frenel* difraksion tasvirlari *Fraungofer* difraksion tasvirlariga o'xshashroq bo'lib boradi. *Fraungofer* difraksiyasi holida difraksion tasvirlarni hisoblash ancha soddaroq. Shu sababli mazkur ishda bayon qilingan tajribalar *Fraungofer* nuqtayi nazariga asoslangan

1-rasm: Qo'sh tirqishdan yorug'lik difraksiyasining sxemasi b-tirqish kengligi, g-tirqishlar oralig'i, L-tirqish bilan ekran orasidagi masofa, a_2 -markazdan 2-intensivlik minimumigacha masofa, X_2 -2-susaygan interferensiya kuzatiladigan yo'nalish ΔS_2 -yo'llar farqi, S-kuzatish tekisligi.



1-rasm. Qo'sh tirqishdan yorug'likni difraksiyalanishi

T. Yung g'oyasiga 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 (1-rasmdagi kulrang soha). Bundan tashqari, kuzatish tekisligida yorqin va qoramtir tasmalar namoyon bo'lib, ularni geometrik nur optikasi qonunlari bilan tushuntirib bo'lmaydi. Yorug'lik to'lqin 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 e'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 ($\sin\varphi \sim \varphi$) holida, kengligi d bo'lgan, N tirqishlar uchun quyidagi proporsionallik olingan:

$$I(\alpha) \sim \frac{1}{N^2} \cdot \frac{\sin^2(2\pi \frac{b}{\lambda} \alpha)}{(2\pi \frac{b}{\lambda} \alpha)^2} \cdot \frac{\sin^2(N\pi \frac{d}{\lambda} \alpha)}{\sin^2(\pi \frac{d}{\lambda} \alpha)^2} \quad (1)$$

Tenglamaning (1) o'ng tomonidagi uchinchi had, cheksiz tor va bir tekis taqsimlangan N ta tirqishdan yorug'lik to'lqinining difraksiyasi kuzatiladigan intensivlikning maksimumi va intensivlikning minimumlari davriyligining ketma-ketligini ifodalaydi. (1) tenglamaning 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 ($N > 2$) difraksion tasviri yakka tirqishning difraksion tasviri orqali modulyatsiyalanadi. Birinchi had $\frac{1}{N^2}$ 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 intensivlik taqsimotini $I(\alpha)$ ko'rsatadi va bu esa nazariya bo'yicha kutilgan intensivlik taqsimoti bilan uni tez va bevosita taqqoslashga imkon beradi.

Ishni bajarish tartibi

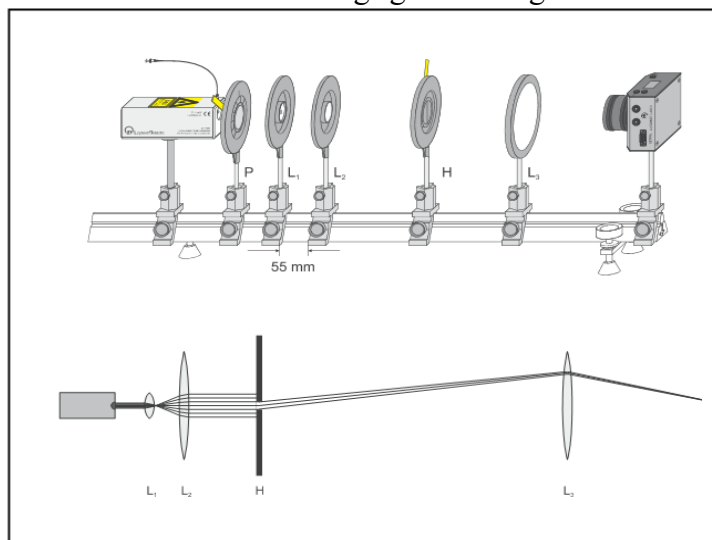
Eslatma: Yustirovka biroz qorong'ilashtirilgan xonada bajarilishi kerak.

Butun tajriba qurilmasi 2-rasmda tasvirlangan. Fokus masofasi $f = +5$ mm bo'lgan sferik linza L_1 qutblangan lazer nurining kengayishini ta'minlaydi. Fokus masofasi $f = +50$ mm bo'lgan keyingi yig'uvchi linza L_2 shunday joylashtirilganki, uning markazi sferik linza markazidan biroz pastda. Bu bilan lazer nuri biroz kengayadi va optik o'q bo'yicha deyarli parallel tarqaladi. Prujinali qisqichli tutgichdagi H fokus masofasi $f = +500$ mm bo'lgan yig'uvchi linza L_3 ortidagi VideoComning ZBA si namunasida yorqin difraksiyon tasvirini ta'minlaydi. Lazer nurlanishining intensivligi lazer bilan linza L_1 orasidagi polarizatsion filtr P yordamida o'zgartirilishi mumkin.

Optik reyderdan foydalanib, geliy-neonli lazerni optik stolga 2-rasmda keltirilgandek o'rnatib. 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. Fokus masofasi $f = +5$ mm bo'lgan sferik linzani L_1 lazer old tomonidan taxminan 20 sm masofada o'rnatib (lazer nuri VideoCom tuynugiga tushishi kerak). Fokus masofasi $f = +50$ mm bo'lgan yig'uvchi linzani L_2 sferik linza L_1 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. Yig'uvchi linza L_2 ni sferik linza L_1 dan to ekrandagi lazer nurining diametri taxminan 6 mm gacha kengaymaguncha siljiting (bunda lazer nuri doimiy aylana kesimga ega bo'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 $f = +500$ 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'rnatib.

Uchta qo'sh tirqishli diafragma bor prujinali siqib turuvchi tutgichni L_2 bilan L_3 oralig'iga nurning yo'lga joylashtiring.

VideoCom faqat kanalidagi intensivlikni o'lchaydi. Shuning uchun, difraksiyon tasvir aniq ZBA kanaliga tushayotganini tekshirish kerak. Zarur bo'lsa, VideoCom balandligini o'zgartiring. Polarizatsion filtrni P lazer bilan linza L_1 oralig'iga o'rnatib.



2-rasm. Tirqishdan keyingi difraksiyani kuzatish tajriba qurilmasi (yuqorida), nurning yo'li (pastda)

L_1 -linza $f = +5$ mm

L_2 -linza $f = +50$ mm

L_3 -linza $f = +500$ mm

P- qutblovchi filtr

H- prujinali qisqichli tutgich

S- kuzatish tekisligi (VideoCom ning ZBA kanali)

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 klavishini bosing. (O'lchash davomida doimo o'lchangan qiymatlar yangilanadi, ya'ni ular jadvalga yozilib, grafikda namoyon qilinadi). Polyarizasion filtrni P shunday yustirovka qilingki, difraksion tasvirning maksimumi uchun intensivlik 100% dan biroz past bo'lsin. F5 klavishni bosish orqali «Calibration/Comparison with Theory» menyusini chaqiring. Burchakni graudirovka qilish uchun «Diffraction Angle» jadvalga linza L_3 ning fokus masofasini $f=+500$ 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 burchakni 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, interferensiyalar strukturalar hattoki difraksiyalanmagan lazer nurlanishida ham bo'lishi mumkin.

Tajribani bajarish

a) 3 xil qo'sh tirqishli diafragmada difraksiya ($g = 0,25$ mm): F4 bilan eski o'lchangan qiymatlarni o'chiring. $b=0,10$ kenglikdagi qo'sh tirqish uchun intensivlik taqsimotini $I(\alpha)$ qayd qiling. Buning ychun oldin (256 piksel) tugmaga chertiladi yoki F8 klavishiga bosiladi va qutblovchi filtrning P optimal sozlanmasi tanlanadi.

Difraksion tasvirlarni qayd qilish uchun, (2048 piksel) tugmani cherting yoki F9 klavishini bosing. F9 bilan o'lchashlarni to'xtating. F2 klavishini bosib natijalarni saqlang (o'zingizga maqbul fayl nomi bilan). F4 bilan eski o'lchangan qiymatlarni o'chiring. O'lchashlarni $b=0,15$ mm va $b = 0,20$ mm bo'lgan qo'sh tirqishlar uchun takrorlang va har bir holat uchun natijalarni yangi fayl nomi bilan saqlang.

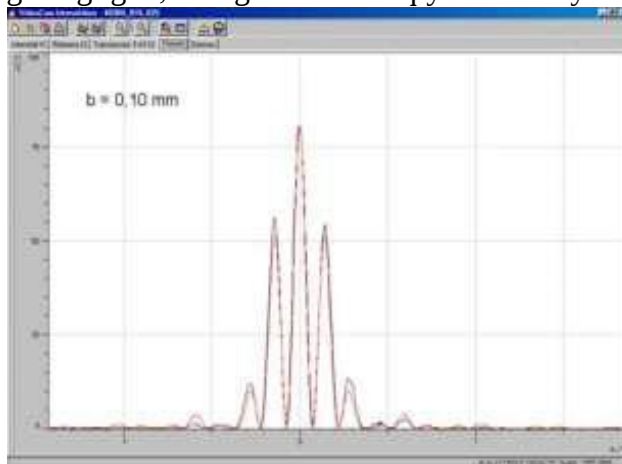
b) 4 xil qo'sh tirqishli diafragmada difraksiya ($g = 0,20$ mm):

Eski o'lchangan qiymatlarni o'chiring. $g=0,25$ mm tirqishlar oralig'i uchun intensivlik taqsimotini $I(\alpha)$ qayd qiling. Natijani saqlang (o'zingizga maqbul fayl nomi bilan).

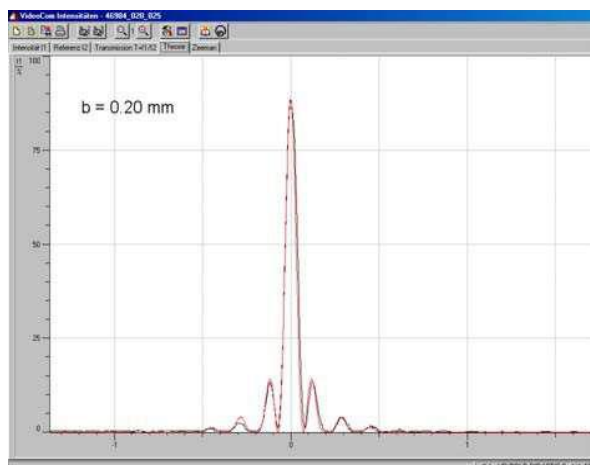
O'lchamlarni $g= 0,50$ mm, $g=0,75$ mm va $g=1,00$ mm bo'lgan qo'sh tirqishlar uchun takrorlang va har bir holat uchun natijalarni yangi fayl nomi bilan saqlang.

c) 5 xil ko'p sonli tirqishli diafragmada difraksiya ($b = 0.20$ mm va $g = 0.25$ 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.

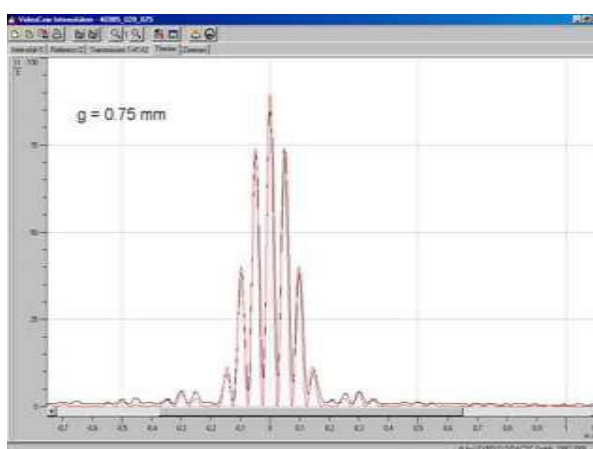
3-rasmda modellashtirish vositasida hisoblangan intensivlik egriliklari bilan o'lchangan intensivlik taqsimotlari muvofiq kelishi namoyon qilingan. O'lchash aniqligi chegarasida bu yo'l orqali olingan tirqishning kengligi b , berilgan nominal qiymat bilan yaxshi mos keladi.



3-rasm. Qo'sh tirqishning ($N=2$) tirqishlar oralig'i $b=0,10$ mm bo'lganda difraksion tasvirlar. Qizil chiziqlar tenglama (1) bilan modellashtirishga mos keladi



4-rasm. Qo'sh tirqishning ($N=2$) tirqishlar oralig'i $b=0,20\text{ mm}$ bo'lganda difraksiyon tasvirlar. Qizil chiziqlar tenglama (1) bilan modellashtirishga mos keladi.



5-rasm. Qo'sh tirqishning ($N=2$) tirqishlar oralig'i $b=0,75\text{ mm}$ bo'lganda difraksiyon tasvirlari. Qizil chiziqlar tenglama (1) bilan modellashtirishga mos keladi

O'lchash namunasi va baholash

a) 3 xil qo'sh tirqishli diafragmada difraksiya ($g = 0,25\text{mm}$):

3,4,5-rasmlarda 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 difraksiyon tasvirlarning intensivlik taqsimotlari keltirilgan. Tirqish kengligi b ortgan sari intensivlik taqsimotidagi intensivlikning asosiy maksimumlari geometrik soya sohasi tomon siljiydi. Difraksiyon tasvirning yirik strukturasi (qobiq) tirqish kengligiga b bo'g'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 klavishini bosib, "Calibration/Comparison with 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 to Maximum" va "Background at Minimum" avtomatik tuzatishni o'rnatish. Intensivlik taqsimotini tenglama (1) 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»

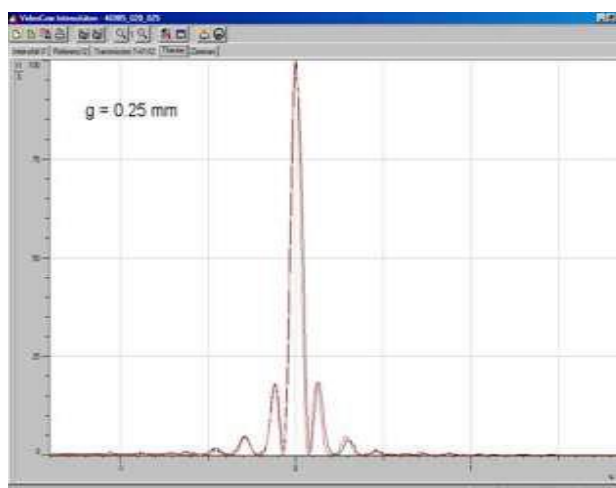
tugmasiga chertish orqali avtomatik tarzda aniqlanadi. «Theory» jadvalidan “Grating” difraksion panjarani tanlang va tirqishlarning sonini N hamda tirqishlar orasidagi masofani g kiriting. Kiritilgan tirqishning kengligini modellashtirish uchun boshlang'ich qiymat deb qabul qiling. O'lchangan va hisoblangan 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.

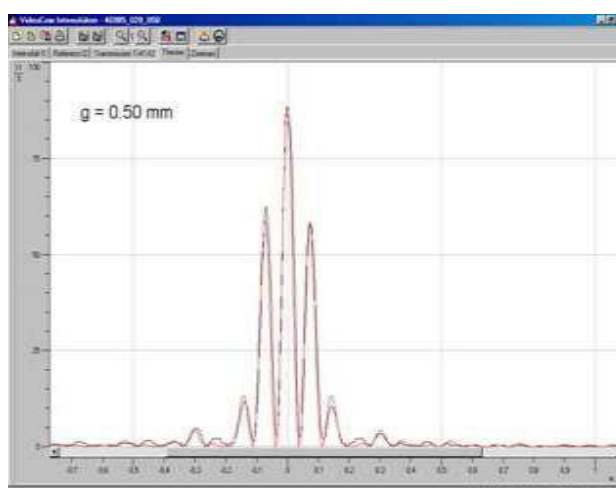
b) 4 xil qo'sh tirqishli ($b = 0,20$ mm) diafragmada difraksiya:

6,7,8-rasmlarda tirqishlarning turli oraliqlari $g = 0,25$ mm, $0,50$ mm, $0,75$ mm va $1,00$ 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.

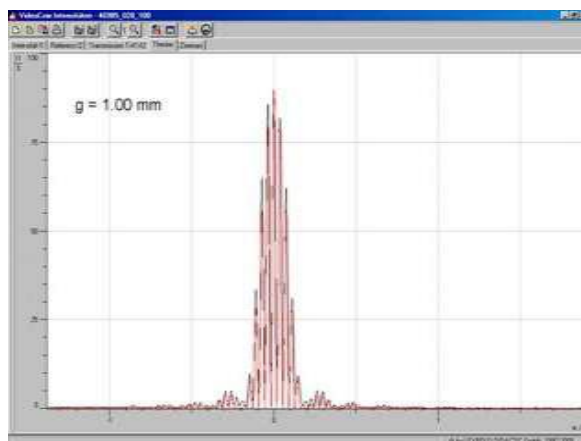
Tirqishlar oralig'ining g o'zgarishi, intensivlikning ikkilamchi minimumlari orasidagi masofaning sezilarli o'zgarishiga olib keladi, ya'ni u difraksion tasvirning nozik strukturasi belgilaydi. Tirqishlar oralig'ini g ortishi bilan, ikkilamchi maksimumlar bir-biriga yaqinlashadi.



6-rasm. Qo'sh tirqishning ($N = 2$) tirqishlar oralig'iga $g=0,25$ mm bog'liq difraksion tasvirlari. Qizil chiziq tenglama (1) ga asosan modellashtirishga mos keladi



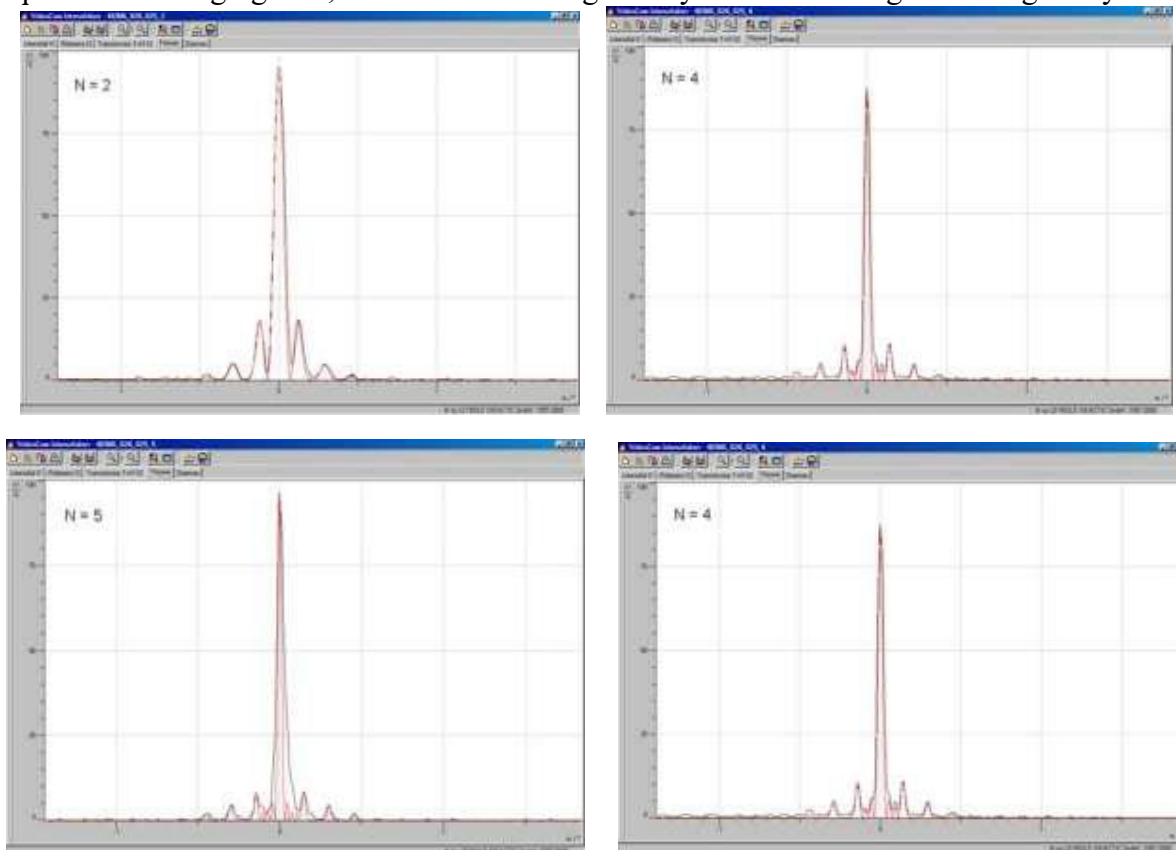
7-rasm. Qo'sh tirqishning ($N = 2$) tirqishlar oralig'iga $g=0,50$ mm bog'liq difraksion tasvirlari. Qizil chiziq tenglama (1) ga asosan modellashtirishga mos keladi



8-rasm. Qo'sh tirqishning ($N = 2$) tirqishlar oralig'iga $g=1,00$ mm bog'liq difraksiya tasvirlari. Qizil chiziq tenglama (1) ga asosan modellashtirishga mos keladi

Baholash: O'lchangan intensivlik taqsimoti bilan hisoblangan taqsimotni $I(\alpha)$ taqqoslash orqali tirqishlar oralig'ini g aniqlash mumkin. a) da bayon qilingan amal orqali tirqishlar oralig'ini g o'zgaruvchan parametr qilib kiritib, intensivlikning taqsimotini modellashtiring. 4-rasmdan ko'rinib 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.

9-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 atrofida $N-1$ 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.



9-rasm. Rasmdan ko'rinib 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

Baholash: Hisoblangan intensivlik taqsimoti $I(\alpha)$ bilan o'lchangan intensivlik taqsimotini taqqoslash orqali tirqishning kengligini b va tirqishlarning oralig'ini g aniqlash mumkin.

- tirqish kengligini b va tirqishlar oralig'ini g o'zgaruvchan parametr deb olib, a) da keltirilgan amal bo'yicha intensivlik taqsimotini modellastirishni bajarang.

Natijalar: Kengligi b bo'lgan, bir xil masofada joylashgan N tirqishlardan o'tgan lazer nuridan difraksion tasvir olinganda, intensivlik taqsimoti tenglama (1) orqali yaxshi muvofiqlikda ifodalanishi mumkin.

Intensivlik taqsimoti tirqishning kengligiga b , tirqishlarning oralig'iga g va tirqishlarning soniga N 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'lik kvantini 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.

9-rasm difraksion tasvirning tirqishlar soniga bog'liqligi (qora chiziq). Qizil chiziq tenglama (1) ga asosan modellastirishga mos keladi.

Nazorat savollari

1. Ishning maqsadi va bajarilish tartibini tushuntiring
2. Gyuygens-Frenel prinsipining mohiyati nimadan iborat?
3. Frenel difraksiyasini tushuntiring
4. Fraungofer difraksiyasini tushuntiring
5. Difraksion panjara qanday tuzilgan?
6. Ko'p o'lchamli panjaralarda difraksiya qanday kuzatiladi?

GELIY-NEON LAZERI YORDAMIDA FRENEL KO'ZGUSIDA INTERFERENSIYA HODISASINI O'RGANISH

4-LABORATORIYA ISHI

He-Ne lazeri bilan Lloydning akslantirish tajribasini o'rganish

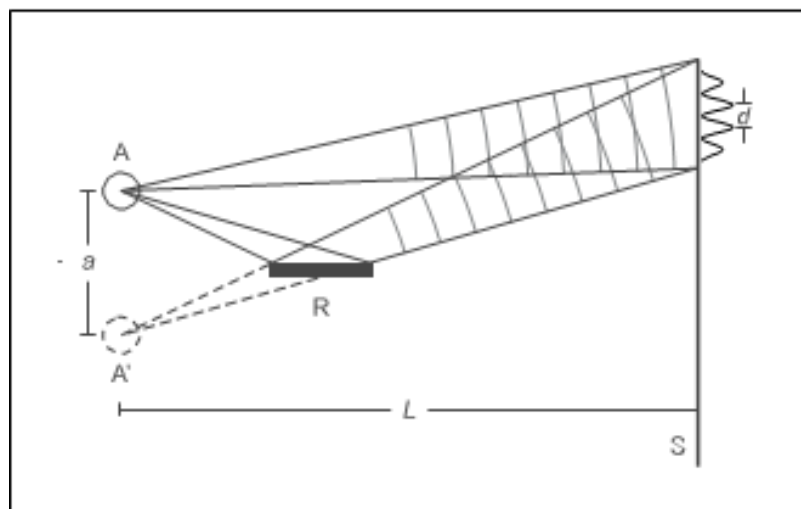
Ishning maqsadi: To'g'ri va qaytgan ikki nurlar interferensiyasini kuzatish, lazer nurining to'lqin uzunligini aniqlash.

Kerakli asboblari: He-Ne lazeri, Frenel ko'zgusi, sozlanadigan 50 ta mikroskop slaydlari 76 mm x 26 mm, Prizma turadigan tik stol, hoshiyali linza, $f = +5$ mm, hoshiyali linza, $f = +200$ mm, optik kursi 1 m, optik moslamalar $H = 60$ mm/ $B = 36$ mm, yarim shaffof ekran, karetkas asosi, noniusli shtangensirkul, po'lat tasmali o'lchagich.

Ishning nazariy qismi: Yorug'likning tabiati ko'p yillar mobaynida munozaralarga sabab bo'lgan. 1690 yilda Xristian Gyuygens yorug'likni to'lqin xossasiga ega deb talqin qilgan. 1704-yilda Isaak Nyuton yorug'lik nurini zarrachalar oqimi deb izohlagan. Bu qarama-qarshilikni kvant mexanikasi hal qilib, zarracha to'lqin dualizmi g'oyasi yuzaga kelgan. XVIII

va XIX asrlarda interferensiyalar tajribalar yorug'lik tabiatiga nisbatan ancha oydinlik kiritgan. Bu tajribalarni xarakterlovchi asosiy prinsiplarga ko'ra, qaytish, sinish va nurning sochilishi kabi to'liq optik metodlar orqali manbadan chiqayotgan yorug'likni ikkita osongina ta'sirlashadigan nurga keltirish mumkin. Shuning uchun ikkita nurning bir-biri bilan ta'sirlanishini nurning interferensiyasi deb atashadi.

X. Lloyd (1839-y) metodiga ko'ra, linza orqali sochilgan lazerning yorug'lik dastasi ko'zgudan qaytib ikkita kogerent yorug'lik nurini hosil qiladi. Bu ikkita alohida nur qo'shilib, interferensiya hodisasini namoyon qiladi.



1-rasm. Lloydning akslanish tajribasida nurning bosib o'tadigan yo'li

A- yorug'lik manbayi (He-Ne lazer), A'-mavhum yorug'lik manbayi, a - A bilan A' orasidagi masofa, L - yorug'lik manbayi bilan ekran orasidagi masofa.

1-rasmga ko'ra, yorug'lik manbayi A ning mavhum tasviri A' ko'zguda lazer nurining akslanib qaytishi orqali yuzaga keladi. To'g'ri va qaytgan nurlar proyeksion ekranda interferensiyalanadi. To'liq intensivligining maksimumlari doimo A dan A' gacha masofada nurlar yo'li orasidagi farq Δs , to'liq uzunligiga λ karrali bo'lgan joyda joylashadi. Katta L masofalarda ikki qo'shni maksimumlar (yoki minimumlar) orasidagi masofa d uchun quyidagi munosabat o'rinli:

$$\lambda = \frac{ad}{L} \quad (1)$$

a – A bilan A' va yorug'lik manbayi orasidagi masofa, d - ikkita maksimum orasidagi masofa, L -ekran bilan A bilan A' va yorug'lik manbayi orasidagi masofa, λ - to'liq uzunligi

A yorug'lik manbayi bilan A' mavhum yorug'lik manbayi orasidagi a masofa oddiy optik qurilmada aniqlanadi. Buning uchun ikkita A bilan A' yorug'lik manbalari linza orqali S ekranda yorqin tasvirlangan. 2-rasmdan foydalanib akslanish tenglamasini yozishimiz mumkin.

$$\frac{a}{g} = \frac{B}{b} \text{ yoki } a = \frac{gB}{b} \quad (2)$$

a -A bilan A' yorug'lik manbalari orasidagi masofa, B - ekrandagi A bilan A' yorug'lik manbalari orasidagi masofa, g -obyekt masofasi linzadan A va A' gacha masofa, b -tasvir masofasi ekrandan H linzagacha masofa.

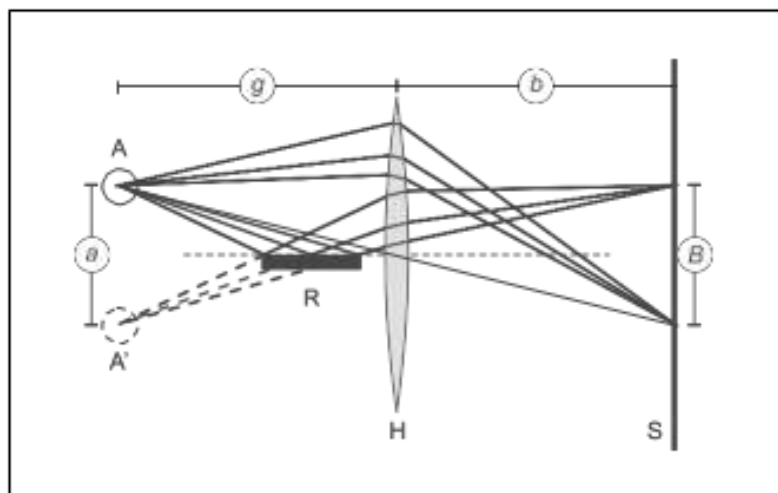
L masofa uchun quyidagi munosabat qo'llaniladi:

$$L = g + b \quad (3)$$

Agar akslantiruvchi yupqa linzaning fokus masofasi f ma'lum bo'lsa, tasvirgacha bo'lgan masofa g ni topish mumkin:

$$\frac{1}{g} = \frac{1}{f} - \frac{1}{b} \text{ yoki } g = \frac{fb}{b-f} \quad (4)$$

(2), (3) va (4) tenglamalardan
$$\lambda = \frac{d}{L} \cdot \frac{f \cdot B}{b - f} = d \cdot \frac{f \cdot B}{b^2}$$

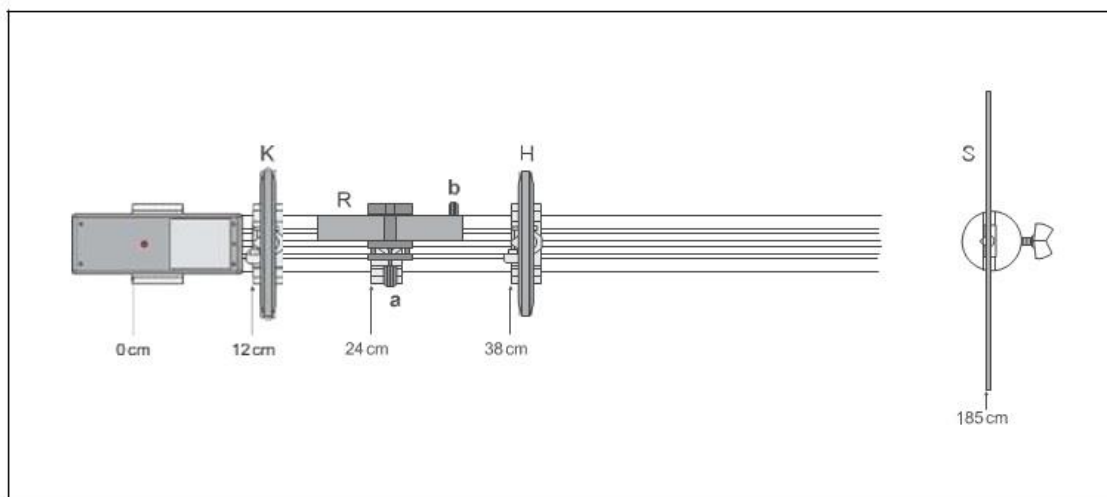


2- rasm. A va A' yorug'lik manbalarining H linza orqali yarim shaffof ekranda akslanishi

A- yorug'lik manbayi (He-Ne lazer), A'- mavhum yorug'lik manbayi, H- aks ettirish linzasi, a- A bilan A' orasidagi masofa, B- ekranda A bilan A' yorug'lik manbalari orasidagi masofa, g- obyekt masofasi, linzadan A va A' gacha masofa, b- tasvir masofasi, ekrandan H linzagacha masofa, R- ko'zgu.

Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasi 3-rasmda tasvirlangan. Fokus masofasi $f=5$ mm bo'lgan sferik linza K lazer nurini kengaytirib, nur S ko'zguga sirpanib tushadi. Linza H nurning yo'liga faqat A bilan A' yorug'lik manbalari orasidagi masofani aniqlash uchun joylashtiriladi.



3-rasm. Lloyd usuli bo'yicha (optik moslamalar o'rni chap tarafdin sm da keltirilgan) interferension hodisalarni kuzatish uchun tajriba qurilmasi

K-lazer nurini kengaytirish uchun linza, R-ko'zgu (Frenel ko'zgusi), H - A va A' yorug'lik manbalarini akslantirish uchun linza, S-ekran.

Optik moslamadan foydalanib, geliy-neonli lazerni optik kursiga 3-rasmda keltirilganidek o'rnatib.

Ekranni lazerdan taxminan 1,80 m masofada joylashtiring. Lazerni ekranga yo'naltiring, lazerni elektr tarmog'iga ulang va lazerni qo'shing. Fokus masofasi $f = +5$ mm bo'lgan sferik linzani K optik moslama lazer oldidan taxminan 2 sm masofada o'rnatib. Linzada kengaygan lazer nuri ekranda taxminan 15 sm diametrga ega bo'lishi kerak. Frenel ko'zgusini sferik linza

oldida taxminan 15 mm masofada joylashtiring. Ko'zguni iloji boricha optik o'qqa aniqroq parallel qilib to'g'rilang (qo'shimcha ma'lumotlar uchun Frenel ko'zgusi bo'yicha ma'lumotga murojat qiling). Ko'zguning ikkinchi qismini o'yi (b) bor vint bilan orqaga og'diring (lazer nuri ko'zguga tushmasligi kerak). Endi lazer nuri diametrining bir qismi ekranga tushmaydi. Fokus masofasi $f = +200$ mm bo'lgan linzani 3-rasmda keltirilganidek ko'zgu yaqinida joylashtiring va uni ko'zgu tarafga suring.

Ikki yorqin A va A' dog'larning intensivligi deyarli teng bo'lmaguncha lazerni biroz buring. Nurning yo'lidan linzani oling va tutib turgichda o'yi (a) qilingan vint bilan ko'zguni optik o'qqa nisbatan perpendikulyar siljiting (bu ekranda interferensiyalar manzara paydo bo'lishiga olib keladi).

Tajribani bajarish

Interferensiyalar hodisani kuzatishdan oldin quyidagi tavsiyaga e'tibor bering:

– (a) o'yi bor vint bilan ko'zguni oldinga orqaga harakatlantiring

Izoh: Bu interferensiyalar manzaraning ekranda siljishiga olib keladi; uni ko'zguni ushlab turgich chetida diffraksiya sababli kelib chiqishi mumkin bo'lgan diffraksiya tasviri bilan adashtirmaslik kerak.

–Intensivlikning maksimumlari orasidagi masofani o'lchash uchun, ekranga qog'oz parchasini joylashtiring va yorug'likning maksimal intensivligi joylashuvini yumshoq qalamdan foydalanib belgilang (yoki aksincha, yorug'likning minimum intensivligini)

–Linzani H ($f = +200$ mm) ekran bilan ko'zgu orasiga 3- rasmda keltirilganidek joylashtiring va A bilan A' yorug'lik manbalarining ravshan obrazini yarating.

–A bilan A' tasvirlar orasidagi B masofani aniqlang. Tasvir masofasi b ni aniqlang.

–Vernyer kronsirkulidan foydalanib, qog'oz parchasida belgilangan intensivlikning maksimumlari orasidagi masofalarni o'lchang va ularning o'rtacha qiymatini hisoblang.

Tajriba namunasi

Maksimum intensivliklar orasidagi d masofa (1-jadval).

1-jadval

O'lchangan qiymatlar	$\frac{d}{mm}$
1	1,00
2	0,95
3	0,95
4	0,95
5	0,90

O'rtacha qiymat $d = 0.95$ mm, tasvirgacha masofa: $b = 146$ cm, A bilan A' tasvirlar orasidagi masofa: $B = 7$ mm.

Xulosa

Ko'zgodan yorug'likning qaytishi ikkinchi yorug'lik manbayini yaratishga imkon berib, bu manba birinchisiga nisbatan ketma-ket sodir bo'ladi. To'g'ri va qaytgan yorug'lik nurining superpozitsiyasi K sferik linza ortida interferensiyalar manzara paydo bo'lishiga olib keladi. Lloydda to'lqin uzunligi bilan geometrik o'lchamlar orasidagi munosabatlar tajribada namoyon bo'ladi, ya'ni (1) ifoda ikki tirqish ortidagi interferensiyani ifodalaydi (Yungning ikki tirqish bilan tajribasi).

Nazorat savollari

1. He-Ne lazerining ishlash usulini tushuntiring
2. To'g'ri va qaytgan ikki nurlar interferensiyasini tushuntiring
3. He-Ne lazerining to'lqin uzunligini o'lchash usullarini tushuntiring
4. Lazer texnologiyasi haqida ma'lumot bering
5. Lloydning akslantirish tajribasini tushuntiring

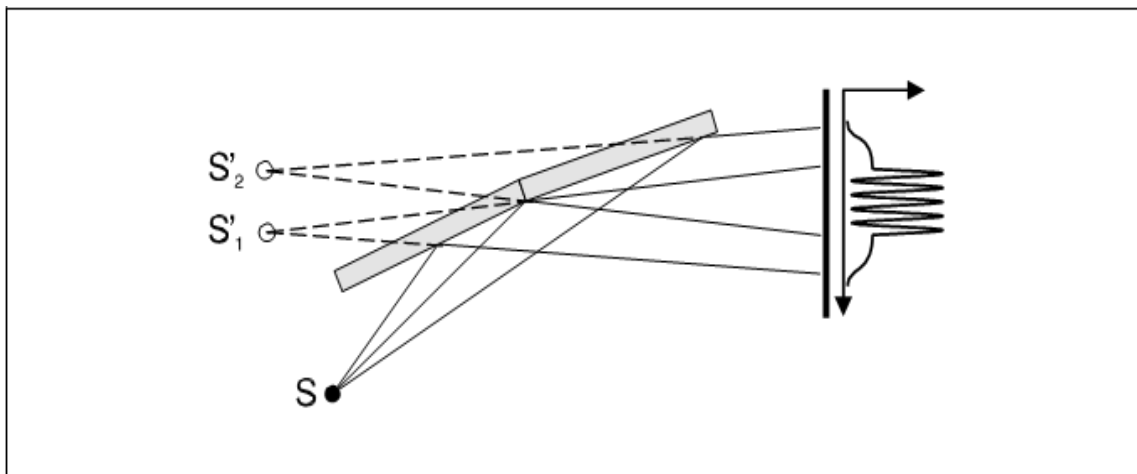
5-LABORATORIYA ISHI

Geliy-neon lazeri yordamida Frenel ko'zgusida interferensiya hodisasini o'rganish

Ishning maqsadi: Yorug'likning nuqtaviy manbasi Frenel ko'zgusida akslanishi natijasida, yorug'lik manbasining ikkita kogerent mavhum tasvirini olish. Ikkita yorug'lik manbasidan interferensiya kuzatish, interferensiyalar halqalar orasidagi d masofani o'lchash. Mavhum yorug'lik manbalarining proyeksiyalangan tasvirini olish. Proyeksiyalangan tasvirlar orasidagi A masofani o'lchash. Interferensiyalar halqalar orasidagi d masofa, mavhum yorug'lik manbalarining proyeksiyalangan tasvirlari orasidagi A masofa va qurilmaning o'lchamlaridan foydalanib, He-Ne lazerining to'lqin uzunligini aniqlash.

Kerakli asboblari: Chiziqli qutblangan He-Ne lazeri, sozlanadigan Frenel ko'zgusi, linza $f = 5\text{ mm}$, linza $f = 200\text{ mm}$, standart kesimli optik kursi 1m, optik moslamalar, balandligi 60 mm, kengligi 36 mm, balandligi 60 mm, kengligi 50 mm, yarim shaffof ekran, Vernyer kronsirkuli, plastmassa, po'lat ruletka.

Ishning nazariy qismi: Frenel ko'zgusi bir-biriga nisbatan biroz burilgan ikkita yassi ko'zgudan tashkil topgan. Yorug'likning nuqtaviy manbasi S Frenel ko'zgusida akslanganidan keyin, bir-biriga yaqin joylashgan ikkita mavhum S'_1 va S'_2 yorug'lik manbasi yuzaga kelib, ular kogerent bo'lganligi tufayli bir-biri bilan interferensiyalashadi. Bu esa ikkita alohida yorug'lik manbalari sezilarli interferensiya hodisalarini yuzaga keltirmasligi muammosini hal qiladi. Ikkita mavhum kogerent yorug'lik manbasini bitta yorug'lik manbasining akslanishi yuzaga keltiradi. Frenel ko'zgusida akslangan yorug'likda parallel interferensiyalar chiziqlar sistemasi yuzaga keladi. Mazkur tajribada yorug'lik manbasi S , lazer nurini kengaytirish uchun qo'llanilgan linzaning fokusida joylashadi. Tajribada qo'llanilayotgan He-Ne lazerining λ to'lqin uzunligini aniqlash uchun, biz oldin intensivlikning ikki maksimumi orasidagi d masofani topishimiz kerak. Keyin esa ikkinchi linza yordamida uzatish ekranida yorug'lik manbasining ikkita mavhum S'_1 va S'_2 tasviri olinadi va proyeksiyalangan tasvirlar orasidagi A masofa o'lchanadi. Qurilmaning geometrik o'lchamlari ma'lum bo'lganligi sababli, biz ulardan mavhum yorug'lik manbalari orasidagi masofani aniqlashda foydalanishimiz mumkin.



1-rasm. Frenel ko'zgusidagi interferensiya

Yorug'lik manbasi bilan kuzatish ekrani orasidagi L masofa katta bo'lganda, biz yorug'likning λ to'lqin uzunligini a va d parametrlardan foydalanib, quyidagicha aniqlashimiz mumkin: Ikki kogerent S'_1 va S'_2 to'lqin manbalaridan interferensiya, ular ϑ yo'nalishda (2-rasmga qarang) tarqalganda kuzatiladi. I intensivlikning n chi maksimumi yo'nalishi hisoblanadi, unda yo'llar farqi: $\Delta S = a \cdot \sin \vartheta$

Ikki to'lqin uchun quyidagi o'rinli: $\Delta S = n \cdot \lambda$

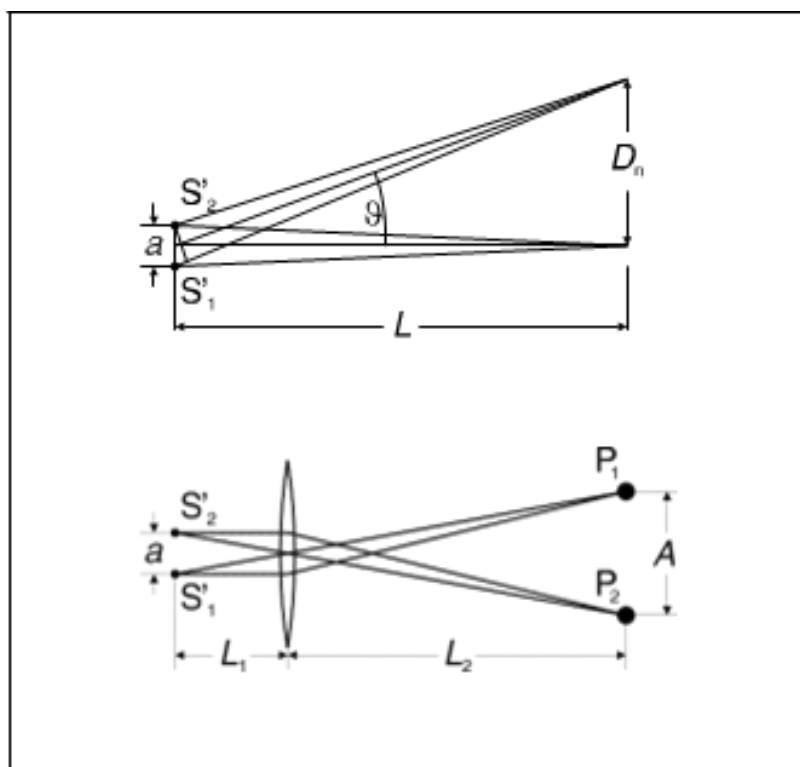
Nolinchi va n -maksimum orasidagi D masofa uchun quyidagi geometrik munosabat qo'llaniladi:

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{D_n}{L}$$

Katta L masofalar uchun, $\sin \vartheta \approx \vartheta$ va biz quyidagini olamiz:

$$\lambda = a \cdot \frac{D_n}{n \cdot L} = a \cdot \frac{d}{L} \quad (1)$$

Mavhum yorug'lik manbalari orasidagi a masofa proyeksiyalangan tasvirlar orasidagi A masofa orqali aniqlanadi. Tajriba geometriyasidan biz quyidagi munosabatni olamiz: $a = A \cdot \frac{L_1}{L_2}$

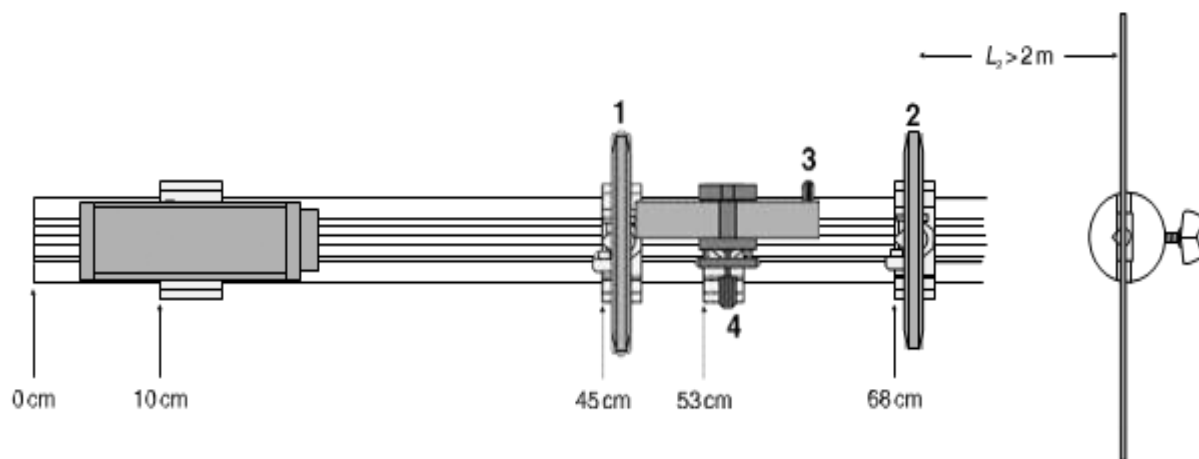


2-rasm. Yuqoridagi: ikki nurli interferensiya uchun fokus masofasi $F = 200$ mm bo'lgan nurning linzasiz yo'li.
Pastdagi: fokus masofasi $F = 200$ mm bo'lgan linza yordamida mavhum yorug'lik manbasini proyeksiyon ekranda proyeksiyalashdagi nur yo'li

Ehtiyot 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. Ko’rsatmada keltirilgan xavfsizlik qoidalarga rioya qilinsa, geliy-neonli lazer bilan tajriba o’tkazish xavfli emas. To’g’ri yoki akslangan lazer nuriga aslo qaramang. Yorug’likning ravshanlik chegarasini oshirmang (ya’ni, hech qaysi kuzatuvchi ko’zining qamashganligini sezmasligi kerak).

Tajriba qurilmasi

Izoh: Frenel ko’zgusining tashqi tarafida lazer nurining difraksiyasi, ekranda nomaqbul difraksion tasvirlarni yuzaga keltirishi va ular kutilgan interferension tasvir bilan osongina adashtirilishi ham mumkin. Ularni farqlash usullaridan biri shundan iboratki, ularning o’rni ko’zgu seksiyalarining bir-biriga nisbatan burchagiga bog’liq emas. Har bir o’lchasdan oldin, ko’zgu seksiyalarining bir-biriga nisbatan burchagini, taram-taram qilingan vintdan (3) foydalanib, o’zgartiring va interferension chiziqlar orasidagi masofaning o’zgarishini tekshiring. 3-rasmda tajriba qurilmasi keltirilgan. Optik moslamalarning o’rni chap tomondan sm da berilgan.



3- rasm. Optik kursidagi tajriba qurilmasi, chap tarafdin optik moslamalarning maxsus o'rinlari bilan birgalikda joylashishi

- Optik elementlarni optik kursiga berilgan o'rinlarga mos qilib mahkamlang va asosga joylashtirilgan yarim shaffof ekranni optik o'qdan kamida 2 metrdan so'ng o'rnatish.
- Lazer va 5-millimetrli linzani (1) optik taglikga shunday o'rnatish-ki, lazer nurining markazi optik kursiga parallel ketsin. Nur yo'lini qog'oz parchasi bilan tekshirishingiz lozim bo'lishi mumkin.
- 200-millimetrli linzani (2) yarim shaffof ekran yoritilguncha sozlang.
- Frenel ko'zgusini montaj qilayotganingizda, kengaygan lazer nuri ajratadigan tarafga tushayotganiga amin bo'ling.
- Ko'zguni shunday sal yurgizingki, lazer nuri oddiygina ko'zguga tegsin va akslangan nur amalda optik kursiga parallel harakatlansin. Optik o'qqa nisbatan vertikal korrektirovka uchun taram-taram qilingan vintdan (4) foydalaning va akslangan yorug'lik linzaning (2) markaziga tushayotganiga amin bo'ling.
- Linza (2) ni ikkala mavhum yorug'lik manbalari yarim shaffof ekranda ravshan tasvir bermaguncha (zarur bo'lsa, optik elementni optik kursida siljiting) korrektirovka qiling.
- Frenel ko'zgusiga tushmagan lazer nurlanishi ekranda ikki proyeksiyalangan tasvirlardan chap tarafda uchinchi yorug'lik dog'ini hosil qiladi. U har qanday holda ham tajribaga ta'sir qilmaydi.

Tajribani o'tkazish

a) Ikki mavhum yorug'lik manbasining interferensiyasi:

- Linzani (2) optik moslamadan oling.
- Yuqori kontrastli interferension tasvirni korrektsiyalash uchun vintdan (3) foydalaning. Buning uchun ekran qarshisida oq qog'oz parchasini ushlab turish talab qilinishi mumkin. Agar Frenel ko'zgusining tashqi old frontidagi difraksiya qo'shimcha chalg'ituvchi interferension naqsh yuzaga keltirsa.
- Vintdan (4) foydalanib, tashqi tarafdin kengaygan lazer nurining xalaqiti tugaguncha Frenel ko'zgusining o'rnini o'zgartiring.
- Vernyer kronsirkulidan foydalanib, chiziqlar orasidagi d masofani o'lchang va bu qiymatni yozib oling.

b) Mavhum yorug'lik manbalarini proyeksiyalash:

- Linzani (2) o'rnatish va zaruriyat bo'lsa uni mavhum yorug'lik manbalarining keskin mujassamlashgan tasviri olinguncha sozlang. Vernyer kronsirkuli bilan chiziqlar orasidagi d masofani o'lchang va bu qiymatni yozib oling.
- Optik kursidagi shkala bo'yicha linza (2) bilan linza (1) orasidagi L masofani aniqlang va bu qiymatni yozib oling.
- Po'lat ruletkadan foydalanib, proyeksiyalangan tasvir bilan linza (2) orasidagi L_2 masofani o'lchang va uni yozib oling.

- Agar sizda yana o'lchash istagi bo'lsa, linzani olib tashlang, qaytadan yangi interferension manzara yarating va o'lchashlarni takrorlang.

Tajriba namunasi: $d = 3,9 \text{ mm}$, $A = 4,3 \text{ mm}$, $L_1 = 22,7 \text{ sm}$, $L_2 = 230,5 \text{ sm}$.

Baholash: Yorug'likning nuqtaviy manbasi 5-millimetrli linzaning fokusida joylashgan; shunday qilib, $L_1 = L_2 - 5 \text{ mm}$. Yorug'lik manbasi bilan proyeksion ekran orasidagi L masofani $L = L_1 + L_2$ deb olishimiz mumkin. (1) va (2) tenglamalardan foydalanib, biz oldin $a = 0,41 \text{ mm}$ ni va keyin esa, bu qiymat orqali qo'llanilayotgan lazer nurlanishining to'lqin uzunligini ($\lambda = 640 \text{ nm}$) hisoblashimiz mumkin; Natija adabiyotlarda keltirilgan qiymat $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ bilan mos keladi.

Xulosalar: Frenel ko'zgusi yordamida olingan interferension tasvir ikkita yorug'lik nurining interferensiyasi bilan tushuntirilishi mumkin. Nuqtaviy yorug'lik manbasining Frenel ko'zgusidan akslanishi yo'li bilan ikkita mavhum yorug'lik manbasi olinadi, ular kogerent va shu sababli bir-biri bilan interferensiyalanadi.

Nazorat savollari

1. Yorug'lik interferensiyasini tushuntiring
2. He-Ne lazerining ishlash prinsipini tushuntiring
3. Frenel ko'zgusi yordamida interferensiya hosil qilishni tushuntiring
4. Ikki nurli interferensiyani tushuntiring
5. Ikki nurli interferometrlarni bilasizmi?
6. Interferensiyani amaliy va ilmiy qo'llanilishi haqida gapiring

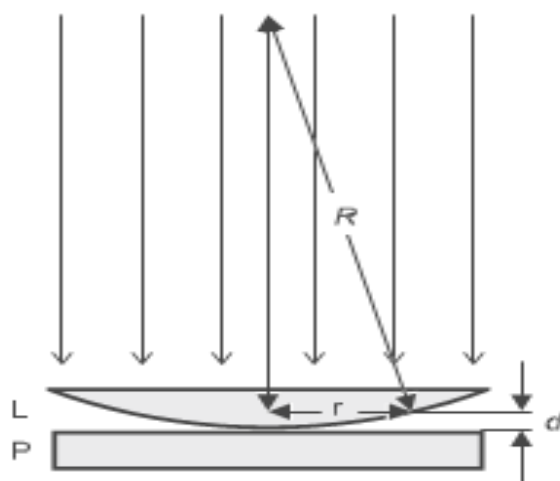
6-LABORATORIYA ISHI

O'tgan va qaytgan oq yorug'likda Nyuton halqalari

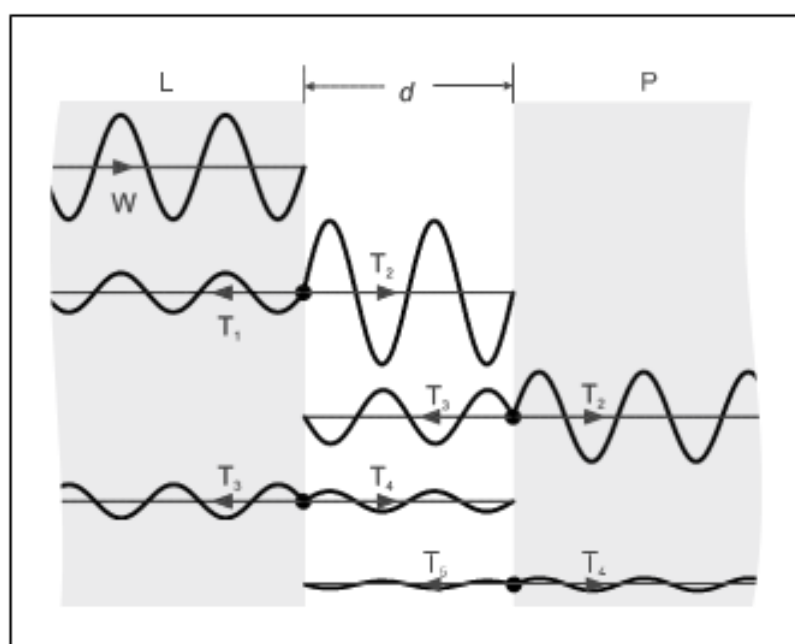
Ishning maqsadi: O'tgan yorug'likdagi yorqin halqalarni qaytgan nurdagi qoramtir halqalar bilan qiyoslash, interferension tasvirlarning o'zaro bog'liqligini yuqoriroq optik zichlikli muhitdan qaytishda yuz beradigan fazalarning keskin o'zgarishi orqali tushuntirish, bu ikki interferension tasvirning kontrastligini qiyoslash.

Kerakli asboblari: Nyuton halqalari uchun shisha plastinka, nur sochgichlar, hoshiyali linza $f = +200 \text{ mm}$, optik stol 1 m , optik moslamalar $H = 60 \text{ mm}$ / $B = 6 \text{ mm}$, $H = 60 \text{ mm}$ / $B = 50 \text{ mm}$, xona galogen lampasi 12 V , $50/90 \text{ W}$, cho'g'lanma lampa 12 V / 90 W , transformator $2/12 \text{ V}$, biriktiruvchi sim, 100 sm

Ishning nazariy qismi: 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 halqalari bir-biriga juda yaqin bo'lgan ikkita sindiruvchi sirtlardan yorug'likning qaytishi va sinishi natijasida yuzaga keladi. Mazkur tajribada Nyuton halqalari egrilik radiusi katta bo'lgan va juda sust qavariq tomoni yassi shisha plastinka 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 halqalar hosil bo'ladi. Interferension halqalar qaytgan yorug'likda ham, o'tgan yorug'likda ham kuzatiladi. Interferension halqalar orasidagi masofa doimiy emas, chunki bitta tutashuvchi sirt egik bo'ladi.



1-rasm. Yassi shisha plastinka bilan egrilik radiusi katta bo'lgan yassi-qavariq linzaning tasviri. P-shisha plastinka, L-yassi-qavariq linza, R -egrilik radiusi, r -shisha plastinka bilan linzaning tutashgan nuqtasigacha masofa



2-rasm. Ponasimon havo qatlamida interferensiyaning tushuntirish chizmasi. L-yassi-qavariq linza, P-shisha plastinka, L va P oraliqda yorug'lik nurining qaytishi va uzatilishi natijasida yuzaga keluvchi $T_1 \dots T_5$ to'liq qismlari, d -linzaning shisha sirti bilan shisha plastinka orasidagi masofa

P oraliqdan qaytish yuqoriroq optik zichlikli muhitda yuz berganligi sababli, qisman qaytgan to'liq T_3 va T_1 to'liqidan farqli, fazaning sakrab o'zgarishiga duchor bo'ladi (mos keluvchi qaytgan to'liq arqonning mahkamlangan oxirida).

Qaytmagan qism katta optik zichlikka ega bo'lgan shisha plastinka orqali T_2 to'liq sifatida o'tadi. T_3 to'liq esa L linzaga qaytadi va linzada fazasi sakrab o'zgarishi bilan T_4 to'liq sifatida yana qaytadi. Qaytmagan qismi esa yuqoriroq optik zichlikka ega bo'lgan yana shisha plastinka orqali, fazasi sakrab o'zgarimasdan o'tadi. Keyinchalik T_5 bilan belgilangan to'liq qismlari ko'p marotaba qaytishlar orqali yuzaga keladi. Qaytgan yorug'likda interferensiya qisman to'liqlar T_1 va T_3 da kuzatiladi.

T_1 va T_3 orasidagi yo'llar farqi $\Delta R = 2 \cdot d + \frac{\lambda}{2}$ (1) va qaytish hamda sinish orqali shakllangan interferensiyon tasvir, qora markaz atrofidagi konsentrik qoramtir halqalardan tashkil

topadi, destruktiv interferensiya yuzaga kelish sharti, agar yo'llar farqi λ to'lqin uzunligining yarmiga karrali bo'lsa bajariladi. $(2k-1) \cdot \frac{\lambda}{2} = 2 \cdot d + \frac{\lambda}{2} \quad k=1,2,3... \text{ yoki}$

$$d = (k-1) \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

O'tgan yorug'likda T_2 bilan T_4 to'lqinlarda interferensiya kuzatiladi. T_2 bilan T_4 orasidagi yo'llar farqi dT quyidagiga teng bo'ladi:

$$dT = 2 \cdot d + 2 \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

Agar o'tgan yorug'likda Nyuton halqalari kuzatilsa, interferension manzara qaytgan nurning interferensiyasiga qo'shiladi. O'tgan yorug'likning doiralar to'plami ravshanroq. Shuning uchun qora halqalarning o'rniga yorqin halqalar 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 interferensiyaning yuzaga kelish sharti, dT yo'llar farqi λ to'lqin uzunligiga karrali bo'lsa, bajariladi.

$$2k \cdot \frac{\lambda}{2} = 2 \cdot d + \frac{\lambda}{2} \quad k=1,2,3... \text{ yoki } d = (k-1) \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (4)$$

Bu shart qaytgan yorug'likda destruktiv interferensiya uchun shartga (2) aynan mos keladi. Shuning uchun kuzatilayotgan interferension manzaralar qo'shimchadir. 2-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_3 to'lqin ikkita qaytish orqali generatsiyalangan, shu sababli u qaytishsiz generatsiyalangan T_4 ga nisbatan ancha sust. Shuning uchun, kontrast, ya'ni yorqin halqalar bilan qoramtir halqalar intensivliklari orasidagi nisbiy farq qaytgan yorug'lik holidagidan o'tgan yorug'lik holida ancha sust.

2-rasmga ko'ra, (2) va (4) dagi d qalinlik qavariq linza bilan shisha plastinka orasidagi tutashuv nuqtasi r masofasiga va qavariq linzaning egrilik radiusiga R bog'liq. To'g'ri burchakli uchburchak uchun Pifagor teoremasiga ko'ra

$$R^2 = (R-d)^2 + r_k^2$$

bunda d qalinlikning kichik qiymatlari uchun biz quyidagiga ega bo'lamiz.

$$2d = \frac{r_k^2}{R} \quad (5)$$

Qo'shni Nyuton halqalarining diametri $D_k = 2rk$ uchun (2) yoki (4) dan, mos ravishda (5) ham quyidagi munosabat olinadi.

$$D_{k+1}^2 - D_k^2 = 4 \cdot R \cdot \lambda \quad (6)$$

Shunday qilib, agar linzaning egrilik radiusi R ma'lum bo'lsa, oq yorug'likning o'rtacha to'lqin uzunligi diametrlarni o'lchash orqali aniqlanishi mumkin.

Tajriba qurilmasi

Izoh: Agar Nyuton halqalari uchun shisha plastinkaga ta'sir qilayotgan bosim juda yuqori yoki asimmetrik bo'lsa, shisha plastinkalar doimiy deformatsiyalanishi yoki shikastlanishi mumkin.

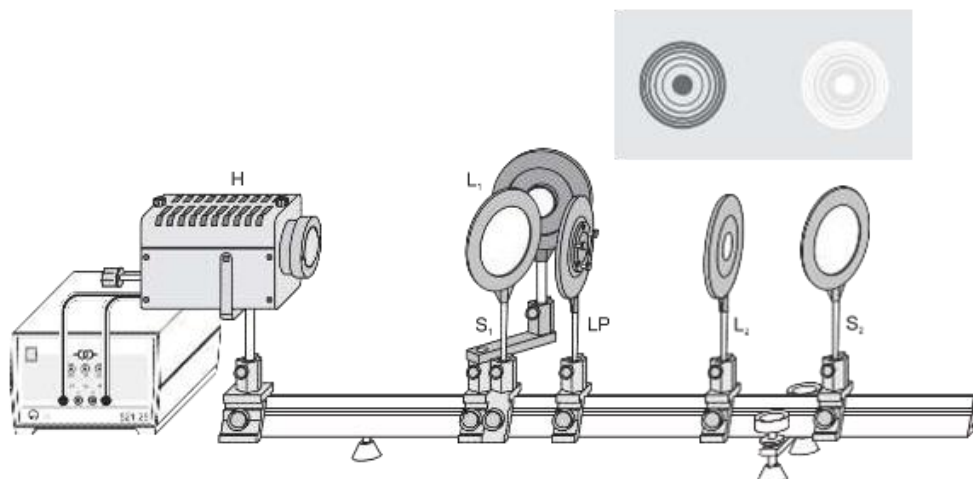
Nyuton halqalari uchun shisha plastinkalarni sozlashda qo'llaniladigan o'yiqli vintlarni burishda juda ehtiyot bo'ling.

Tajriba qurilmasi 3-rasmda tasvirlangan.

Ikkita S_1 va S_2 nurni ajratgichlar yordamida, Nyuton halqalari 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.

- 3-rasmda keltirilganidek, galogen lampani H optik kursiga joylashtiring.
 - S_1 nur ajratgichni galogen lampadan 30 sm masofada optik kursiga joylashtiring va uni 45° burchak ostida to'g'rilang.
 - Galogen lampani H yoqing va uni nur ajratgichga yo'naltiring.
- 3-rasm da keltirilganidek, optik moslama va konsoldan foydalanib, L_1 linzani bevosita nur ajratgich S_2 oldiga joylashtiring.



3-rasm. O'tgan va qaytgan yorug'likda Nyuton halqalarini bir vaqtda kuzatish uchun tajriba qurilmasi. H-galogen lampa, L, P -yassi-qavariq linza va shisha plastinka, S_1 , S_2 nur ajratgichlar, L_1 va L_2 halqalarni shakllantirish uchun linzalar

- Nyuton halqalari uchun shisha plastinkalarni optik kursiga S_1 nur ajratgichdan taxminan 16 sm masofada joylashtiring (plastinkadan masshtab S_1 nur ajratgich yo'nalishida ko'rsatilishi kerak)
 - Nyuton halqalari uchun shisha plastinkalarni nur ajratgich tomon, to L linza orqali devorda halqasimon tasvir paydo bo'lmaguncha siljiting.
 - Buning uchun oldin Nyuton halqalari uchun shisha plastinkalarni o'yiqli vintni bo'shating va keyin ehtiyotkorlik bilan qotiring.
 - a) shisha plastinkalar tutashadi (ya'ni hali hech qanday interferension halqalar markazdan chiqmaydi va qaytgan yorug'likning eng ichki halqasi qoramtir bo'ladi.)
 - b) halqasimon sistema aynan masshtabning markazida joylashadi (Halqasimon sistema doimo aylanayotgan vint yo'nalishida siljiydi.
- Agar zarur bo'lsa, L linzani halqasimon tasvirning devordagi obrazi keskin bo'lmaguncha siljiting.
- L_1 linzani Nyuton halqalari uchun shisha plastinkalarni optik moslamadan taxminan 20 sm masofada joylashtiring.
 - S_2 nur ajratgichni optik kursiga Nyuton halqalari uchun shisha plastinkadan taxminan 35 sm masofada joylashtiring.
 - Nur ajratgichni optik o'qqa nisbatan 45° burchak ostida shunday to'g'rilangki, lampa yorug'ligi qaytgan yorug'lik interferension manzarasi oldida sezilsin.
- L_1 linzani S_2 nur ajratgich tomon to o'tgan yorug'likning halqasimon tasvir obrazi va masshtabi keskin bo'lmaguncha siljiting.

Tajribani o'tkazish

- Interferension hodisalarni kuzating va yorqin hamda qoramtir halqalar ketma-ketligiga nisbatan, o'tgan va qaytgan yorug'likning konsentrik halqalari obrazini taqqoslang
- Proyeksiyalangan masshtab orqali markazning yorqin va qoramtir diametrini o'lchang
- Proyeksiyalangan masshtab orqali halqalarning yorqin va qoramtir diametrini o'lchang
- Bu ikki interferension manzaraning ravshanligini taqqoslang

Tajriba namunasi

O'tgan yorug'likda kuzatilgan interferension manzara: past ravshanlik, markazi qora va atrofida konsentrik qoramtir halqalar. Halqalarning chegaralari bo'yalgan.

Qaytgan yorug'likda kuzatilgan interferension manzara: yuqori ravshanlik markazi yorqin va yorqin konsentrik halqalar bilan o'ralgan. Halqalar chegaralari bo'yalgan.

1-jadval: Mos ravishda qaytgan yorug'lik uchun maksimum intensivlikning yoki o'tgan yorug'lik uchun minimum intensivlikning halqasimon diametri D.

1-jadval

	$\frac{D_k^2}{mm^2}$	
	Qaytish	O'tish
Markaz	3.2	3.3
halqa1	6.2	6.3
halqa2	8.4	8.6
halqa3	10.2	10.4
halqa4	11.5	11.6
halqa5	12.8	13.0

Radius ortgan sari qo'shni halqalar orasidagi masofa kamayib boradi.

Hisoblashlar

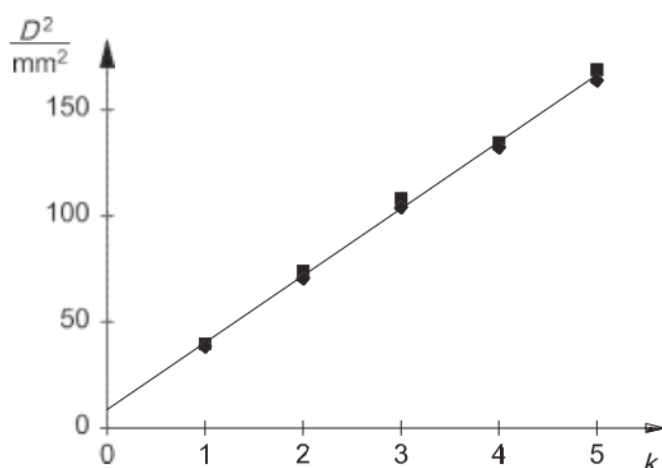
1-jadval bo'yicha qaytgan va o'tgan yorug'likda kuzatilgan bu ikkita interferension manzaralarning markazlari va halqa diametrlari teng.

4-rasmda diametrlar kvadratlari D_k^2 bilan halqalar indeksleri k orasidagi munosabat keltirilgan. $a = 31,6 \text{ mm}^2$ uchun to'g'ri chiziqli og'masi orqali (6) sababli quyidagiga ega bo'lamiz:

$$a = D_{k+1}^2 - D_k^2 = 4 \cdot R \cdot \lambda$$

Egrilik radiusi R Nyuton halqalari uchun shisha plastinkalar instruksiyasida berilgan. $R = 12,144 \text{ m}$ ga teng.

Undan $\lambda = 650 \text{ nm}$ olinib, diametrni o'lchash uchun qizg'ish chetlardan foydalanilgani fakti bilan mos keladi.



4-rasm. Halqasimon diametrning kvadrati va interferension halqa soni orasidagi bog'lanish grafigi

Xulosalar

O'tgan va qaytgan yorug'liklardagi Nyuton halqalari 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 qoramtirilar orasidagi ravshanlik qaytgan yorug'likdagiga nisbatan ancha sust.

Interferensiyon manzarada qora markazning yuzaga kelishi yuqoriroq optik zich muhitdan qaytib, fazasi $\lambda/2$ sakrab o'zgarishga duchor bo'lgan yorug'likning bevosita isbotidir. $d \ll \lambda$ qalinlik uchun yo'l farqi – faza sakrab o'zgarmaydi - nol bo'ladi, interferensiya qorong'ilikka 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 halqalarini generatsiyalash uchun linza kronglasdan va plastinka flinglasdan tayyorlangan va shisha plastinka 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 flinglasning sindirish ko'rsatgichlari orasida yotgani uchun, qaytish yuqoriroq optik zichlikli muhitdan yuqorida va juda yupqa qatlam $d \ll \lambda$ uchun pastda ro'y beradi. Qaytgan yorug'lik holida intensivlikning maksimumi markazda yuzaga keladi.

Nazorat savollari

1. Qanday to'lqin kogerent to'lqin deyiladi?
2. Interferensiyani tushuntiring
3. Nyuton halqalarini hosil bo'lish sababini tushuntiring
4. Nyuton halqalarini qaytgan va o'tgan nurlarda kuzating
5. Interferensiya hodisasini qo'llanilish sohalarini tushuntiring
6. Kogerent to'lqinlar olish usullarini tushuntiring

7-LABORATORIYA ISHI

Maykelson interferometrini lazerli optik tayanch plitaga o'rnatish

Ishning maqsadi: Maykelson interferometrini yig'ish, interferensiyon manzarani kuzatish.

Kerakli asboblari: lazerli optik tayanch plita, He-Ne lazeri, lazerni tutib turgich, optik asos, nur bo'lgich, nur bo'lgich uchun tutqich, yassi ko'zgu nozik sozlagich bilan, sferik linza $f = 2,7$ mm, nozik sozlash mexanizmi, yarim shaffof ekran, egarli asos, yog'och lineyka.

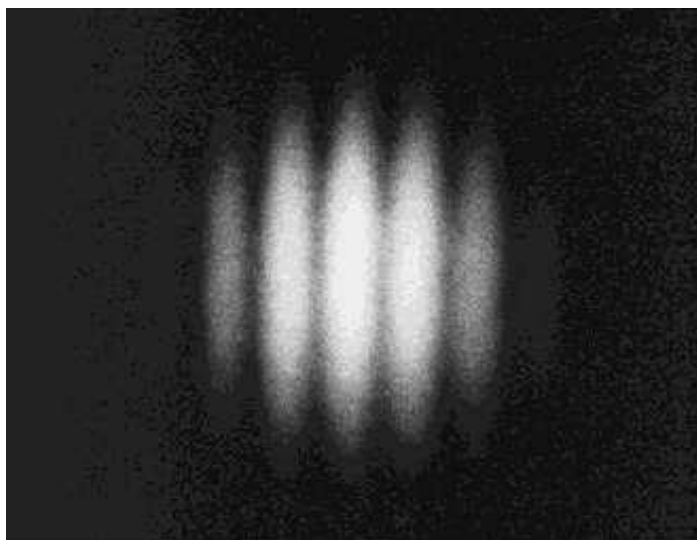
Ishning nazariy qismi: Interferometriya nihoyatda aniq va sezgir o'lchash metodi hisoblanadi, masalan uzunlikning o'zgarishini, zichlik darajasini, sindirish ko'rsatgichlarini va to'lqin uzunligini yuqori aniqlikda o'lchash imkonini beradi. Maykelson interferometri ikki nurlu interferometrlar oilasiga mansub. Uning ishlash prinsipi quyidagicha:

Talabga javob beradigan manbadan kelayotgan kogerent yorug'lik nuri optik komponentda ikki qismga ajraladi. Nurning bu qismlari turli yo'llardan harakatlanadi boshqa optik komponentga yo'naladi va ular bu yerda ustma-ust tushib bir-biri bilan qo'shiladi. Natijada interferensiyon 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 interferensiyon manzaraning o'zgarishiga olib kelib u orqali, agar boshqa miqdorlar doimiy qolsa, sindirish ko'rsatgichining yoki optik yo'lining har qanday 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, temperatura yoki zichlikning o'zgarishi kabilarning miqdorini va ta'sirini aniqlashimiz mumkin. Lazer nurining to'lqin uzunligini o'lchash uchun bitta yassi ko'zgu nozik sozlash mexanizmidan foydalanib siljiriladi; Bu o'zgartirish mos nurning optik yo'lini o'zgartiradi. Bunday siljitish davomida interferensiyon 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.

Tajriba namunasi

1-rasmda yarim shaffof ekrandagi interferension manzaraning fotografiyasi berilgan.

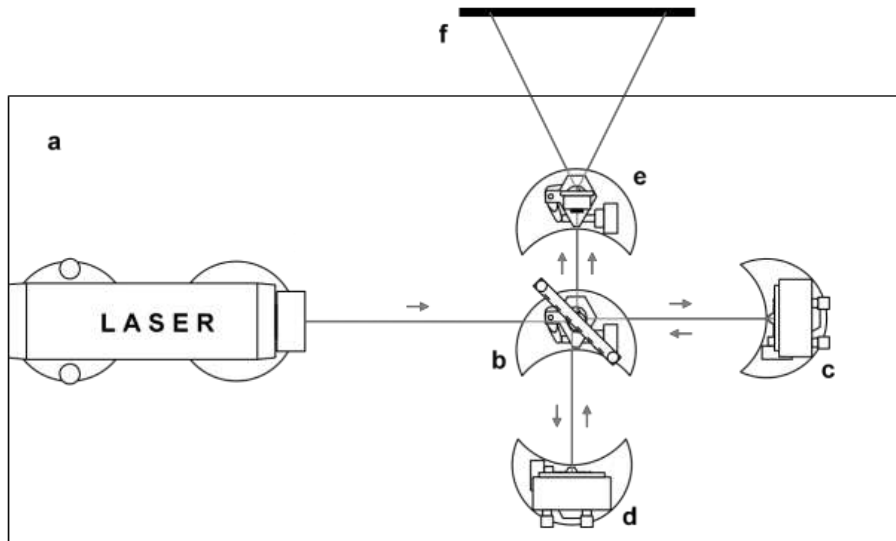


1-rasm. Interferension manzaraning yarim shaffof ekrandagi rasmi

Ishni bajarish tartibi

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.

2-rasmda lazerli optik tayanch plitadagi Maykelson interferometri qurilmasi tasvirlangan. Tajribani to'g'ri o'tkazish uchun quyidagilarni bajarish kerak



2-rasm. Lazerli optik tayanch plitadagi Maykelson interferometri qurilmasi, yuqoridan ko'rinishi. a-lazerli optik tayanch plita, b- nur bo'lgichlar, c, d - yassi ko'zgular nozik sozlash bilan, e- sferik linza, f-yarim shaffof ekran

Ehtiyotkorlik choralari

Geliy-neon lazerini o'rganish va o'quv qurilmalari uchun texnika xavfsizligi bo'yicha talablar – Lazer bo'limi 2 sinf lazerlari uchun nemis texnik standartlariga mos keladi. Ko'rsatmada keltirilgan xavfsizlik qoidalariga rioya qilinganda, geliy-neon lazeri bilan tajriba o'tkazish xavfli emas.

To'g'ri yoki akslangan lazer nuriga aslo qaramang.

Yorug'likning ravshanlik chegarasini oshirmang (ya'ni, hech qaysi kuzatuvchi ko'zining qamashganligini sezmasligi kerak)

Lazerli optik tayanch plita va lazer:

- Havo yostig'ini damlang
- Havo yostig'i bilan lazerli optik tayanch plitani (a) gorizontalar tarzda mustahkam laboratoriya stoliga joylashtiring.
- Lazerni tutib turgichga o'rnatish va uni tayanch plitaning chap chetiga joylashtiring.
- Lazerni tarmoqqa ulang va uni qo'shing.
- Lazerni tutib turgichdagi rostlash vintlarining uchta qotiruvchi gaykalarini bo'shating.
- Rostlash vintlaridan foydalanib, lazerning balandligini va qiyaligini shunday sozlangki, nur tayanch plitadan yuqorida 75 mm atrofida mutlaqo gorizontalar tarzda o'tsin (keyingi solishtirishlar uchun yetarli joy bor). Masofani lineyka bilan o'lchang.
- Kontur gaykalarni qotiring.

Nurni bo'lgich:

Qaytgan va o'tgan nurlar bir xil intensivlikka ega bo'lishi kerak. O'zgaradigan nur bo'lgichdan 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 bazali nur bo'lgichni lazer optik tayanch plitaning qarama-qarshi tomoniga joylashtiring va lazer nuri lazer nurlanishining tuynugi yonidagi nuqtaga qaytsin.

– Zarur bo'lsa, sterjendagi ikkita rostlash vintlari yordamida nur bo'lgich qiyaligini va shu bilan nur yo'lini to'g'rilang.

Nihoyat, 2-rasmda keltirilganidek, nur bo'lgichni nur yo'lga 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 biroz qorong'ilashtirilgan 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) lazer nuri uning markaziga tushadigan qilib joylashtiring.

– 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 biroz yuqori nuqtaga tushsin.

– Yarim shaffof ekranni(f) asosga o'rnatish va uni lazerli optik tayanch plitasining orqasiga, 2-rasmda keltirilganidek shunday joylashtiringki, lazer nuri uning markaziga tushsin.

2-rasmda keltirilganidek, nur bo'lgichdan (b) qaytgan nur yo'lga yassi ko'zguni (d) joylashtiring; uni xuddi yassi ko'zgu (c) nur bo'lgichdan qancha uzoqlikda bo'lsa, shuncha uzoqlikda o'rnatish.

– Lazerli optik tayanch plitada optik asosni burish va yustirovka vintlari bilan yassi ko'zguni shunday moslangki, nur amalda o'ziga qaytsin va nur bo'lgichdan o'tgandan keyin qaytadan birlamchi nur qismi bilan biriksin.

– (c) va (d) yassi ko'zgularni rostlash vintlari yordamida shunday yustirovka qilingki, qaytgan nurlar guruhidan eng intensiv nurlar ekranda mutloq mos kelsin.

Sferik linzalar:

– Sferik linzani (e) lazerli 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'rnini 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'rilang; 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'rilash orqali interferension tasvirni osongina sezish mumkin bo'lguncha sozlang.

Agar siz nozik sozlash orqali qoniqarli tasvirga erisha olmasangiz, interferometrni sozlash tartibini boshidan takrorlang.

Lazer 1 mVt chiqish quvvatiga ulanganda, interferension manzara ancha ravshanroq va uni kuzatish oson. Bunday ulash nur yo'lini biroq o'zgartiradi, shu sababli siz nur yo'liga yoki sferik linza o'rniga tuzatish kiritishingiz lozim bo'lishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Kogerent to'lqinlar qanday to'lqinlar?
2. Kogerent to'lqinlar olish usullarini tushuntiring
3. Maykelson interferometrini ishlash usulini tushuntiring
4. Yorug'lik interferensiyasini tushuntiring
5. Tajriba qurilmasini tushuntiring va tajriba o'tkazish usulini tushuntiring
6. Maykelson interferometri qanday maqsadlarda ishlatiladi?

8-LABORATORIYA ISHI

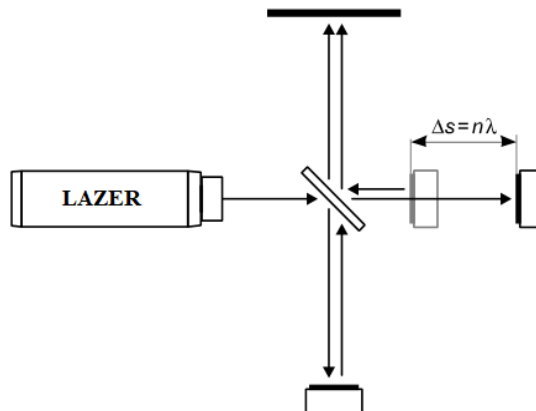
Maykelson interferometri yordamida He-Ne lazerining to'lqin uzunligini aniqlash

Ishning maqsadi: Maykelson interferometrini yig'ish, interferension manzarani kuzatish va He-Ne lazerining to'lqin uzunligini aniqlashdan iborat.

Kerakli asboblari: lazerli optik tayanch plita, He-Ne lazeri chiziqli qutblangan, lazerni tutib turgich, optik asos, nur bo'lgich, nur bo'lgich uchun tutqich, yassi ko'zgu nozik sozlagich bilan, sferik linza $f = 2,7$ m, nozik sozlash mexanizmi, yarim shaffof ekran, egarli asos, yog'och lineyka.

Ishning nazariy qismi: Interferometriya nihoyatda aniq va sezgir o'lchash metodi hisoblanadi, masalan uzunlikning o'zgarishini, zichlik darajasini, sindirish ko'rsatkichlarini va to'lqin uzunligini o'lchash uchun juda nozik sozlashlar talab etiladi. Maykelson interferometri ikki nurli interferometrlar oilasiga mansub.

Uning ishlashi usuli quyidagicha: Manbadan kelayotgan kogerent 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'rsatkichi va geometrik yo'l natijasida o'zgarsa, bu o'zgarmagan nurga nisbatan faza siljishiga olib keladi.



1-rasm. Maykelson interferometrini chizmasi

Bu esa o'z navbatida interferension manzaraning o'zgarishiga olib kelib, u orqali, agar boshqa miqdorlar doimiy qolsa, sindirish ko'rsatgichining yoki optik yo'lining har qanday 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, temperatura yoki zichlikning o'zgarishi kabilarning miqdorini va ta'sirini aniqlashimiz mumkin.

Lazer nurining to'liq uzunligini o'lchash uchun bitta yassi ko'zgu nozik sozlash mexanizmidan foydalanib siljiriladi; bu o'zgartirish mos nurning optik yo'lini o'zgartiradi. Bunday siljirish 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.

Tajriba qurilmasi

Izoh: *Yassi ko'zgu dastasini, nur ajratgichni va sferik linzani ehtiyotkorlik bilan changlardan saqlang va yalang'och qo'llaringiz bilan ularga tegmang.*

2-rasmda lazerli optik tayanch plitadagi Maykelson interferometri qurilmasi tasvirlangan. Tajribani to'g'ri o'tkazish uchun quyidagilarni bajarish kerak.

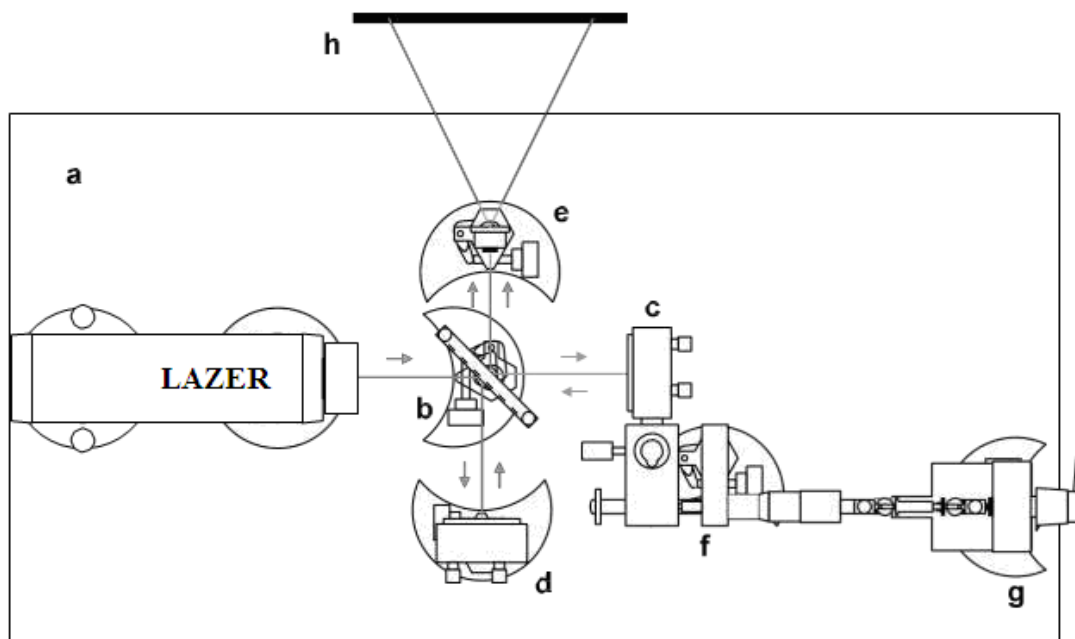
Lazerli optik tayanch plita va lazer

- Havo yostig'ini damlang
- Havo yostig'i bilan lazer optik tayanch plitani (a) gorizontalar tarzda mustahkam laboratoriya stoliga joylashtiring.
- Lazerni tutib turgichga o'rnatang va uni tayanch plitaning chap chetiga joylashtiring. Lazerni tarmoqqa ulang va uni qo'shing.
- Lazerni tutib turgichdagi rostlash vintlarining uchta qotiruvchi gaykalarini bo'shating. Rostlash vintlaridan foydalanib, lazerning balandligini va qiyaligini shunday sozlangki, nur tayanch plitadan yuqorida 75 mm atrofida mutlaqo gorizontalar tarzda o'tsin (keyingi korrektilrovkalar uchun yetarli joy bor). Masofani lineyka bilan o'lchang.
- Konturga gaykalarni qotiring.

Nurni bo'lgich

Qaytgan va o'tgan nurlar bir xil intensivlikka ega bo'lishi kerak. O'zgaradigan nur bo'lgichdan foydalanilganda, lazer nuri nur bo'lgichning markaziga u yoki bu darajada tushayotganiga ishonch hosil qiling.

- Oldin nur bo'lgich (b) lazer nurini gorizontalar qaytarayotganiga amin bo'ling. Buning uchun optik bazali nur bo'lgichni lazer optik tayanch plitaning qarama-qarshi tomoniga joylashtiring va lazer nuri lazer nurlanishining tuynugi yonidagi nuqtaga qaytsin.
- Zarur bo'lsa, sterjendagi ikkita rostlash vintlari yordamida nur bo'lgich qiyaligini va shu bilan nur yo'lini to'g'rilang.
- Nihoyat, 2-rasmda keltirilganidek, nur bo'lgichni nur yo'liga 45° burchak ostida qo'ying, nur bo'lgichning qisman shaffof qatlami lazer tarafda bo'lishi kerak.



2-rasm. Lazerli optik tayanch plitadagi Maykelson interferometri qurilmasi, bitta yassi ko'zgu uchun nozik sozlash mexanizmi bilan, yuqoridan ko'rinishi. a- lazerli 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

Yassi ko'zgular va nozik sozlash mexanizmi

Eslatmalar: Qurilmani biroz qorong'ilashtirilgan 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'rnatib.
- 2-rasmda keltirilganidek optik asosni nozik sozlash mexanizmi bilan shunday moslashtiringki, komponent turg'un tursin. Yassi ko'zguni (s) va nozik sozlash mexanizmini (f) lazer optik asos plitaga (a) lazer yassi ko'zguning markaziga tushadigan qilib joylashtiring. Ko'zguning tekisligi siljitish yo'nalishi bo'yicha tik ekanligiga, 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 biroz 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 kardon muftani ehtiyotkorlik bilan nozik sozlash mexanizmi (f) mikrometrining birgalikdagi vinti kallagiga qising.
- Reduktor optik asosni siljiting (g) va reduktor uchun taglikning balandligini biriktiruvchi sterjen to'liq chiqadigan ham to'liq chiqmaydigan ham qilib sozlang, aks holda o'lchashlar keyinchalik nozik sozlash mexanizmi siljishi bilan soxtalashishi mumkin.
- Kardon muftaning alohida segmentlari burchagini iloji boricha 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) mahkamlang va uni 1-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 1-rasmda keltirilgan; uning o'rnini yassi ko'zgu sifatidagi nur bo'lgichdan (c) qancha masofada ekanligini biling.
- Lazer optikasining tayanch plitasida optika bazasini burib va vintlarni sozlab, yassi ko'zguni shunday moslangki, nurning bu qismi amalda o'ziga qaytsin va nur bo'lgichdan o'tgandan so'ng birinchi nur qismi bilan qo'shilsin.
- Sozlash vintlari yordamida (c) va (d) yassi ko'zgularni, ikki qaytgan guruhning eng intensiv dastalari to'liq ekranda mos kelguncha sozlang.

Sferik linzalar:

- Sferik linzani (e) lazerli optik tayanch plitada nur bo'lgich bilan yarim shaffof ekran orasiga nurni kengaytirish uchun o'rnatib (linzani tutib turgichdagi uncha katta bo'lmagan teshik nur bo'lgich tarafga qaragan bo'lishi kerak).
- Sferik linzani balandligini va yon tomonlama o'rnini 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'rilang; zarur bo'lsa sferik linzani qayta sozlang. Nur qismlari nur bo'lgich bilan ekran orasida qanchalik ko'proq parallel harakatlansa, interferensiyon chiziqlar shunchalik keng va bir-biridan yiroq bo'ladi.
- Nur bo'lgich yoki yassi ko'zgularni sal o'zgartirib to'g'rilash orqali interferensiyon tasvirni osongina sezish mumkin bo'lguncha sozlang.

Agar siz nozik sozlash orqali qoniqarli tasvirga erisha olmasangiz, interferometrni sozlash tartibini boshidan takrorlang.

Lazer 1mVt chiqish quvvatiga ulanganda, interferensiyon manzara ancha ravshanroq va uni kuzatish oson. Bunday ulash nur yo'lini biroz o'zgartiradi, shu sababli siz nur yo'liga yoki sferik linza o'rniga tuzatish kiritishingiz lozim bo'lishi mumkin.

Tajribani o'tkazish

Tajriba davomida:

- Lazerli optika tayanch plitasiga mexanik zarbalardan ehtiyot bo'ling (masalan stolni silkitmang va urmang).
- Qurilmada havo oqimlariga yo'l qo'ymang, masalan nafas olish yoki yelvizaklar
- Yarim shaffof ekranda (h) interferensiyon 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.
- Reduktorni aylantirishni davom eting va shu bilan birgalikda, interferensiyon chiziqlarning belgidan o'tishini va reduktor aylanishlar sonini qayd qiling.

Eslatma: agar yassi ko'zguning harakati, shu jumladan interferensiyon tasvirning harakati "sapchish" bilan amalga oshsa, nozik sozlash mexanizmining sirpanish vtulkasini moylang.

Tajriba namunasi

1-jadval: Intensivlikning sanalgan maksimumlari soni Z , reduktor aylanishlar sonining N funksiyasi sifatida

N	Z
1	16 ± 1
2	32 ± 1

1-jadval

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: $dS = 5 \cdot \mu \cdot k \cdot N$ bilan $Z \cdot \lambda = 2 \cdot dS$ (1)

Bu tenglamadagi 2 soni shundan kelib chiqadiki, geometrik yo'lning o'zgarishi dS kelayotgan nur uchun ham va qaytgan nur uchun ham taalluqli. Shunday qilib biz tenglamadan λ ni aniqlashimiz mumkin.

$$\lambda = 2 \cdot \frac{dS}{Z} \quad (2)$$

2-jadval: Yassi ko'zguning siljishi dS va λ to'lqin uzunligi natijalari

2-jadval

$\frac{dS}{\mu m}$	$\frac{\lambda}{nm}$
5	625 ± 39
10	625 ± 20

2-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.

Nazorat savollari

1. Kogerent to'lqinlar qanday to'lqinlar?
2. Kogerent to'lqinlar olish usullarini tushuntiring
3. Maykelson interferometrini ishlash usulini tushuntiring
4. Yorug'lik interferensiyasini tushuntiring
5. Tajriba qurilmasini tushuntiring

9-LABORATORIYA ISHI

Maxa-Zender interferometrini lazerli optik tayanch plitaga o'rnatish va interferensio

manzarani kuzatish

Ishning maqsadi: Maxa-Zender interferometrini yig'ish, interferensio manzarani kuzatish.

Kerakli asboblari: lazerli optik tayanch plita, He-Ne lazeri chiziqli qutblangan, optik asos, nur bo'lgichlar, nur bo'lgichlar uchun tutqich, sozlanadigan yassi ko'zgu, sferik linza $f = 2.7$ mm, yarim shaffof ekran, o'rindiq asos, yog'och lineyka.

Ishning nazariy qismi: Interferometriya nihoyatda aniq va sezgir o'lchash metodi hisoblanadi, masalan uzunlikning o'zgarishini, zichlik darajasini, sindirish ko'rsatgichlarini va to'lqin uzunligini o'lchashda o'ta nozik sozlashlar talab etiladi. Maxa-Zender interferometri Maykelson interferometri kabi ikki nurli interferometrlar oilasiga mansub. Uning ishlashi quyidagicha:

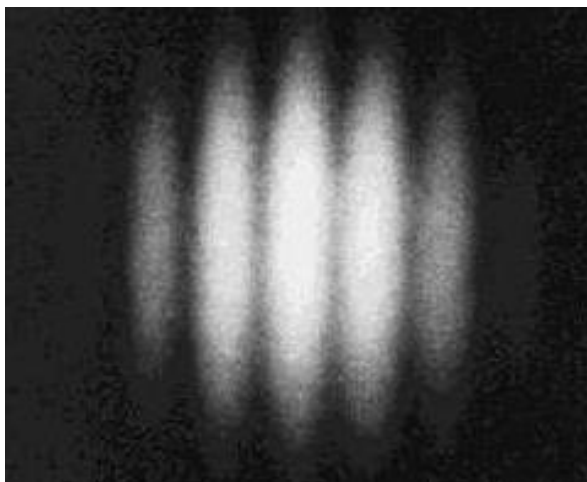
Talabga javob beradigan manbadan kelayotgan kogerent yorug'lik nuri optik komponentda ikki qismga ajraladi. Nurning bu qismlari turli yo'llardan harakatlanadi, ko'zgular yordamida og'ib, boshqa optik komponentga yo'naladi va ular bu yerda ustma-ust tushib bir-biri bilan birikadi. Natijada interferensio manzara yuzaga keladi. Agar bu nurlardan birining yo'li uzunligi, ya'ni sindirish ko'rsatgichi va geometrik yo'l natijasida o'zgarsa, o'zgarmagan nurga nisbatan bu faza siljishiga olib keladi.

Bu esa o'z navbatida interferensio manzaraning o'zgarishiga olib kelib, u orqali optik yo'lning o'zgarishi haqida xulosa qilish imkoni bo'ladi. Maykelson interferometridan farqli, yorug'lik nurlari ajralgandan keyin bir-birida akslanmaydi, aslida, to ular qayta birik-guncha

alohida yo'llarda harakatlanadi. Shaffof materiallarda o'lchash, masalan sindirish ko'rsatgichining o'zgarishini, natijasi orqali tushunish soddaroq va shu bilan birga yaxshiroq o'rgatish mashqlarini bajarish mumkin. Ammo, geometrik yo'l uzunligidagi o'zgarishlarni aniqlashning imkoni bo'lmaydi. Maxa-Zender interferometrini yustirovka qilish Maykelson interferometriga nisbatan ancha mushkulroq. Maxa-Zender interferometrini o'rnatishdan oldin, Maykelson interferometrida tajriba o'tirish maqsadga muvofiq («Maykelson interferometrini lazerli optik tayanch plitaga o'rnatish» tajribasining bayonnomasiga qarang).

O'lchash namunasi

1-rasmda yarim shaffof ekrandagi interferensiyon manzaraning ko'rinishi keltirilgan.



1-rasm. Interferensiyon manzaraning yarim shaffof ekrandagi ko'rinishi

Tajriba qurilmasi

Izoh: Sirti shikastlangan yoki iflos optik elementlar interferensiyon tasvirning buzilishiga sababchi bo'lishi mumkin. Yassi ko'zgu dastasini, nur ajratgichni va sferik linzani ehtiyotkorlik bilan changlardan saqlang va yalong'och qo'llaringiz bilan ularga tegmang.

2-rasmda lazerli optik tayanch plitadagi Maxa-Zender interferometri qurilmasi tasvirlangan. Komponentlar nur yo'li geometriyasiga nisbatan juda sinchkovlik bilan yustirovka qilinishi lozim. Tajribani to'g'ri o'tkazish uchun quyidagilarni bajarish kerak:

Lazerli optik tayanch plita va lazer:

- Havo yostig'ini damlang.
- Havo yostig'i bilan lazerli optik tayanch plitani (a) gorizontalar tarzda mustahkam laboratoriya stoliga joylashtiring.
- Lazerni tutib turgichga o'rnatish va uni tayanch plitaning chap chetiga joylashtiring.
- Lazerni tarmoqqa ulang va uni qo'shing.
- Lazerni tutib turgichdagi rostlash vintlarining uchta qotiruvchi gaykalarini bo'shating.
- Rostlash vintlaridan foydalanib, lazerning balandligini va qiyaligini shunday sozlangki, nur tayanch plitadan 75 mm atrofida yuqoridan mutlaqo gorizontalar tarzda o'tsin (keying yustirovkalar uchun yetarli joy bor). Masofani lineyka bilan o'lchang.
- Kontur gaykalarni qotiring.

Dastlabki sozlash:

- Nur bo'lgichlarning (b) va (c) nurni gorizontalar akslantirayotganini tekshiring; buning uchun har bir nur bo'lgichning optik asosini lazerli optik tayanch plitaning qarama-qarshi tomoniga nurning yo'liga joylashtiring va yorug'lik nurini lazer emissiyasi aperturasi yonidagi nuqtaga akslantiring.
- Agar zarur bo'lsa, stend sterjenidagi ikkita vint yordamida nur bo'lgichlarining og'ish burchagini va shu bilan nur yo'lini to'g'rilang.

– Asosiy sozlash vintidan foydalanib, (d) va (e) yassi ko'zgularni shunday yustirovka qilingki, ular nurni gorizontaal akslantirsin; buning uchun har bir yassi ko'zguni lazer optikasi tayanch plitasining qarama-qarshi tomoniga nurning yo'liga joylashtiring va yorug'lik nurini lazer emissiyasi aperturasi yonidagi nuqtaga akslantiring.

Nur bo'lgichlar va yassi ko'zgular:

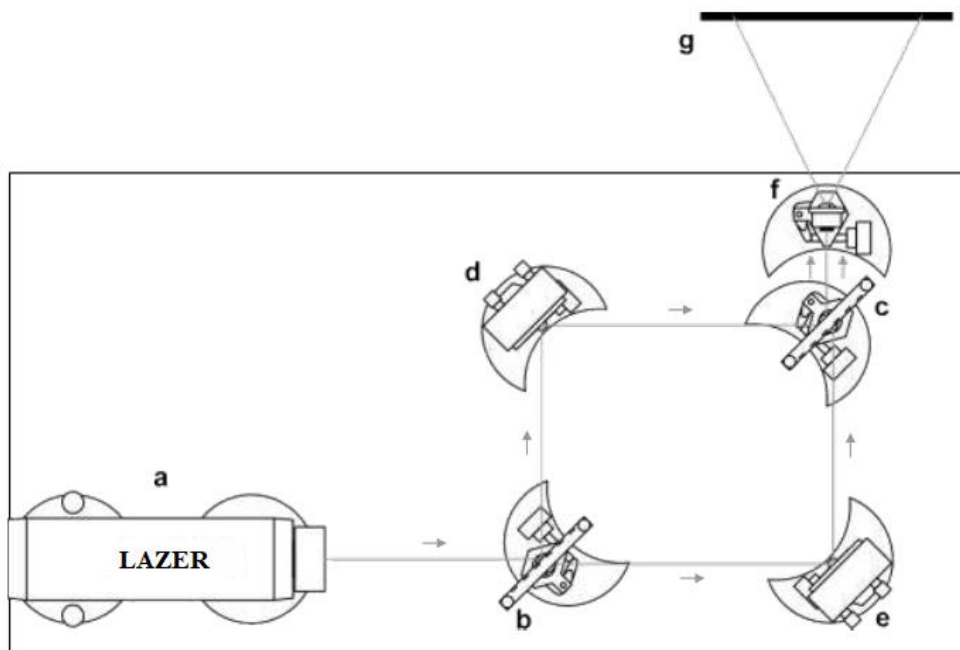
Eslatmalar: Qurilmani biroz qorong'ilashtirilgan xonada yustirovka qilish osonroq. Asosiy nurlardan tashqari, ko'p marotaba qaytishlar ham past intensivlikli parazit parsial dastalar deb ataluvchi nurlarni keltirib chiqaradi. Ular keyinchalik linza tutgichida ekranlashadi. Quyida keltirilgan ma'lumotlar faqat asosiy nurlarga tegishli. Qaytgan va o'tgan nurlar bir xil intensivlikka ega bo'lishi kerak. O'zgaradigan nur bo'lgichdan foydalanilganda, lazer nuri nur bo'lgichning markaziga u yoki bu darajada tushayotganiga ishonch hosil qiling.

– Optik asosli nur bo'lgichni (b) 2-rasmda keltirilganidek, nur yo'liga 45^0 burchak ostida joylashtiring; nur bo'lgichning qisman shaffof tomoni lazerga qaragan bo'lishi kerak.

– Yassi ko'zguni (d) nur bo'lgichdan (b) akslangan nur yo'liga shunday joylashtiringki, lazer nuri uning markaziga tushsin.

– Interferometrning tayanch plitasidagi optik asosni burish orqali, yassi ko'zguni nur 90^0 ga og'adigan va nurning yo'li uzatilgan nurga parallel bo'ladigan qilib to'g'rilang.

– 2-rasmda keltirilganidek, yassi ko'zguni (e) qarama-qarshi tomondagi yassi ko'zguga (d) uzatilgan nurning yo'liga shunday joylashtiringki, lazer nuri uning markaziga tushsin.



2-rasm: Maxa-Zender interferometri transportabel kamera bilan lazerli optik tayanch plitada, yuqoridan ko'rinishi

– a- lazer optik tayanch plita, b, c- nur bo'lgichlar, d, e- nozik sozlanadigan yassi ko'zgular, f- sferik linza, g- yarim shaffof ekran.

– Interferometrning tayanch plitasidagi optik asosni burish orqali, bu yassi ko'zguni ham nur 90^0 ga og'adigan qilib to'g'rilang.

– Shaffof ekranni (g) asosga mahkamlang va uni lazerli optik tayanch plitaning orqasiga, 2-rasm da keltirilganidek, yassi ko'zgudan (e) qaytgan nur uning markaziga tushadigan qilib o'rnatilg.

- Nur bo'lgichni (c) shunday sozlangki, antiparallel nur bo'lgichdan (b) chiqayotgan ikkala nur ham 45^0 burchak ostida bo'lsin; qisman shaffof qatlam ekran (g) tomonga qaraganiga ishonch hosil qiling.

Dastlabki sozlash:

Nur bo'lgichdan chiqqan nurning yo'llari to'g'ri to'rtburchakni tashkil qilsa, komponentlar to'g'ri o'rnatilgan hisoblanadi.

– Zarur bo'lsa, nurning yo'lini to'g'rilang.

- Yassi ko'zgularni va nur bo'lgichlarni shunday qayta sozlangki, ikkita qaytgan guruhning eng intensiv nurlari ekranda (g) mos kelsin.
- Ekran (g) bilan ikkinchi nur bo'lgich (c) orasidagi masofani o'zgartiring va ikki qaytgan nurlar amalda mos kelishini, ya'ni yetarli darajada paralleligini tekshiring.

a) Nurning vertikal yo'lini yustirovka qilish:

Agar nur qismlari gorizontall tekislikdan farq qilsa:

- Lazerli optik tayanch plitadan har bir optik komponentning orqasida nurning balandligini yog'och lineykadan foydalanib tekshiring va zarur bo'lsa yassi ko'zgularning va nur bo'lgichlarning og'ishini to'g'rilang.
- Optik komponentlarni shunday sozlangki, ikki qaytgan guruhning eng intensiv nurlari shaffof ekranda mos kelsin..
- Ekran (g) bilan nur bo'lgich (c) orasidagi masofani yana o'lchang va ikki qaytgan nur parallelligini tekshiring.
- Zarur bo'lsa, yana sozlashni takrorlang.

b) Nurning gorizontall yo'lini yustirovka qilish:

Nur bo'lgichdan chiqqan nurlar ideal hisoblanadi, agar ular shaffof ekrandagi bir nuqtaga tushsa va biriksa.

Agar nurlar gorizontall tekislikda bir-biridan farq qilsa:

- Nur bo'lgichdan (b) nurlarning yo'lini nur bo'lgichdan (c) chiqishini tekshiring va agar nurlarning yo'li to'g'ri to'rtburchakni ifoda etmasa, mos komponentlarni to'g'rilang.
- Yassi ko'zguni (e) lazer optik tayanch plitaga uzunlik bo'yicha parallel siljiting va uni akslantirayotgan nur yassi ko'zgudan (d) akslanayotgan nur va nur bo'lgich (c) va shaffof ekranda (g) mos kelmaguncha to'g'rilang.

Sferik linzalar:

- Lazerli optik tayanch plitadagi sferik linzani (f) nur bo'lgich (c) bilan shaffof ekran orasiga joylashtiring (linza tutgichning kichik teshigi nur bo'lgich tarafda bo'lishi kerak)
- Sferik linzaning balandligini va yon taraflama joylashishini shunday sozlangki, nurning ikki qismi u orqali o'q bo'ylab o'tsin.
- Agar nur yo'lini to'g'rilash zarur bo'lsa, yassi ko'zgulardan birini sozlang.

Nozik sozlash:

Agar siz hali ham shaffof ekranda namunaviy chiziqlarni kuzatmasangiz:

- Nur bo'lgichlarni yoki yassi ko'zgularni biroz yustirovka qilish orqali nur yo'lini o'zgartiring; Zarur bo'lsa sferik linzani sozlang.
- Nur bo'lgich (c) va ekran (g) orasida nurlarning yo'li qanchalik parallelligi katta bo'lsa, interferension chiziqlar shunchalik keng va orasi ochiq bo'ladi.
- Interferension manzarani shunday sozlangki, nur bo'lgichlarni yoki yassi ko'zgularni biroz yustirovka qilish orqali uni osongina kuzatish mumkin bo'lsin.

Agar siz nozik sozlash orqali qoniqarli tasvir olishga erisha olmasangiz, interferometrni boshidan sozlang.

Agar lazer 1mW chiqish quvvatiga ulangan bo'lsa, interferension manzara ravshanroq va kuzatish uchun qulay bo'ladi. Bunday ulash oz bo'lsa-da nur yo'lini o'zgartirgani uchun, siz nur yo'lini moslashtirishingiz yoki sferik linza holatini o'zgartirishingiz zarur bo'lishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Optik rezonatorni tushuntiring
2. Maxa-Zender interferometrini ishlash usulini tushuntiring
3. Sferik linzalar qayerda ishlatiladi?
4. Tajriba qurilmasini tushuntiring
5. Interferension manzarani qanday hosil qildingiz?

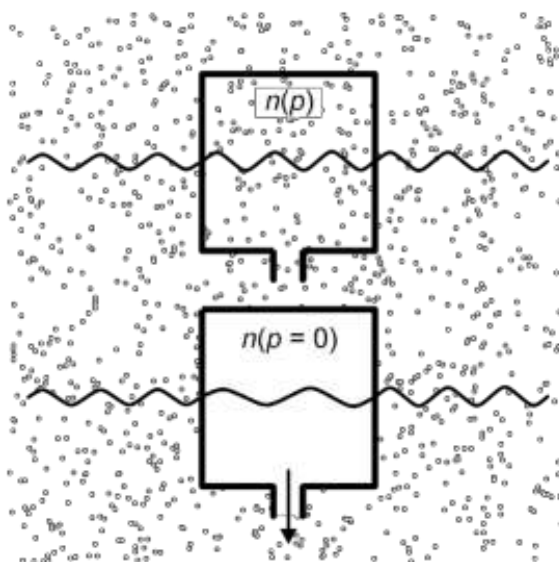
10-LABORATORIYA ISHI

Maxa-Zender interferometri yordamida havoning sindirish ko'rsatkichini aniqlash

Ishning maqsadi: Maxa-Zender interferometrini yig'ish. Nur yo'liga oldin joylashtirilgan kamerani olganda interferension manzaraning o'zgarishini kuzatish. Havoning sindirish ko'rsatkichini aniqlash.

Kerakli asboblari: lazerli optik tayanch plita, He-Ne lazeri chiziqli qutblangan, optik asos, nur bo'lgichlar, nur bo'lgichlar uchun tutqich, sozlanadigan yassi ko'zgu, sferik linza $f = 2,7$ mm, yarim shaffof ekran, qo'l bilan yurgiziladigan vakuum va dam beradigan nasos, kichik taglik asos, V-simon universal qisqich, o'rindiqliq asosi, yog'och lineyka.

Ishning nazariy qismi: Interferometriya nihoyatda aniq va sezgir o'lchash metodi hisoblanadi, masalan uzunlikning o'zgarishini, zichlik darajasini, sindirish ko'rsatkichlarini va to'lqin uzunligini o'lchash samarali natija beradi. Maxa-Zender interferometri Maykelson interferometri kabi ikki nurli interferometrlar oilasiga mansub. Uning ishlashi quyidagicha: Talabga javob beradigan manbadan kelayotgan kogerent yorug'lik nuri optik komponentda ikki qismga ajraladi. Nurning bu qismlari turli yo'llardan harakatlanadi, ko'zgular yordamida og'ib, boshqa optik komponentga yo'naladi va ular bu yerda ustma-ust tushib bir-biri bilan birikadi. Natijada interferension manzara yuzaga keladi. Agar bu nurlardan birining yo'li uzunligi, ya'ni sindirish ko'rsatkichi va geometrik yo'l natijasida o'zgarsa, o'zgarmagan nurga nisbatan bu faza siljishiga olib keladi.

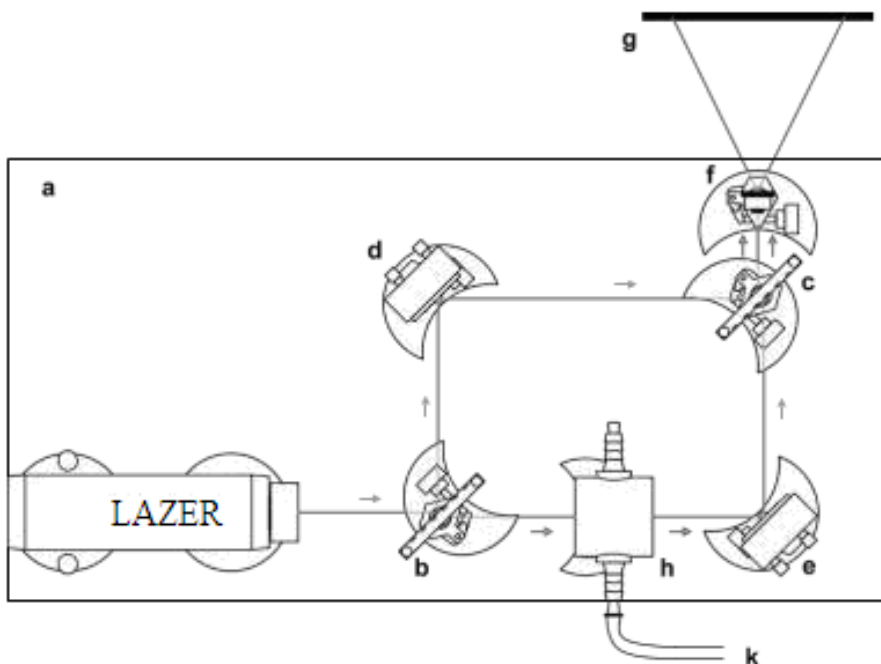


1-rasm. Yorug'likni kyuveta ichidan o'tishi: yuqorida kyuveta havo molekullari bilan to'ldirilgan. Pastdagi rasmda havosi so'rib olingan

Bu esa o'z navbatida interferension manzaraning o'zgarishiga olib kelib, u orqali optik yo'lining o'zgarishi haqida xulosa qilish imkoni bo'ladi. Maykelson interferometridan farqli, yorug'lik nurlari ajralgandan keyin bir-birida akslanmaydi, aslida, to'lar qayta birikguncha alohida yo'llarda harakatlanadi. Shaffof materiallarda o'lchash, masalan sindirish ko'rsatkichining o'zgarishini, natijasi orqali tushunish soddaroq va shu bilan birga yaxshiroq o'rgatish mashqlarini bajarish mumkin. Ammo, geometrik yo'l uzunligidagi o'zgarishlarni aniqlashning imkoni bo'lmaydi. Havoning sindirish ko'rsatkichini aniqlash uchun, interferometrda nurlarning biri yo'liga transportabel kamera joylashtiriladi. Tajriba vaqtida bu kameradan havo so'rib olinib, nurning optik uzunlik yo'li o'zgartiriladi. Unda biz bosim o'zgarishiga mos interferension manzaraning o'zgarishi orqali havoning sindirish ko'rsatkichini aniqlashimiz mumkin. Bunday o'lchashni Maykelson interferometri bilan ham amalga oshirish mumkin; biroq bu holda nur kamera orqali ikki marta o'tishini e'tiborga olishimiz kerak bo'ladi.

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.



2-rasm. Maxa-Zender interferometri transportabel kamera bilan lazerli optik tayanch plitada, yuqoridan ko'rinishi. a-lazerli optik tayanch plita, b, c- nur bo'lgichlar, d, e - nozik sozlanadigan yassi ko'zgular, f- sferik linza, g- yarim shaffof ekran, h- transportabel kamera, k- vakuum nasosini ulash uchun shlang

2-rasmda lazerli optik tayanch plitadagi Maxa-Zender interferometri qurilmasi tasvirlangan. Komponentlar nur yo'li geometriyasiga nisbatan juda sinchkovlik bilan yustirovka qilinishi lozim. Tajribani to'g'ri o'tkazish uchun quyidagilarni bajarish kerak:

Lazerli optik tayanch plita va lazer:

- Havo yostig'ini damlang.
- Havo yostig'i bilan lazer optik tayanch plitani (a) gorizontall 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 rostlash vintlarining uchta qotiruvchi gaykalarini bo'shating.
- Regulirovka vintlaridan foydalanib, lazerning balandligini va qiyaligini shunday sozlangki, nur tayanch plitadan 75 mm atrofida yuqoridan mutlaqo gorizontall tarzda o'tsin (keyingi yustirovkalar uchun yetarli joy bor). Masofani lineyka bilan o'lchang.
- Kontur gaykalarini qotiring.

Dastlabki sozlash:

- Nur bo'lgichlarning (b) va (c) nurni gorizontall akslantirayotganini tekshiring; buning uchun har bir nur bo'lgichning optik asosini lazerli optik tayanch plitaning qarama-qarshi tomoniga nurning yo'lga joylashtiring va yorug'lik nurini lazer emissiyasi aperturasi yonidagi nuqtaga akslantiring.
- Agar zarur bo'lsa, stend sterjenidagi ikkita vint yordamida nur bo'lgichlarining og'ish burchagini va shu bilan nur yo'lini to'g'rilang.
- Asosiy sozlash vintidan foydalanib, (d) va (e) yassi ko'zgularni shunday yustirovka qilingki, ular nurni gorizontall akslantirsin; buning uchun har bir yassi ko'zguni lazerli optik tayanch plitaning qarama-qarshi tomoniga nurning yo'lga joylashtiring va yorug'lik nurini lazer emissiyasi aperturasi yonidagi nuqtaga akslantiring.

Nur bo'lgichlar va yassi ko'zgular:

Eslatmalar: Qurilmani biroz qorong'ilashtirilgan xonada yustirovka qilish osonroq. Asosiy nurlardan tashqari, ko'p marotaba qaytishlar ham past intensivlikli parazit parsial dastalar deb ataluvchi nurlarni keltirib chiqaradi. Ular keyinchalik linza tutgichida ekranlashadi. Quyida keltirilgan ma'lumotlar faqat asosiy nurlarga tegishli. Qaytgan va o'tgan nurlar bir xil intensivlikka ega bo'lishi kerak. O'zgaradigan nur bo'lgichdan foydalanilganda, lazer nuri nur bo'lgichning markaziga u yoki bu darajada tushayotganiga ishonch hosil qiling.

– Optik asosli nur bo'lgichni (b) 2-rasmda keltirilganidek, nur yo'liga 45^0 burchak ostida joylashtiring; nur bo'lgichning qisman shaffof tomoni lazerga qaragan bo'lishi kerak.

– Yassi ko'zguni (d) nur bo'lgichdan (b) akslangan nur yo'liga shunday joylashtiringki, lazer nuri uning markaziga tushsin.

– Interferometrning tayanch plitasidagi optik asosni burish orqali, yassi ko'zguni nur 90^0 ga og'adigan va nurning yo'li uzatilgan nurga parallel bo'ladigan qilib to'g'rilang.

– 2-rasmda keltirilganidek, yassi ko'zguni (e) qarama-qarshi tomondagi yassi ko'zguga (d) uzatilgan nurning yo'liga shunday joylashtiringki, lazer nuri uning markaziga tushsin.

– Interferometrning tayanch plitasidagi optik asosni burish orqali, bu yassi ko'zguni ham nur 90^0 ga og'adigan qilib to'g'rilang.

– Shaffof ekranni (g) asosga mahkamlang va uni lazerli optik tayanch plitaning orqasiga, 2-rasm da keltirilganidek, yassi ko'zgudan (e) qaytgan nur uning markaziga tushadigan qilib o'rnatish.

– Nur bo'lgichni (c) shunday sozlangki, antiparallel nur bo'lgichdan (b) chiqayotgan ikkala nur ham 45^0 burchak ostida bo'lsin; qisman shaffof qatlam ekran (g) tomonga qaraganiga ishonch hosil qiling.

– Yassi ko'zgularni va nur bo'lgichlarni shunday qayta sozlangki, ikkita qaytgan guruhning eng intensiv nurlari ekranda (g) mos kelsin.

– Ekran (g) bilan ikkinchi nur bo'lgich (c) orasidagi masofani o'zgartiring va ikki qaytgan nurlar amalda mos kelishini, ya'ni yetarli darajada parallelligini tekshiring.

Dastlabki sozlash:

– Nur bo'lgichdan chiqqan nurning yo'llari to'g'ri to'rtburchakni tashkil qilsa, komponentlar to'g'ri o'rnatilgan hisoblanadi.

– Zarur bo'lsa, nurning yo'lini to'g'rilang.

a) Nurning vertikal yo'lini yustirovka qilish:

Agar nur qismlari gorizontallikdan farq qilsa:

– Lazerli optik tayanch plitadan har bir optik komponentning orqasida nurning balandligini yog'och lineykadan foydalanib tekshiring va zarur bo'lsa yassi ko'zgularning va nur bo'lgichlarning og'ishini to'g'rilang.

– Optik komponentlarni shunday sozlangki, ikki qaytgan guruhning eng intensiv nurlari shaffof ekranda mos kelsin.

– Ekran (g) bilan nur bo'lgich (c) orasidagi masofani yana o'lchang va ikki qaytgan nur parallelligini tekshiring.

– Zarur bo'lsa, yana sozlashni takrorlang.

b) Nurning gorizontallik yo'lini yustirovka qilish:

Nur bo'lgichdan chiqqan nurlar ideal hisoblanadi, agar ular shaffof ekrandagi bir nuqtaga tushsa va biriksa.

Agar nurlar gorizontallikda bir-biridan farq qilsa:

– Nur bo'lgichdan (b) nurlarning yo'lini nur bo'lgichdan (c) chiqishini tekshiring va agar nurlarning yo'li to'g'ri to'rtburchakni ifoda etmasa, mos komponentlarni to'g'rilang.

– Yassi ko'zguni (e) lazer optik tayanch plitaga uzunlik bo'yicha parallel siljiting va uni akslantirayotgan nur yassi ko'zgudan (d) akslanayotgan nur va nur bo'lgich (c) va shaffof ekranda (g) mos kelmaguncha to'g'rilang.

Sferik linzalar:

- Lazerli optik tayanch plitadagi sferik linzani (f) nur bo'lgich (c) bilan shaffof ekran orasiga joylashtiring (linza tutgichning kichik teshigi nur bo'lgich tarafda bo'lishi kerak).
- Sferik linzaning balandligini va yon taraflama joylashishini shunday sozlangki, nurning ikki qismi u orqali o'q bo'ylab o'tsin.
- Agar nur yo'lini to'g'rilash zarur bo'lsa, yassi ko'zgulardan birini sozlang.

Nozik sozlash:

Agar siz hali ham shaffof ekranda namunaviy chiziqlarni kuzatmasangiz:

- Nur bo'lgichlarni yoki yassi ko'zgularni biroz yustirovka qilish orqali nur yo'lini o'zgartiring; Zarur bo'lsa sferik linzani sozlang.
- Nur bo'lgich (c) va ekran (g) orasida nurlarning yo'li qanchalik paralleligi katta bo'lsa, interferensiyon chiziqlar shunchalik keng va orasi ochiq bo'ladi.
- Interferensiyon manzarani shunday sozlangki, nur bo'lgichlarni yoki yassi ko'zgularni biroz yustirovka qilish orqali uni osongina kuzatish mumkin bo'lsin.

Agar siz nozik sozlash orqali qoniqarli tasvir olishga erisha olmasangiz, interferometrni sozlash tartibini boshidan takrorlang.

Agar lazer 1 mW chiqish quvvatiga ulangan bo'lsa, interferensiyon manzara ravshanroq va kuzatish uchun qulay bo'ladi. Bunday ulash oz bo'lsa-da nur yo'lini o'zgartirgani uchun, siz nur yo'lini moslashtirishingiz yoki sferik linza holatini o'zgartirishingiz zarur bo'lishi mumkin.



3-rasm. Transportabel kameraga trubani biriktirishni osonlashtirish uchun moslama.
Transportabel kamera va qo'l bilan ishlatiladigan vakuum va havo damlash nasosi

Izoh: Lazer nuri transportabel kameraning shisha yuzalaridan qaytadi. Ba'zi hollarda ular lazer nuri emissiyalanayotgan aperturaga tushib lazer nuri sifatiga ta'sir qilishi mumkin. Agar bunday hol yuz bersa, kamerani biroz buring.

- Transportabel kameraning bir tomonidagi patrubkasini tiqin (ehtiyot qismlar ichida yetkazilgan) bilan zich qilib berkiting.
 - Optik asosga transportabel kamerani o'rnatish va uni nurning yo'liga, masalan, nur bo'lgich (b) bilan yassi ko'zgu (e) orasiga shunday joylashtiringki, nur uning o'qidan o'tsin. Boshqa optik komponentlarning o'rnini o'zgartirmang.
 - Vakuum nasosini shlang yordamida kameraning boshqa patrubkasiga, kamerani lazer optikasi tayanch plitasida siljitmay, biriktiring; patrubkaga mos keladigan o'tkazgich ulang.
- 3-rasmda keltirilganidek, kichik taglik va universal qisqichdan S foydalanib, deformatsiyani kamaytirish moslamasini yig'ing va trubani lazerli optik tayanch plitaning yoniga shunday o'rnatishki, transportabel kameraning burilishi yoki siljishi orqali o'lchashlar soxtalashmasin.

Tajribani o'tkazish

Tajriba davomida:

– Lazerli optik tayanch plitasiga mexanik ta'sirlardan saqlaning (masalan, silkitmang yoki stolga zarba bermang).

Qurilmadan o'tuvchi havo oqimidan saqlaning, masalan nafas olish yoki yelvizaklar.

– Yarim shaffof ekranda (g) hisoblanishi mumkin bo'lgan o'tkinchi interferension chiziqlar uchun intensivlikning maksimum o'rinlarini belgilang.

– Kameradan (h) havoni, to keyingi intensivlikning maksimumi aniq belgilangan nuqtaga yetguncha, asta-sekinlik bilan so'rib oling.

– Bosim tushganda, vakuum va havo damlash nasosining manometri mos ko'rsatishini qayd qiling va bu qiymatlarni yozib oling.

– Bu jarayonni to bosim ta'sirida maksimumga erishmaguncha davom ettiring.

Tavsiya qilinadigan, biroq bajarish mutloq zarur bo'lmagan amallar:

– Vakuum va havo haydash nasosining ventilidan foydalanib, idishning ichiga havoni sekin, to keyingi intensivlikning maksimumi belgilangan holatdan aniq o'tmaguncha kiriting.

– Vakuum va havo damlash nasosining manometri mos ko'rsatishini qayd qiling va bu qiymatlarni yozib oling.

– Bu jarayonni to havo normal bosimga erishguncha davom ettiring.

O'lchash namunasi

1-jadval: $t = 220^{\circ} \text{C}$ va $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ da o'lchangan interferension maksimumlar soni Z va nisbiy bosim P_D

1-jadval

Z	$\frac{P_D}{\text{mbar}}$	Z	$\frac{P_D}{\text{mbar}}$
1	40	19	930
2	100	18	880
3	150	17	830
4	190	16	780
5	240	15	730
6	290	14	680
7	340	13	630
8	390	12	580
9	440	11	530
10	480	10	480
11	530	9	430
12	580	8	390
13	630	7	330
14	680	6	290
15	730	5	230
16	780	4	190
17	820	3	140
18	870	2	80
19	920	1	20

Hisoblashlar va xulosalar

Gazlarda sindirish ko'rsatgichi bosimga P chiziqli bog'liq.

$$\Delta n = n(P = 0) + \frac{\Delta n}{\Delta P} \cdot P, \quad (1) \text{ bunda } n(P = 0) = 1$$

Shunday qilib, keyingi o'lchash natijalari bo'yicha hisoblash uchun quyidagilarni hosil qilamiz:

$$\frac{\Delta n}{\Delta P} = \frac{n(P + \Delta P) - n(P)}{\Delta P} \quad (2)$$

Transportabel kameradagi optik yo'l uzunligi d kameraning geometrik uzunligiga S va sindirish ko'rsatgichi gazning bosimiga bog'liqligidan $n(P)$ kelib chiqadi. Kameradagi bosimni P dan $P + \Delta P$ qiymatgacha o'zgartirish yo'li bilan biz optik yo'l uzunligini o'zgartiramiz.

$$\Delta d = n(P + \Delta P) \cdot S - n(P) \cdot S \quad (3)$$

Kameradan havoni so'rib olish jarayonida biz yarim shaffof ekranda interferensiyalarning siljishini kuzatishimiz mumkin. Dastlab kameradagi bosim atrof - muhitdagi bosimdan P_0 dan P bosimga erishguncha biz $Z(P)$ bog'lanishni olishimiz mumkin. Maksimumlarning aniq bir holatga o'zgarishi optik yo'l uzunligi o'zgarishiga mos keladi. Shunday qilib, P bosim bilan $P + \Delta P$ bosim oralig'idagi optik yo'l uzunligining o'zgarishi:

$$\Delta d = (Z(P) - Z(P + \Delta P)) \cdot \lambda \quad (4)$$

(3) va (4) dan biz quyidagini olamiz:

$$n(P + \Delta P) - n(P) = -(Z(P + \Delta P) - Z(P)) \cdot \frac{\lambda}{S} \quad (5)$$

(4) ga asoslanib,

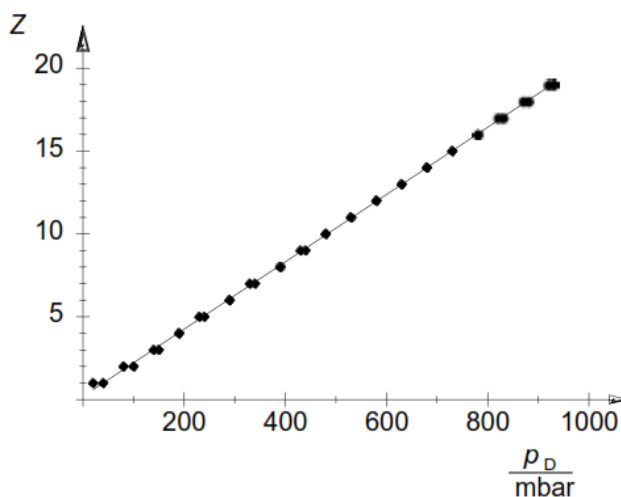
$$\frac{\Delta n}{\Delta P} = \frac{\Delta Z}{\Delta P} \cdot \frac{\lambda}{S} \quad (6)$$

O'lchangan miqdor kameradagi bosim p emas, balki atrof-muhit bosimi orasidagi farqdir $P_D = P_0 - P$. O'lchash natijalaridan foydalanib, biz quyidagi $\frac{\Delta Z}{\Delta P_D} = -\frac{\Delta Z}{\Delta P}$ og'mani aniqlashimiz

mumkin. 3-rasmdan quyidagini olamiz $\frac{\Delta Z}{\Delta P_D} = 0,020 \text{ mbar}^{-1}$ va $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ va $S = 50 \text{ mm}$

bo'lgani uchun, biz quyidagini olamiz: $\frac{\Delta n}{\Delta P} = 2,6 \cdot 10^{-7} \text{ mbar}^{-1}$.

Bu qiymatni (3) ga qo'ysak, biz havoning sindirish ko'rsatgichi uchun $n = 1,00026$ qiymat hosil qilamiz. Normal temperatura va normal bosimda ($P = 1013 \text{ mbar}$, temperatura $T = 22^\circ \text{ C}$ va lazer to'lqin uzunligi $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ da adabiyotlarda keltirilgan $n = 1,000269$).



3-rasm. Interferensiyalarning maksimumlar soni Z nisbiy bosim P_D funksiyasi sifatida

Nazorat savollari

1. Yorug'likning sinish qonunini tushuntiring
2. Interferensiyalarning maksimum shartini tushuntiring
3. Interferensiyalarning minimum shartini tushuntiring
4. Maxa-Zender interferometri qanday yig'iladi?

11-LABORATORIYA ISHI

Lazer yordamida optik plitada o'tuvchi yorug'likda gologrammani hosil qilish

Ishning maqsadi: O'tuvchi yorug'likda gologrammani olish, amplitudaviy gologramma bilan fazaviy gologramma orasidagi farqni va ularga fotoximik ishlov berishdagi farqlarni o'rganish.

Kerakli asboblari: Lazer optik kursi, He-Ne lazeri, lazerni ushlab turgich, optik asos, nurni boshqaradigan ajratgich, ajratgich uchun ushlab turgich, plyonkani ushlab turgich, namunani ushlab turgich, sferik linzalar $f=2,7\text{mm}$, yog'och lineyka, taymer II, 6 ta kichik patnischa $1\times 1\text{ RE}$, polietilen butilka 1000 ml, qaychi 200 mm o'tkir, gologramma plyonkasi, jihozlangan fotolaboratoriya, fotografik ximikatlar. Fazaviy gologrammalarni olish uchun: Temir (III) nitridi 250 g, Potash (KBr) 50g

Qo'shimcha talab qilinadi: tomchili tozalovchi suyuqlik, yutgich sirt, masalan qog'oz salfetka.

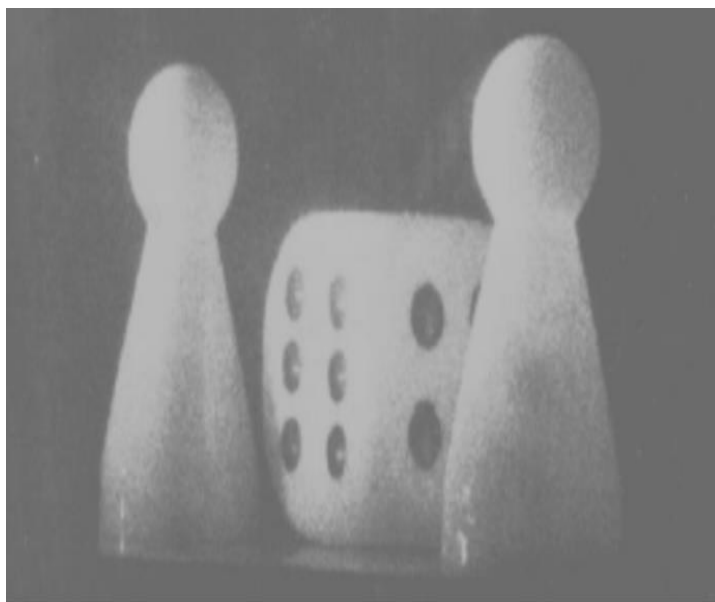
Qulaylari:

- 1) Agfa-Gevaert 2NFXQ HOLOFI 8E75 T3 HD, NAH
- 2) Agfa Neutol ishlab chiqaruvchining B/W qog'ozlari, fiksaj: Tetenal Superfix.

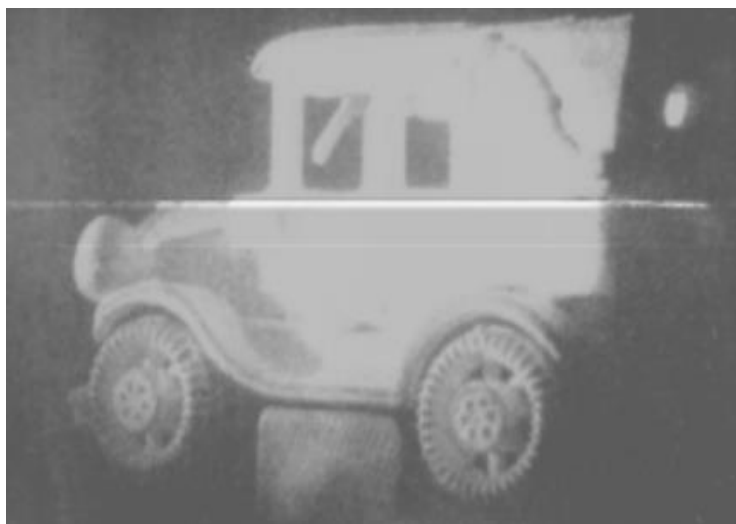
Ishning nazariy qismi: Fotografiyada obyektning olingan tasviri plyonkada muhrlanadi. Golografiyada esa obyekt sirtidan qaytgan yorug'lik to'lqinlari plyonkada saqlanadi. Plyonkada nafaqat yorug'lik to'lqinining amplitudasi, balki uning fazasi ham yoziladi. Natijada gologrammada obyektning fazodagi har bir nuqtasining o'rni yoziladi.

Gologrammani olish uchun lazer nuri qo'llaniladi. Bunda u obyektidan qaytgan va tayanch nurlarga ajraladi. Obyektidan qaytgan nur obyektini yoritadi. Obyektidan qaytgan nur plyonkada juda kichik va galma-gal keluvchi interferension tasvirni hosil qiladi. U yerda ular turli burchaklarda tushayotgan tayanch nur bilan kogerent bo'lgan ko'zgudan qaytgan nur bilan mos keladi. Interferensiya natijasida obyekt bilan o'xshashlik bo'lmagan va uning mavhum tasavvuri hisoblangan gologramma hosil bo'ladi.

Gologramma tiklanganda, mikroskopik naqshlardan difraksiyalanib qaytgan nurga mos keluvchi yorug'lik nuri aslida obyektidan dastlab qaytgan nur bilan aynan o'xshash. Shunday qilib kuzatuvchi obyektning uch o'lchamli tasvirini ko'rish mumkin.



1-rasm. Gologrammada olingan tasvir



2-rasm. Gologramma fotografiyasi

Plyonka fotoximiyoviy proyavka (naqshlarni ko'rinadigan qilish) qilinishi qanday amalga oshirilishiga qarab, gologrammalar ikki xilga ajratiladi:

Amplitudaviy gologramma shakllanish jarayonida yuzaga kelgan shaffof va kumush donachalari bilan qoplangan shaffof bo'lmagan sektorlardan tashkil topgan.

Fazaviy gologrammada hosil bo'lgan qatlam uni oqartirish jarayonida noshaffofligini yo'qotadi. Oqartirish jarayonining o'ziga xos xususiyatiga qarab, shakl to'g'risidagi ma'lumot gologrammaning sindirish ko'rsatgichining o'zgarishida, qalinligida va sirtidagi to'lqin o'rkachida saqlanadi. Gologramma tiklanganda yorug'lik nurlari turli optik va geometrik yo'llar bilan shunday tarqalishi kerakki, turli to'lqinlar optik yo'llarining farqi bir xil bo'lishi kerak. Bunday holatda gologramma faza bo'yicha modulyatsiyalangan deyiladi.

Fazaviy gologrammalarda yorug'lik nuri yutilmaganligi sababli ular amplitudaviy gologrammaga qaraganda ancha ravshanroq. Fazaviy gologrammalarning shu jihati amaliyotda qo'llanilishiga sabab bo'ladi.

Texnika xavfsizligi

He-Ne lazeri Germaniya standartlarining 2 sinf lazerlari uchun "O'quv asboblarning xavfsizligi bo'yicha talablar – Lazer, DIN 58126, Bo'lim 6" qanoatlantiradi. Texnika xavfsizligi normalariga ko'ra He-Ne lazeri bilan ishlash xavfsiz hisoblanadi. Shu bilan birga quyidagi ehtiyotlik choralariga rioya qiling:

- Hech qachon tushayotgan yoki qaytayotgan lazer nuriga tik qaramang
- Ravshanlik chegarasidan oshmang (ya'ni kuzatuvchi ko'zlarining qamashishini sezmasligi kerak) Ba'zi fotografik ximikatlar agressiv va zaharli hisoblanadi.
- Barcha ehtiyotlik choralariga rioya qilayotganingizga amin bo'ling. Hamma ximikatlar ximiyaviy paketlarda bo'lishi kerak.
- Himoyalovchi ochki, qo'lqop va ximiyaviy xalat kiying. Foydalanilgan ximiyaviy preparatlar atrof muhitni ifloslantiradi, shuning uchun ularni kanalizatsiyaga to'kmang. Foydalanilgan fotografik ximikatlarni maxsus chiqindi sifatida yo'qoting.

Dastlabki eslatmalar

Sifatli gologrammalar olish uchun aniqlik va tartibga rioya qilish talab qilinadi. Atrof muhit va noto'g'ri ishlatilish gologramma olishga halaqit beradi yoki uning sifatini jiddiy pasaytiradi.

Tashqi ta'sirlar:

Ko'p sonli halaqitlarning ichidan interferensiya maydoni bilan qayd qiluvchi muhit orasidagi nazorat qilib bo'lmaydigan harakatlar asosiy hisoblanadi.

Golografiyalash vaqtida obyekt bilan plyonka orasida optik farqning hatto juda kichik darajaga o'zgarishi ham gologrammaning butunlay yo'qolishi uchun yetarli bo'ladi. Bunday xalaqitlar, masalan, qurilmaning tebranishi yoki havo haroratini ko'tarilishida yuzaga keladi.

Quyidagi keltiriladigan tajribada bunday ta'sirlar minimumga keltirilgan, chunki tajriba qurilmasi tebranishini so'ndiruvchi optik stolga o'rnatilgan. Stolning asosi havoli vibrozolyatsiyalovchi yostiq ustiga qo'yilgan. Tebranishdan juda yaxshi izolyatsiya qilinganiga qaramay, golografiya vaqtida interferensiya sohasiga ta'sir qila oladigan darajada kuchli atrofdagi mexanik tebranishlar tajriba qurilmasiga uzatilishi mumkin. Ularni masalan, eshik taqqilab yopilishi, poldagi oyoq qadamlari yoki harakatlanayotgan mashina keltirib chiqarishi mumkin.

Bunday ta'sirlar bartaraf qilinishi kerak. Bosim va temperaturaning mahalliy o'zgarishi ham interferensiyani maydonga ta'sir qiladi, chunki bu parametrlar o'zgarganda havoning qaytarish koeffitsiyenti o'zgaradi. Shamollatuvchi sistemalar, havoni tortuvchi vositalar va yaqin atrofdagi nurlanishlar salbiy tashqi ta'sirlar hisoblanadi. Bu ta'sirlar ayniqsa ular ishga tushganda kuchli bo'ladi. Tajriba o'tkazuvchilarning o'zlari ham havo oqimini yuzaga keltirishi mumkin. Tajriba vaqtida tajriba o'tkazuvchilar qurilmaga yaqin turmasligi yoki o'tirmasligi va qurilma tarafa nafas olmasliklari kerak. Bu tajriba o'tkazilayotgan xonadagilarning barchasiga taalluqli. Bunday ta'sirlar qoplamalardan foydalanilganda bartaraf bo'lishi mumkin.

Mexanik tebranishlar yoki havo oqimlari Maykelson interferometri qo'llanilganda osongina fosh qilinishi mumkin. Interferometr ham optik lazerli kursiga o'rnatilishi mumkin (qarang «Maykelson interferometrini optik lazerli kursiga o'rnatish»). Maykelson interferometri ishda qo'llanilayotgan golografiya qurilmasiga nisbatan bunday ta'sirlarga kuchliroq sezgir va u interferensiyani tasvirlardagi siljishlarning sababi aynan shunday halaqitlar ekanligini ko'rsatadi. Shu sababli tajriba o'tkazuvchilar uchun atrofdagi faktorlarning ta'sirini baholash juda foydali va muhimdir.

Obyektning tanlash:

Golografiyalash uchun obyektlar yetarli darajada qattiq bo'lishi kerak; mos materiallar, masalan, qattiq plastmassa, yog'och, tosh va h.k. bo'lishi mumkin. Boshqa tarafdin tekstil, qog'oz yoki hattoki o'simliklar ham noqulay hisoblanadi, chunki ular golografiya vaqtida yengil siljishi mumkin.

Doimiy qo'zg'almas obyektlar tayanch plitada turg'unroq turishi uchun obyektning tutib turuvchi qisqichlardan foydalanib ishonchli qotirilgan bo'lishi kerak. O'yinchoq avtomobillarning ko'pincha prujinali osmasi bo'ladi; bunday obyektlar uchun massiv tayanch plitada obyektning tutib turish uchun tor bo'rtik shunday yasalganki, avtomobillar o'rnatilganda ularning g'ildiragi yuzada qoladi.

Lazer nurining to'liq quvvatidan foydalanish uchun, qoramtir obyektlar yorqin bo'yoq bilan bo'yalishi kerak.

Optik komponentlarga ishlov berish

Yuqori kontrastli interferensiyani hodisalar sferik linzalardagi chang zarrachalaridan, qirilgan joylardan yoki barmoq izlaridan va nurni boshqaradigan ajratgich bilan noto'g'ri munosabatda bo'lish sababli ham yuzaga kelishi mumkin. Yorug'lik bu nuqsonlarda difraksiyalanadi va natijada gologrammadagi difraksiyaning maksimumiga mos keluvchi sohalar ortiqchalanishi, difraksiyaning minimumiga mos keluvchi sohalar esa pastroqlanishi yuz beradi. Bu esa gologrammaning sifatini pasaytiradi. Shunday qilib, optik komponentlarga juda e'tibor bilan ishlov berilishi va ular toza saqlanishi zarur. Sirlarga buzuvchi ta'sir qiluvchilardan chetlaning yoki ochiq qo'llingiz bilan komponentlarga tegmang. Siz iflos linzalarni tutib turgichdan ajratib olishingiz va toza hamda yumshoq mato bilan sayqallashingiz yoki maxsus qog'oz bilan linzani tozalashingiz mumkin. Optik komponentlarga ishlov berishdan oldin mos ko'rsatma varaqlarini diqqat bilan o'qib chiqish kerak.

Tajriba xonasiga qo'yiladigan talablar

Tajribalar yetarli darajada qorong'i, tebranishlardan holi va temperaturasi doimiy xonada o'tkazilishi kerak. Bundan tashqari, lazer uchun ta'minlash manbasi va qorong'i xonada ishlash uchun lampa hamda yakuniy yuvib tozalash uchun oqar suv va mustahkam, uncha baland bo'lmagan kursi yoki stol bo'lishi zarur.

Tajribaga tayyorgarlik

Plyonkani qirqish: Plyonka to'liq uzunligi 505 nm bo'lgan yorug'lik nuriga o'ta sezgir bo'lganligi sababli, qorong'i xonada mo'ljalni olish uchun ochiq yashil yoki to'q yashil (yoki zangori yashil) lampadan foydalanish kerak.

Plyonka bevosita nur bilan yoritilmasligi kerak. Plyonkaning qaysi tarafi yorug'lik nuriga sezgir qatlam bilan qoplanganini belgilab oling! Plyonkaning chetida o'yiqlik bor. Bu o'yiqlik pastda chapda yoki yuqorida o'ngda bo'lsa, qoplangan taraf sizga nisbatan plyonkaning orqa tarafida bo'ladi. Batartib, diqqat bilan, bu qatlamni shikastlantirmay ishleng.

Plyonkaning materiali o'lchamlari 10.2x12.7 sm bo'lgan qoplangan plastikli listdan (listli plyonka) iborat bo'lib, undan zarur o'lchamni qirqib olish kerak.

– Butunlay qorong'i sharoitda yorug'lik o'tkazmaydigan paketdan kerakli sondagi listlarni chiqarib oling va plyonkaning saqlanish muddatini oshirishga imkon beradigan salqin joyda saqlash uchun paketni puxtalik bilan berkiting.

– Plyonkadan 1 mm aniqlikda o'lchamlari 42x51mm bo'lgan qismini qirqib olish uchun flomaster yordamida plyonkaning kerakli joylariga belgilar qo'ying. Kerakli o'lchamda qirqib olingan plyonkaning bo'lagini mutloq yorug'lik o'tkazmaydigan konteynerda saqlash kerak (shu bilan birga plyonkaning old tomoniga belgi qo'yish kerak) va undan bir hafta ichidayoq foydalanish zarur.

Fotografik ximikatlarni tayyorlash:

– Kimyoviy idishlarni (polietilen butilkalar) to'liq tozalang.

– Proyavitelni alohida butilkada ishlab chiqaruvchi zavod ko'rsatmasiga muvofiq tayyorlang va ma'lum qismini mos keluvchi plastikli vannachaga qo'ying.

Fazaviy gologrammalarni olish:- Oqartiruvchi vannaga 100 g temir (III) gidrooksid nitratini soling. Keyin boshqa butilkaga 30g kaliy bromidi solib, 1l suv (imkoni bo'lsa, disterlangan suvdan foydalaning) quyding va uning qandaydir qismini plastik vannaga quyding.

Amplitudaviy gologrammalarni olish uchun:

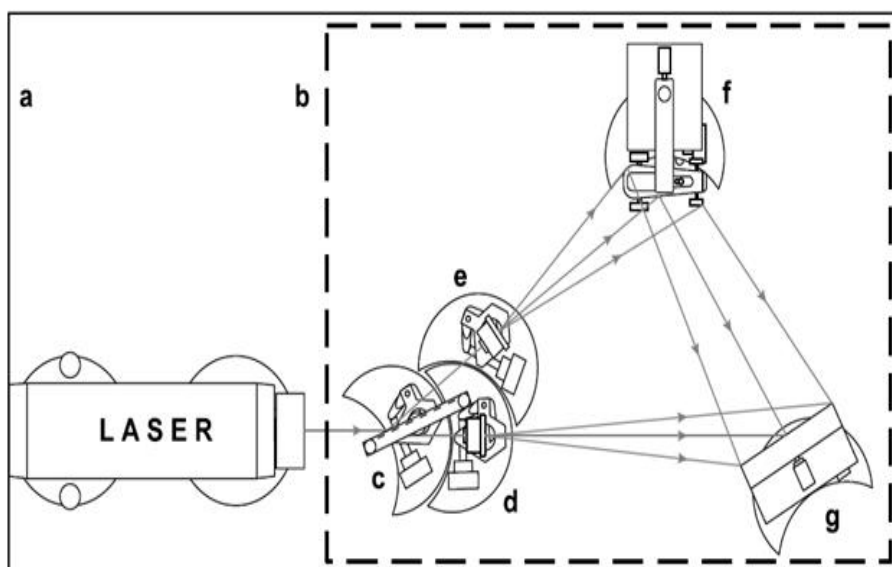
– Alohida butilkada ishlab chiqaruvchi zavod instruksiyasiga muvofiq tarzda fiksaj tayyorlang va uning ma'lum qismini mos keladigan plastikli vannaga quyding.

– Boshqa vannani suv bilan to'ldiring (mustahkamlovchi vanna).

– Yana bir vannani suv bilan to'ldirib, tozalovchi suyuqliq qo'shing (faqat bir tomchi).

– Bitta vannani yakuniy tozalab yuvish uchun oqar suv oldiga joylashtiring.

– Har bir vannachaga tarkibiga muvofiq yorliq biriktiring.



2-rasm. O'tuvchi yorug'likda gologrammani olish uchun mo'ljallangan lazerli optik plita asosidagi tajriba qurilmasi. a-Lazerli optik plita, b-Himoyalovchi qoplama, c-Nurni boshqaradigan ajratgich, d,e-sferik linzalar, f-Namunani ushlab turgich, g-Plyonkani ushlab turgich

Tajriba qurilmasi

Optik komponentalari joylashgan lazerli optik tayanch plita 2-rasmda keltirilgan. Qurilmani sozlash uchun quyidagi bosqichlarni bajaring (barcha komponentlar ushlab turgichlarda mustahkam o'rnatilganiga amin bo'ling!).

Lazerli optik tayanch plita va lazer:

- Havo yostig'ini damlang.
- Qoplama (b) bilan lazerli optik tayanch plitani (a) qoplang.
- Lazerli optik tayanch plitani havo yostig'i bilan birgalikda gorizontaal qilib mustahkam laboratoriya kursisiga joylashtiring.
- Lazerni ushlab turgichga o'rnatang.
- Lazerni iloji boricha tayanch plitaning chap chetiga yaqin shunday joylashtiringki, qurilmani qoplashni muammosiz amalga oshirish imkoni bo'lsin.
- Lazerni pilot tipli uzaytirgich bilan ulang va uni o'chiring.
- Lazerni ushlab turgichdagi sozlash vintlarining uchta kontur gaykasini bo'shating.
- Sozlash vintlaridan foydalanib lazer balandligini va qiyaligini shunday moslashtiringki, nur amalda gorizontaal va tayanch plitaga nisbatan taxminan 75 mm balandlikda yo'nalsin (bu yerda keyingi sozlashlar uchun yetarli imkoniyatlar bor). Oraliqni lineyka bilan o'lchang.
- Kontur gaykalarni qotiring.

Nurni boshqaradigan ajratgich

Eslatmalar: Lazer nurining nurni boshqaradigan ajratgichga tushish burchagi qancha katta bo'lsa, tajribada obyekt shunchalik lazerga yaqin joylashtirilishi mumkin (lazer quvvatidan eng yaxshi foydalanish). Biroq, o'tuvchi asosiy nur, nur ajratgichning qarama-qarshi tarafidan chiqishi kerak (old tarafidan emas!).

Nur ajratgichda keng polosali antiqaytaruvchi qoplama bo'lishiga qaramay, nurning ko'p marotaba qaytishi tufayli, asosiy nurga qo'shimcha parazit nurlar yuzaga keladi; ammo ular linzani ushlab turgich bilan ekranlashmagan.

Nur ajratgichning ajratish nisbati uning kengligi bo'yicha o'zgaradi. Siz ikki nur tashkil etuvchilarining intensivliklari nisbatini nur ajratgich perpendikulyarini original lazer nurida siljitish orqali o'zgartirishingiz mumkin. Obyektda katta energiya yo'qotilishi mumkin bo'lganligi uchun sust qaytish ham tarqalishi kerak. Siz eng boshdanoq ajratish nisbatini obyekt nuri foydasiga o'rnatishingiz kerak.

- Nur ajratgich lazer nurini gorizontaal ajratayotganini tekshiring. Buning uchun ushlab turgich bilan birgalikda nur ajratgich bilan optik asosni lazerli optik tayanch plitaning qarama-qarshi chetiga o'rnatang va yorug'lik nurini lazer emissiyasi aperturasi yonidagi keyingi nuqtaga akslantiring.
- Zaruriyat bo'lganda nur ajratgichning og'ish burchagini to'g'rilang, u sterjendagi ikki vintdan foydalanib nur yo'nalishini o'zgartirishga mos keladi.
- 2-rasmda tasvirlanganidek optik asos bilan nur ajratgichni nur yo'lga shunday o'rnatangki, uning qisman shaffof qatlami old tomoni bilan lazerga qarasin va shunda ham qoplama bilan yopish imkoni bo'lsin.

Linza va plyonkani ushlab turgichlar:

- Namunani ushlab turgichni (f) qaytgan nur yo'lga o'rnatang.
- Agar mumkin bo'lsa, namunani tutib turuvchi mexanik qo'ldan foydalanib, ushlab turgichga, obyektga tushayotgan nur markazga tushadigan qilib mahkamlang.
- Plyonkani ushlab turgichni (g) o'tuvchi nur yo'lga shunday o'rnatangki, uning old tomoni obyektga qarasin va shunda ham qurilmani qoplama bilan yopishga imkon bo'lsin.
- Plyonkani ushlab turgich o'lchami bilan teng qilib qirqib olingan oq qog'oz parchasini plyonkani ushlab turgich bilan bir chiziqda shunday qo'yingki, nur qog'ozning bevosita markaziga (va keyinchalik qog'oz olinganda plyonkaning markaziga) tushsin.

Tayanch nurlar uchun sferik linzalar:

Eslatma: Tayanch nurlarning sifati gologrammaning sifati uchun o'ta muhim. Masalan, tayanch nur iloji boricha difraksion buzilishlardan holi bo'lishi kerak. Bunday buzilishlar yomon

yustirovka, linza yuzasining yoki nur ajratgichning iflosligi yoki shikastlari sababli yuzaga kelishi mumkin.

– Sferik linzalarni (d) o'tuvchi nur yo'liga iloji boricha nur ajratgichga yaqin (linzani ushlab turgichdagi kichik teshik old tarafi bilan nur ajratgich tomonga qaragan bo'lishi kerak) o'rnatish. Optik asosdagi o'yiqlardan foydalaning.

– Sferik linzalarni nur tarqalishi yo'nalishiga perpendikulyar tarzda ehtiyotkorlik bilan siljitib hamda ularni o'z o'qi atrofida burib va linzalarni ushlab turgichlarning balandligini o'zgartirib, ularni shunday sozlangi, lazer nuri iloji boricha asosiy optik o'qqa yaqinroq o'tsin. Bundan tashqari, obyekt iloji boricha plyonkani ushlab turgich tomondan ko'proq yorug'likni olishi kerak. Nur ajratgichga tegilmaganiga ishonch hosil qiling.

Eslatma: gologrammada obyektning faqat yoritilgan nuqtalari ko'rinadi.

Aniq sozlash:

– Lazerni chiqish quvvati 1 mVt li holatga o'zgartiring va nur kengaygan qisman nurlarning yo'lini va sifatini tekshiring. Zaruriyat bo'lsa, linzalarni yustirovka qiling.

– Qorong'ilashtirilgan xonada obyekt va tayanch nurlarni uzib, oq qog'oz varag'iga tushayotgan nur plyonkani ushlab turgichga o'tayotganda, ularning yorqinligini taqqoslang. Tayanch nur obyektidan plyonka tomon burilgan nur intensivligiga nisbatan besh yoki o'n marta kuchliroq bo'lganda intensivliklarning nisbati eng yaxshi hisoblanadi. Bu oddiy ko'z bilan baholanishi mumkin.

– Agar zarur bo'lsa, nur ajratgichda ajratish nisbatini o'zgartiring. Buning uchun sferik linzalarni optik asos bilan nur yo'nalishi tarafdin siljiting va butun sistemani qayta sozlang.

Agar, o'tkir tushish burchagi sababli o'tuvchi lazer nuri maqbul ajralish nisbatida nur ajratgichning qarama-qarshi tomoni o'rniga xira shisha tomonida namoyon bo'lsa:

– Nur ajratgichni uni ushlab turgichga 180° ga burib o'rnatish (uni chapdan o'ngga buring; bunda ko'zguli tomoni lazerga qaragan bo'lishi kerak!).

Har doimdagidek, shisha sirtlarga ochiq barmoqlaringiz bilan tegmang. Buning uchun paxtali qo'lqop yoki tuksiz materiallardan foydalaning.

Agar asosiy qaytuvchi nur to'g'ri plyonkaga tushmasa, yuqori qaytaruvchi obyektlar holida, gologrammalar sifatli bo'ladi.

– Siz obyektini sekin burishingiz mumkin.

– Plyonkani ushlab turgichdan qog'ozni olib tashlang.

Tajribani o'tkazish tartibi

Plyonkani o'rnatish: *Qorong'i xonada mo'ljalni olish uchun och yashil yoki to'q yashil (yoki zangori-yashil) lampadan foydalanish kerak. Ammo, plyonka to'g'ridan to'g'ri yoritilmasligi yoki u berkitilishi kerak.*

Lazerni uzing (tajriba qurilmasi ekspozitsiya vaqtida tebranishini oldini olish uchun ta'minlash kuchlanishini lazerning ulab uzgichi bilan emas, balki pilot tipli uzaytirgichning asosiy ulab uzgichi yordamida uzing. Plyonkani ushlab turgich asosini (g) turg'unlashtirish uchun barmoqlaringizdan foydalaning va tajriba qurilmasida plyonkani ushlab turgichni ehtiyotlik bilan harakatlantiring.

– Xonani qorong'ilashtiring.

– Yorug'lik o'tkazmaydigan paketdan o'lcham bo'yicha qirqib olingan bitta plyonka parchasini chiqarib oling. Bunda plyonkaning emulsion sirtini shikastlantirmaslik uchun, faqat plyonkaning chetlaridan ushlang.

– Kallagi taram-taram qilingan vintlardan foydalanib plyonkani ushlab turgich qisqichini oching.

– Plyonka listini ushlab turgichga shunday mahkamlangi, qurilmaga ushlab turgichni qayta o'rnatganingizda plyonkaning qoplangan tarafi obyekt tomonga qarasin.

– Qisqichni berkitib plyonkani batartib ushlab turgichga mahkamlang.

– Plyonkani ushlab turgich asosining turg'unligini ta'minlash uchun yana barmoqlaringizdan foydalaning va plyonkani ushlab turgichni tajriba qurilmasiga o'rnatish.

– Qoplamani yoping.

Ekspozitsiya: Ekspozitsiyaning optimal vaqti lazer nurining obyektidan sochilishiga va gologramma tipiga bog'liq va u tajriba yo'li bilan aniqlanishi kerak. Lazer nurlanishi quvvati 1mVt bo'lganda fazaviy gologrammalar uchun ekspozitsiya vaqti taxminan 5s dan 15s gacha va bu vaqt qo'pol yaqinlashish sifatida qabul qilinishi mumkin.

Amplitudaviy gologrammalar uchun ekspozitsiya vaqti taxminan uch-to'rt marta qisqaroq.

Ko'kimtir filtrlardan foydalanilganda 0,2 mW lazer quvvati chegarasiga erishiladi, bunda gologramma sifati yomonlashadi, keyinchalik qo'shimcha aralashish hodisalari sababli va ekspozitsiya vaqti taxminan besh marta oshiriladi.

– Plyonka va qurilmadagi zo'riqishlar so'nishiga imkon berish uchun taxminan besh minut kuting.

– Ekspozitsiya vaqti davomida plyonkaning sirtidagi interferensiyon tasvirni o'zgartira olishi mumkin bo'lgan ortiqcha hech narsa qilmang.

– Pilot tipli uzaytirgich orqali lazerni ulab, uzib qurilmani qimirlatmasdan (masalan: ta'minlash manbasining shnurini tortib) plyonkani ekspozitsiya qiling.

– Kojuxni oching va plyonkani ushlab turgichni tajriba qurilmasidan oling. Keyin qisgichni ochib plyonkani ushlab turgichdan chiqarib oling. Plyonkani faqat chetlaridan ehtiyotlik bilan ushlang.

Plyonkaga ishlov berish

Agar siz ekspozitsiya vaqtini to'g'ri tanlasangiz proyavkadan keyin fazaviy gologrammalar to'q ko'kimtir, amplitudaviy gologrammalar esa och ko'kimtir tuyuladi. Tajribali golografistlar proyavka vaqtini o'zgartirib, optimal natijaga erishishadi. Eski yoki ishlatilgan proyavitellardan foydalanish ko'proq vaqtni oladi, chunki ximiyaviy reagentlar nafaol bo'lib qoladi.

– Pinsetdan foydalanib, plyonkaning bir burchagidan ushlang va uni proyavitelda 60 s davomida chayqaltiring.

– Proyavkani plyonkani suvli vannada (mustahkamlovchi vanna) 2 minut davomida chayqash bilan to'xtating. Endi yorug'likni sezish fazasi tugadi va siz agar zarur bo'lsa, normal chiroqni yoqishingiz mumkin.

– Fazaviy gologrammani olish uchun plyonkani oqartuvchi vannada to uncha katta bo'lmagan qoramtir sohalar ko'rinmaguncha, taxminan 5 minut cho'ktiring va ba'zida chayqang va turib qolishiga yo'l qo'ymang.

– Amplitudaviy gologramma olganingizda proyavkadan keyin plyonkani ishlab chiqaruvchi zavod ko'rsatmasiga binoan mustahkamlang.

– Oxirida plyonkani oqar suvda 5 dan 10 minutgacha yaxshilab yuving.

– Plyonkani qisqa vaqt davomida bir tomchi tozalovchi suyuqlik solingan suvda chayib olish kerak. Bu narsa plyonka qurishi vaqtida dog'chalar yuzaga kelishini bartaraf qiladi.

– Gologrammani tik holatda yoki plyonkani absorbsiyalovchi taglik ustiga qo'yib quriting

– Pinsetlarni suv bilan tozalang.

Sifatni baholash

Quritib bo'linganidan keyin siz tayyor gologrammani tiklashingiz mumkin. Buning uchun plyonkani ushlab turgichga golografiya jarayondagi orientatsiyasi qanday bo'lsa, xuddi shunday qilib joylashtiring. Shundan so'ng plyonkani ushlab turgichni qayta qurilmaga o'rnatib va obyektini oling.

Lazer ulansa, obyektning uch o'lchamli tasviri namoyon bo'lishi kerak.

Agar tiklangan gologramma yetarli darajada ravshan bo'lmasa, siz nurni ajratgichdagi ajratish nisbatini o'zgartirib yoki uni qurilmada siljitib uning ravshanligini oshirishingiz mumkin. Bunday usul faqat past ravshanlikli amplitudali gologrammalar uchun tegishli.

Parallel siljishlarni kompensatsiyalash uchun lazerni qayta sozlash talab qilinishi mumkin.

Fazaviy gologrammalar mahkamlangan amplitudali gologrammalarga nisbatan yorug'likka sezgirroq va ular tezroq rangsizlanadi. Ularning past turg'unligini vannada 11

suvdagi 2.5 gramm kaliy yodi eritmasida ishlov berish orqali yaxshilash mumkin. Bunday jarayon gologrammalarga ochroq sariq tus beradi.

Nazorat savollari

1. Gologrammani hosil bo'lishini tushuntiring
2. O'tuvchi yorug'likda gologrammani olish qanday amalga oshiriladi?
3. Amplitudaviy gologramma bilan fazaviy gologramma orasidagi farqni tushuntirib bering
4. Interferensiya hodisasini tushuntiring
5. Kogerentlik vaqti va uzunligini tushuntiring
6. O'tkazuvchi gologrammani o'zgartirish uchun nima qilish kerak
7. Tajriba qurilmasini tushuntiring
8. Gologrammani kim kashf etgan
9. Giber Nobel mukofotini nima uchun olgan?

12-LABORATORIYA ISHI

Frenelning qaytish qonunini o'rganish

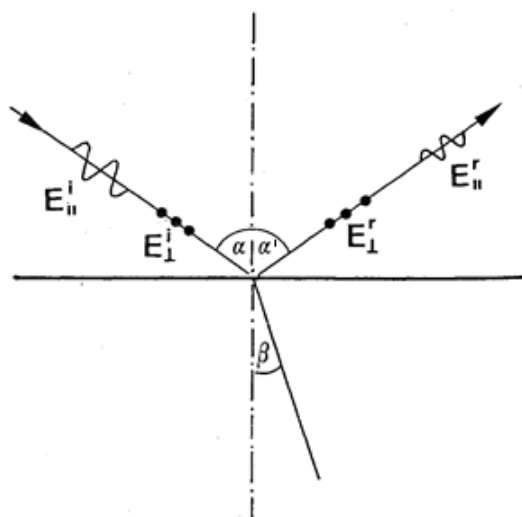
Ishning maqsadi: Qutblangan yorug'likda qaytarish ko'effitsiyenti uchun Frenel tenglamasini miqdoriy jihatdan tekshirish.

Kerakli asboblari: Shisha prizma 100 x 100 x 10 mm, sterjenda prizmalik stol, galogen lampa 12 V, 50/100 W, galogen lampa 12 V/100 W, tasvir siljitgich, transformator 12 V, 120 W, gulsapsarli diafragma, qutblovchi filtr, gardishli linza $f=+100$ mm, gardishli linza $f = +150$ mm, fotoelement STE 2/19, elementlarni ulash uchun tutqich, raqamli multimetr, kichik optik kursi, burchak shkalali sharnirli birikma, Leybold qisqichi, V-simon taglik asos, kalta ulash simlari 32 A, 100 sm, qora, ulash simlari 19 A, 100 sm, qizil/ko'k, juft.



Tajriba qurilmasini umumiy ko'rinishi

Agar yorug'lik shisha sirtiga tushayotgan bo'lsa, tushish burchagi va qutblanish tekisligiga qarab, u ko'proq yoki kamroq darajada sinadi. Agar biz yorug'likni elektromagnit to'lqin deb faraz qilsak va elektr maydon kuchlanganligi E bilan magnit maydon kuchlanganligi B uchun Maksvell tenglamalarini tuzib, "Frenel formulalari"ni keltirib chiqarishimiz mumkin. Qaytgan to'lqinning elektr vektori amplitudasi E^i tushayotgan to'lqin elektr vektori amplitudasi E^1 orqali hisoblanishi mumkin. Shu sababli, biz ikki holatni farqlashimiz kerak (1-rasmga qarang).



1-rasm. Qutblanish yo'nalishlarini va amplitudalar belgilanishlarini tushuntirish; nuqtalar: Qutblanish chizma yuzasiga perpendikulyar bo'lib, tushish tekisligi bilan mos ekanligini ko'rsatadi, E^i - tushayotgan to'lqin elektr maydonining vektori, $\parallel$ - Tushish tekisligiga parallel qutblanish, $\perp$ - Tushish tekisligiga perpendikulyar qutblanish, E^r - qaytgan to'lqin elektr maydonining vektori, α - tushish burchagi, β - sinish burchagi, α' -qaytish burchagi

- a) Yorug'lik to'lqini tushish tekisligida qutblangan (belgilashlar $E_{\parallel}^i$ va $E_{\parallel}^r$)
b) Yorug'lik to'lqini tushish tekisligiga perpendikulyar qutblangan (shisha sirtiga parallel belgilashlar $E_{\perp}^i$ va $E_{\perp}^r$)

Unda maydon amplitudalari nisbatlari uchun quyidagi tenglamalar qo'llaniladi.

$$\frac{E_{\parallel}^r}{E_{\parallel}^i} = \frac{\operatorname{tg}(\alpha - \beta)}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} \quad \text{yoki} \quad \left| \frac{E_{\parallel}^r}{E_{\parallel}^i} \right| = \left| \frac{\operatorname{tg}(\alpha - \beta)}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} \right| \quad (1)$$

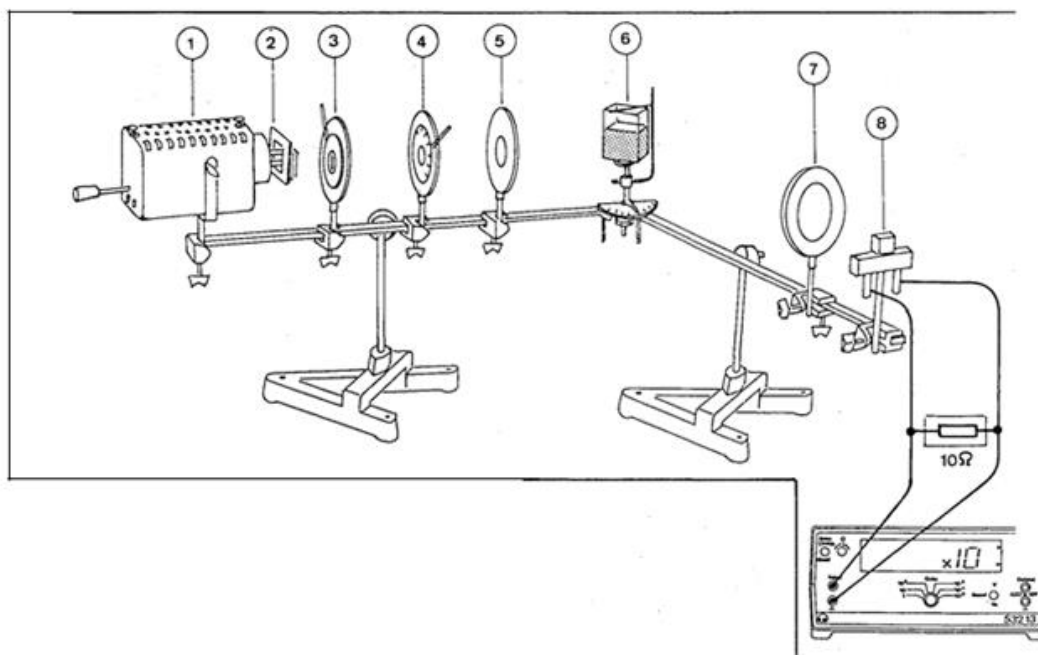
$$\frac{E_{\perp}^r}{E_{\perp}^i} = -\frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \quad \text{yoki} \quad \left| \frac{E_{\perp}^r}{E_{\perp}^i} \right| = \left| \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \right| \quad (2)$$

α va β - tushish va sinish burchagi.

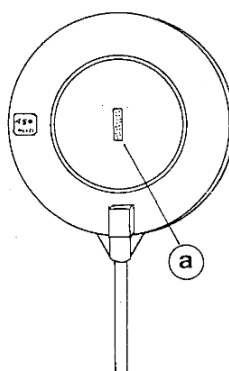
Yorug'lik amplitudasini bevosita aniqlab bo'lmaydi. Ammo, uning intensivligini vaqt birligidagi birlik yuzadagi energiya oqimi sifatida aniqlash mumkin, u esa amplitudaning kvadratiga proporsional. Tajribada biz fotoelementning unga tushayotgan yorug'lik intensivligiga proporsional bo'lgan qisqa tutashuv toki I ni o'lchaymiz. Bu maqsadda biz fotoelementni kichik rezistor orqali qisqa tutashtiramiz va shu rezistordagi kuchlanish tushuvini U o'lchaymiz.

Agar tushayotgan yorug'lik intensivligi o'lchanayotgan U kuchlanishga mos kelsa va biz qaytgan yorug'lik uchun kuchlanishni $U(\alpha)$ tushish burchagi α bo'yicha o'lchasak, ildizdan chiqarish va ko'rsatgichlarni shakllantirish orqali amplitudalar nisbatini olishimiz mumkin.

$$\frac{E_{\parallel}^r}{E_{\parallel}^i} = \sqrt{\frac{U(\alpha)}{U_0}} \quad (3)$$



2-rasm. Tajriba qurilmasi tashkil etuvchilarining optik kursidagi taxminiy o'rni.
 (1) Galogen lampani tutib turgich, (2) Issiqlikdan saqllovchi filtrli tasvir siljitgich, (3) Tirqish, (4) Polyaroid, (5) Linza $f = 100$ mm, (6) Prizma stoli bilan montaj qilingan sharnirli birikma, (7) Linza $f = 150$ mm, (8) Montajdagi fotoelement



3-rasm. Tirqishning linza romi markazidagi tasviri. (a) - Tirqish tasviri

Sozlash: Asboblarni 2-rasmda keltirilgandek, ammo panjarasiz yig'ing.

Kerakli asboblari: Kichik optik kursi, sozlanadigan tirqish, qutblovchi filtr, galogen lampa 12 V, 50/100 Vt, galogen lampa 12 V/100 Vt, G6.35, ta'minlash manbayi 12 V/10 A, tasvir siljitgich, ulash simlari 1m, qizil, ulash simlari 1m, ko'k, leybold qisqichi, romli linza $f=+100$ mm, elementlarni ulash uchun tutqich, fotoelement BPY 47, mikrovoltmetr, rezistor 10Ω , prizmalı stol, ko'zguli shisha panjara, linza $f=+150$ mm, burchak shkalali sharnirli birikma, katta taglik asos.

Qo'shimcha talab qilinadi: Tush yoki siyoh

Multimetrning o'lchash chegarasini 10^{-4} V ga o'rnatish.

Mikrovoltmetr kirishiga ta'minlash simlarini, simlarning chiqishini esa 10Ω rezistorga ulang. Voltmetrdagi siljish kuchlanishini 10 minut davomida qizdirish yo'li bilan kompensatsiya qilib, ta'minlash simlarini fotoelementga ulang va shu vaqtdan keyin mikrovoltmetrni 10V o'lchash chegarasiga o'tkazing.

Galogen lampa korpusiga 100 Vt lampani va akslantiruvchi ko'zguni o'rnatish va lampani ulang. Kondensator va tasvir siljitgichni (polaroidni himoya qilish uchun issiqlikdan saqllovchi filtr) joylashtiring.

Optik kursini siljitib, ularni bir chiziqqa keltiring (burchak shkalali sharnirli birikma 180° burchakda). Lampa korpusi tagligini siljitib, lampa tolasining tasvirini linzaning (5) markazida shakllantiring. Linzani shunday siljitingki, tirqishning yorqin obrazi fotoelement oldidagi gardishli linzaning (7) aniq markazida bo'lsin (3-rasm). (Linza gardishining asosidan markazga o'rnatishda foydalanish mumkin; keyinchalik tirqishning tasviri linza quyilgan joyda qayta tiklanishi mumkin). Fotoelementda tirqishning tasvirini linza (7) yordamida shakllantiring. Polyaroidni 0° ga o'rnatib (yuqoriga ko'rsatuvchi richag).

Tirqishning kengligini shunday o'rnatib, millivoltmetr 10 mV ni ko'rsatsin. Shunda tushayotgan nurning yorug'lik oqimi qayd qilinadi. Ko'zgusimon shishaning panjaralarini suyultirilgan siyoh yoki tush bilan to'ldiring. Suv shisha devorining orqa tomonidan yorug'likning qaytishini qisman bartaraf qiladi, siyoh esa uzatilayotgan yorug'likni yutish uchun xizmat qiladi.

Ishni bajarish tartibi:

Lampa kamida 5 minut yonganidan so'ng (yorug'lik oqimining doimiyligi) o'lchashni to'xtatib.

Izoh: O'lchash mobaynida tarmoqdagi kuchlanish o'zgarib turgani uchun lampaning yorug'lik oqimi o'zgaradi. Shuning uchun iloji boricha o'lchashni qisqa vaqtda bajaring. Ba'zida yorug'lik oqimini tekshiring (yuqoriga qarang) va zarur bo'lsa tirqishning kengligini o'zgartirish orqali sozlang.

a) O'lchash: qutblanish yo'nalishi tushish tekisligiga perpendikulyar.

Optik kursilar orasidagi burchakni 160° ga to'g'rilang. Shisha panjarani prizmalı stolga qo'ying va uni shunday to'g'rilangki:

- tushayotgan yorug'lik paketi to'liq panjaraning akslantiruvchi tomoniga kelsin va shuningdek tirqishning tasviri linza (7) gardishining markazida shakllansin.
- Mikrovoltmetrdagi kuchlanishni $U_\perp (80^\circ)$ qayd qiling va uni yozib oling.

Izoh: Doimo tushish burchagi optik kursilar orasidagi burchakning yarmiga teng.

Optik kursilar orasidagi burchakni 10° qadam bilan o'zgartiring va har bir holda qayta o'lchashlarni bajaring.

b) O'lchash: qutblanish yo'nalishi tushish tekisligida polyaroidni 90° ga o'rnatib, optik kursilarni bir chiziqda qilib joylashtiring (180°) va tirqish kengligini mikrovoltmetr yana 10 mV ko'rsatadigan qilib sozlang (shisha panjara qurilmada emas).

a) da o'lchangan tushish burchaklarida kuchlanishlarni o'lchashni takrorlang.

Agar o'lchanayotgan kuchlanishlar, 1 mV dan kichik bo'lsa, 10^{-4} o'lchash diapazoniga o'ting. O'lchash namunasi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval: Tushish burchagi α , $U_\perp(\alpha)$ (a tajriba) va $U_\parallel(\alpha)$ (b tajriba)

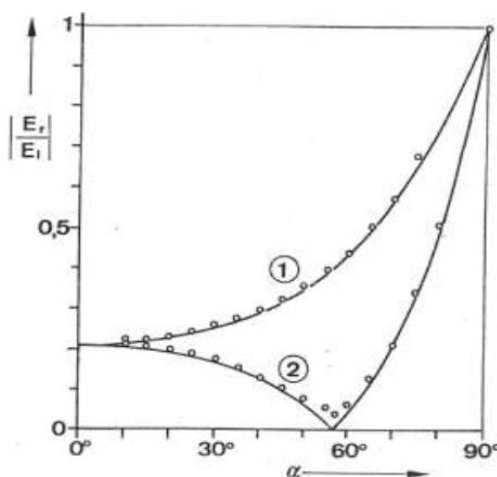
(1-jadval).

$\frac{\alpha}{^\circ}$	$\frac{U_\perp}{\text{mV}}$	$\frac{U_\parallel}{\text{mV}}$
90	10,00	10,00
80	5,62	2,59
75	4,27	1,16
70	3,28	0,47
65	2,55	0,169
60	1,97	0,040
55	1,58	0,027
50	1,29	0,065
45	1,05	0,11
40	0,89	0,17
35	0,77	0,25
30	0,67	0,31

25	0,59	0,36
20	0,54	0,40
15	0,51	0,44
10	0,51	0,47

Hisoblashlar va xulosalar:

Agar biz o'lchangan kuchlanishlarni (3) tenglamaga asosan amplitudalar nisbatiga aylantirsak va ularni tushish burchagining funksiyasi sifatida qarasak, 4-rasmda keltirilgan grafikni olamiz. Nazariy kutilgan natija uzluksiz chiziq bilan ifodalangan. (1) tenglamadagi β burchak $\beta = \arcsin(\frac{\sin \alpha}{n})$ tenglamadan ($n=1,53$) (sinish qonuni) nazariy hisoblandi. Yaqqolki, nazariy va tajriba natijalari bir-biri bilan yaxshi mos kelgan.



4-rasm. $\frac{E^r}{E^i}$ amplitudalar nisbatini tushish burchagining α funksiyasi sifatida o'lchangan natijalar (doiralar) va nazariy egrilik (uzluksiz chiziq)

- (1) Qutblanish tekisligi tushish tekisligiga perpendikulyar
- (2) Qutblanish tekisligi tushish tekisligiga parallel

O'lchangan barcha nuqtalar nazariy egrilikdan biroz yuqorida. Buning sababi akslantirayotgan shishaning orqa devoridan yorug'likning qaytishidir. Kyuveta suv bilan to'ldirilishiga qaramay bu akslanishni to'liq bartaraf qilib bo'lmaydi, chunki suvning sindirish ko'rsatgichi (1,33) shishaning sindirish ko'rsatgichiga (1,53) nisbatan kichik. Shuning uchun tajribani yaxshilash mumkin, agarda shisha kyuveta sindirish ko'rsatgichi mos suyuqlik, masalan uglerodli biosulfid (CS_2) va efir aralashmasi bilan to'ldirilsa, unda shisha panjaraga yorug'likni yutish uchun qoraygan qog'oz varag'i yoki shunga o'xshash narsa joylashtirilishi kerak.

Izoh: Elektromagnit maydon qonunlari asosida Frenel qonunlarini keltirib chiqarish "Fizika bo'yicha Feynman leksiylari" (Addison-Uesli nashri, 1964) 2-tom 33-bob da nihoyatda batafsil yoritilgan.

Nazorat savollari

1. Yorug'likning qaytish va sinish hodisasi haqida gapiring va keltirib chiqaring
2. Sinish qonunini tushuntiring
3. Frenel qonunini tushuntiring
4. Qutblangan yorug'lik nurini hosil qilish usullarini tushuntiring
5. Tajriba qurilmasini tushuntiring

13-LABORATORIYA ISHI

Qand eritmasida qutblanish tekisligini aylanishini o'rganish

Ishning maqsadi: Ikkita bir-biriga nisbatan aylantirish mumkin bo'lgan qutblovchi qurilma (polarizator) yordamida qand eritmasida yorug'likni qutblanish tekisligini aylanishini kuzatish.

Uchta turli yorug'lik ranglari uchun burish burchagini aniqlash.

Kerakli asboblari: D(+)-saxaroza 100 g, galogen lampa 12 V/100 Vt, galogen lampa korpusi 12 V, 50/100Vt, galogen lampa korpusi uchun tasvir siljitgich, yorug'lik filtri, qizil yorug'lik filtri, yashil yorug'lik filtri, ko'k yorug'lik filtri, transformator 2,12 V, ko'zgusimon shisha yacheyka 100 x100 x10 mm

Oq yorug'likni kuzatish: Analizatorni 0°ga o'rnatish va butun ko'rish maydonini kuzatish. Ko'zgusimon shisha yacheykani nur yo'lidan oling va ehtiyotlik 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.

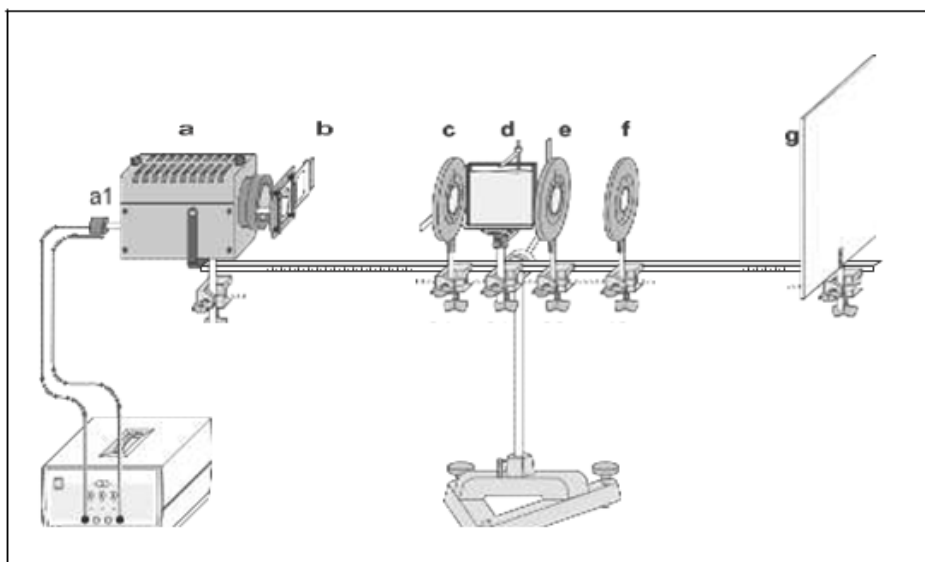
Qo'shimcha talab qilinadigan jihozlar: qutblovchi filtr, linza $f = + 100$ mm, prizmalı stol, yarim shaffof ekran, kichik optik kursi, taglik asos, V-simon 28 sm Leybold multiqisqichlari, qo'l sopli qoshiq, Ko'ndalang kesimi 2.5mm, bo'lgan ulash simlari.

Ishning nazariy qismi: Qutblovchi tekisligini aylanishi optik aktivlik bir qator moddalar uchun xos bo'lib, bu moddalardan chiziqli qutblangan yorug'lik o'tganda qutblanish tekisligi buriladi. Bunday hodisa ba'zi eritmalarda ham yuz beradi. Eritgan 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 muayyan aylantirish qiymati bir-biriga teng va qarama-qarshi ishoraga ega.

Tajribada qutblanish tekisligining burilishi bir-biriga ko'ndalang o'rnatilgan ikkita polarizatorlarda kuzatiladi. Eritma D(+) - suvdagi saxaroza optik aktiv modda sifatida qo'llaniladi. D(+) belgi qutblanish tekisligini modda o'ng tomonga aylantirishini anglatadi.



1-rasm. Qutblanish tekisligini qand eritmasi bilan burilishini kuzatish uchun tajriba qurilmasi

a -galogen lampa korpusi, b -yorug'lik filtri (tasvir siljitgichda), c-polyarizator
d -shakar eritmasi, e -analizator, f -linza, g -kuzatish ekrani

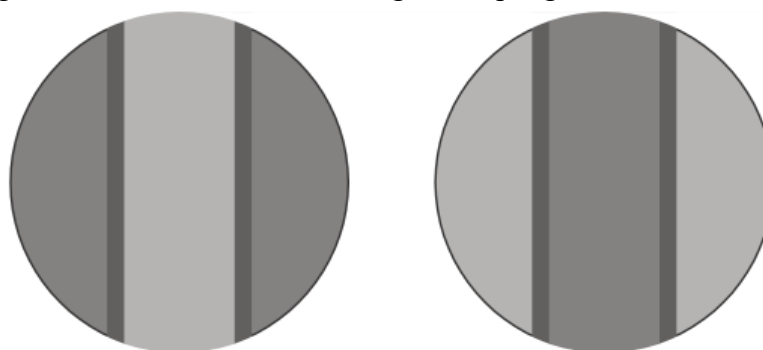
Tajriba qurilmasi

a)Tajriba qurilmasi 1-rasmda keltirilgan.

- 1-rasmda keltirilganidek, kichik optik kursiga komponentlarni yig'ing, rasmda chapdagi Leybold multiqisqichida o'rinlarga nisbatan.
- Qutblovchi filtrlarini shunday to'g'rilangki, ularning shkalasidagi belgilar kuzatish ekraniga qaragan bo'lsin va ikkalasi ham 90° ga o'rnatilsin.
- Galogen lampa korpusini 100 Vt dan foydalanishga moslashtiring.
- 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 5sm). Ko'zgusimon shisha yacheykani prizmal stolga joylashtiring va uni kuzatish maydoniga markazlashtirib to'g'rilang.

b) Monoxromatik yorug'likni kuzatish:

- Galogen lampa korpusining chiqish aperturasidagi tasvir siljitgichga qizil yorug'lik filtrni o'rnatish va analizator bilan ko'rish maydonining o'rta qismida maksimal qorong'ilikga erishish(2-rasm. ga qarang)
- Analizator o'rnini qizil yorug'lik uchun eritmaning burish burchagi sifatida qabul qiling.
- Qizil yorug'lik filtrini yashil bilan almashtiring va burish burchagini yana aniqlang.
- Ko'k yorug'lik filtri uchun burish burchagini aniqlang.



2- rasm. Qandli eritma nur yo'liga qo'yilgandan keyin monoxromatik yorug'lik uchun ko'rish maydoni (chapdagi: analizator o'rni 0° , o'ngdagi: ko'rish maydonining markaziy qismida maksimal qorong'ilik)

Tajriba namunasi va hisoblashlar

- a) Oq yorug'likni kuzatish: Eritma: 20 to'la qoshiq D(+)-saxaroza 50ml 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 (1-jadval).

1-jadval: Yorug'likning turli ranglari uchun burish burchaklari

1-jadval

Filtr	Burilish burchagi
Qizil	25 ⁰
Yashil	40 ⁰
Ko'k	55 ⁰

Xulosalar D(+)-saxarozaning suvdagi eritmasi optik aktiv. Qutblanish tekisligini burish burchagi D(+) belgiga mos, musbat. U yorug'likning to'lqin uzunligiga kuchli bog'liq.

Nazorat savollari

1. Yorug'lik qutblanishini tushuntiring
2. Qutblantiruvchi qurilmalarni ayting
3. Qutblanish tekisligini aylanish nazariyasini tushuntiring
4. Optik aktiv modda deb nimaga aytiladi
5. Saxarometrning ishlash usulini tushuntiring
6. Saxarometrlardan qayerlarda foydalanish mumkin
7. O'naqay va chapaqay moddalar haqida gapiring

14-LABORATORIYA ISHI

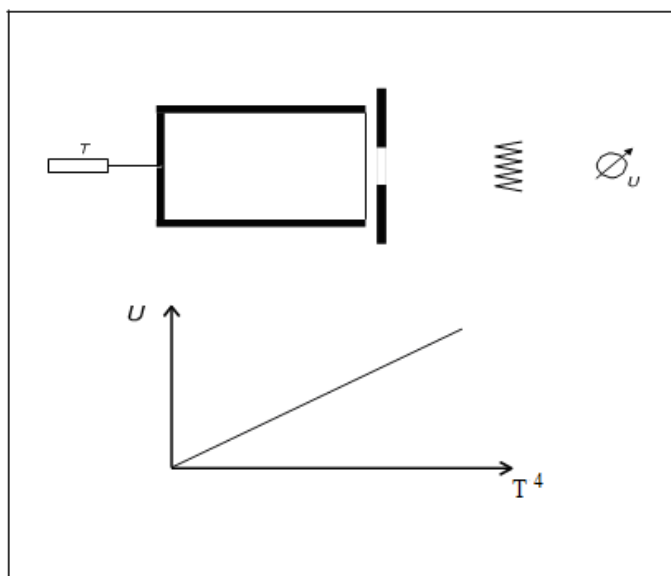
Stefan-Bolsman qonunini tekshirish. Mutloq qora jism nurlanish intensivligini temperaturaga bog'liqligini aniqlash

Ishning maqsadi: Moll termoelementidan foydalanib, 300-750 K temperaturalar oralig'ida "qora jism" detali bor elektr pechdagi nurlanishning nisbiy intensivligini o'lchashni amalga oshirish. Stefan-Bolsman qonunini tekshirish uchun nurlanish intensivligining mutloq temperaturaga bog'liqligi grafigini tuzish.

Kerakli asboblari: Elektr pechi 230V, mutloq qora jism detali, elektr pechi ashyolari, bir tarafi ochiq kirishli raqamli termometr, temperatura datchigi NiCr-Ni Moll termoelementi, mikrovoltmetr, kichik optik kursi, katta V-shaklsimon shtativ, leybold multiqisqichlari, universal fiksator S, immersion suyuqlikli nasos, silikon quvurlar ichki diametri 7x1.5 mm, 1m suv uchun idish hajmi taxminan 10 l.

Ishning nazariy qismi: Barcha jismlar issiqlik nurlantiradi. Bu issiqlik elektromagnit nurlanishning intensivligi temperatura ortishi bilan ortadi va hamda shu jismning sirtiga ham bog'liq. Berilgan to'lqin uzunligida, u nurni qanchalik yaxshiroq yutsa, shunchalik ko'proq issiqlik nurlantiradi.

Barcha to'lqin uzunlikli issiqlik nurlanishini yutuvchi jism mutloq qora jism deb ataladi. Aynan Kirxgoff birinchi bo'lib, berk bo'shliqdan virtual mutloq qora jism sifatida foydalanishni taklif qilgan. Mutloq qora jism eng katta yutish koeffitsiyentiga ega va shu bilan, berilgan temperaturada va to'lqin uzunlikda maksimal mumkin bo'lgan nurlantirishga ega.



1-rasm. Energitik yorituvchanlikni temperaturaning to'rtinchi darajasiga bog'liqligi

Stefan-Bolsman qonuni absolyut qora jismning umumiy chiqarayotgan nurlanishi T absolyut temperaturaning to'rtinchi darajasiga proporsional ekanligini tasdiqlaydi. Yanada aniqroq nurlanish manbasining nurlanuvchanligi M , ya'ni sirtning bir tomonidagi nurlanishning umumiy quvvati nurlanayotgan sirt sohasiga nisbatan quyidagidan aniqlanadi

$$M = a \cdot T^4 \quad (1)$$

($a=5.67 \cdot 10^{-8}$ (Vt/m²), Stefan-Bolsman doimiysi)

Shu vaqtda absolyut qora jism atrof-muhitdan nur ham yutadi. Shunday qilib biz M umumiy nurlanuvchanlikni emas, aniq absolyut qora jism nurlanishidan olingan M' nurlanish manbasining nurlanuvchanligini o'lchaymiz. Atrof muhitdan yutilgan nurlanishning nurlanuvchanligi quyidagiga teng:

$$M_0 = a \cdot T_0^4 \quad (2)$$

Shuning uchun, quyidagini yozish mumkin

$$M' = a \cdot (T^4 - T_0^4) \quad (3)$$

Mazkur tajribada «absolyut qora jism» sifatida elektr pechdan foydalaniladi. Absolyut qora jism detallari jilvirlangan mis silindr va ekrandan iborat. Bir uchi izolyatsiya 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 tashqi devorlarining nurlanishini emas, faqat jilvirlangan silindrnining 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.

Tajriba qurilmasi

Izohlar: O'lchanayotgan intensivlik juda past va shuning uchun u atrofda jislardan nurlanish interferensiyalariga nihoyatda sezgir: O'lchash vaqtida termoelektrik batareyalarga aslo qo'l tegizmang. Termoelektrik batareyalarga yaqin joyda, ayniqsa ular oldida ishlamang. Tajriba davomida xona temperaturasining o'zgarishidan holi bo'ling. Boshqa nurlanish manbalarning aralashishiga yo'l qo'ymang; zarur bo'lsa, yig'mani karton bilan ekranlashtiring. Zarur bo'lsa, xonani qorong'ilashtiring.

Texnika xavfsizligi bo'yicha ko'rsatmalar

Kuyib qolish xavfi bor: elektr pechni tashqi devorining temperaturasi 200°C dan ortiq bo'lishi mumkin.

Qaynoq elektr pechda terini kuyib qolishidan saqlaning.

Elektr pechni faqat jihozlar bilan boshqaring. Elektr pechdan foydalanish bo'yicha ko'rsatmalarni batafsil o'qib chiqing va barcha ko'rsatmalarga 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 ko'rsatmalarga rioya qiling.

Interferensiyalar nurlanish kelib chiqishi mumkin: Termoelektr batareya jismdan bevosita issiqlik nurlanishi, nurlanishning akslantiruvchi yuzalardan qaytishi (masalan: oqish rangli kiyim), issiqlik uzatgichlar, quyosh nuri va boshqa yorug'lik manbalari.

Tajribani boshlashdan oldin, mikrovoltmeter 10 minut davomida qizishiga imkon bering. Qurilmaning orqa qismida joylashgan asosiy ulab uzgich yordamida mikrovoltmeterni elektr tarmog'iga ulang. 2-rasmda tajriba qurilmasi tasvirlangan.

Suv bilan sovutishdan foydalanilganda:

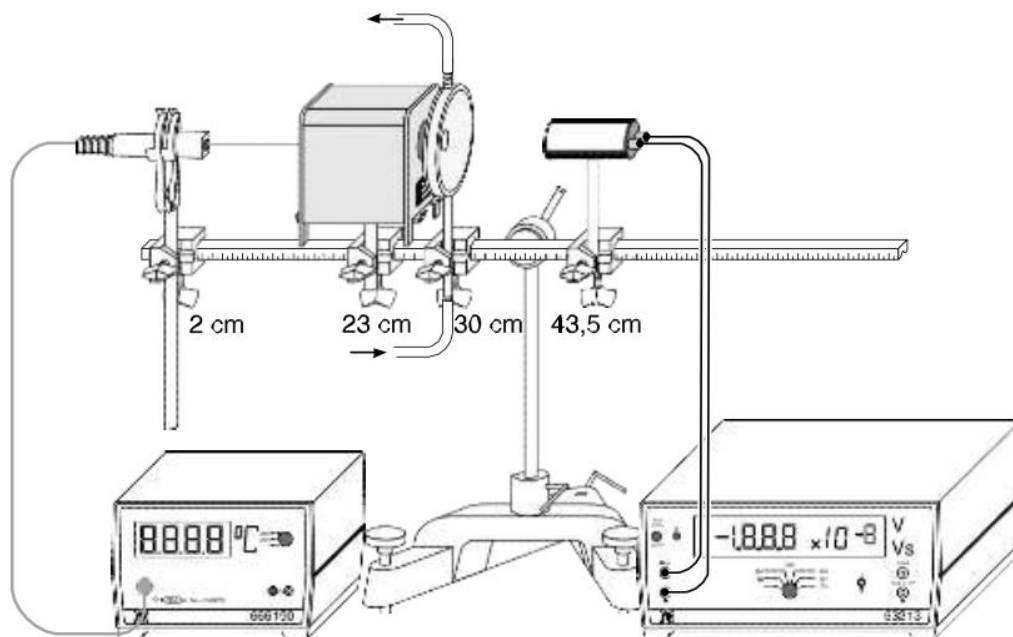
- Silikon quvurni immersion nasosga va ekranga shunday biriktiringki, ekranga suvning oqib kelishi pastki patrubkadan, chiqishi esa ekranning asosiy patrubkasidan bo'lsin.
- Idishni suv bilan to'ldiring va immersion nasosni suvli idishning gardishiga montaj qisqichdan foydalanib shunday mahkamlangki, kirish teshigi to'liq suvga botsin va maksimal botish chuqurligi 17 sm dan ortiq bo'lmasin (2-rasmga qarang; boshqa imkon bor montaj uchun foydalanish bo'yicha instruktsiyalarga murojat qiling).

Shundan so'ng:

- Elektr pechni, absolyut qora jism komplekti ekranini va termoelektrik batareyani 2-rasmda keltirilganidek shunday o'rnatibki, termoelektrik batareyaning sterjeni elektr pechning ochiq tarafi oldidan taxminan 15 sm da joylashsin. Absolyut qora jism komplekti ekrani metall tarafi bilan termoelektrik batareyaga qaralgan holda elektr pechning oldida taxminan 5-10 mm da joylashtiring.

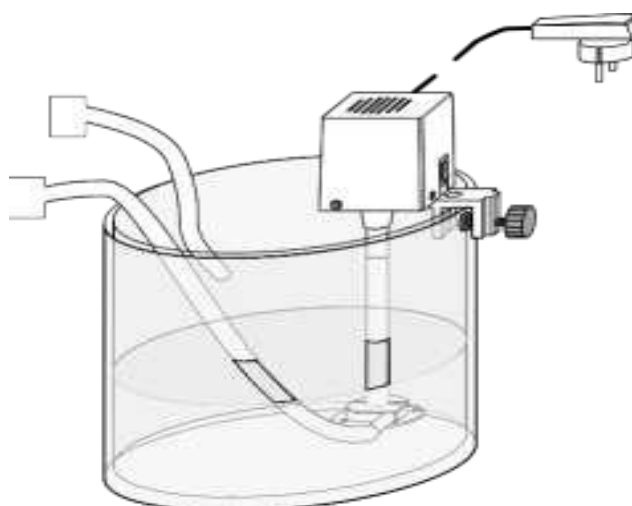
Izoh: Shisha tuynuk qisqa to'lqin uzunlikli nurlanishga ko'ra uzun to'lqin uzunlikli nurlanishni ko'proq yutadi va shuning uchun nurlanish intensivligining temperaturaga bog'liqligi o'lchashlarini sistematik tarzda soxtalashtiradi.

- 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 S montaj qiling va raqamli termometrni ulang (o'lchash diapazoni $> 200^{\circ}\text{C}$).
- Elektr 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 mikrovoltmeter bilan 2-rasmda keltirilganidek ulang (o'lchash diapazoni 10^{-4}V); termoelektrik batareyadagi qizil klemma mikrovoltmeterdagi qizil klemma bilan ulanganiga ishonch hosil qiling.
- Siljishni "avto kompensatsiya" tugmasini bosish orqali kompensatsiyalang; zarur bo'lsa, raqamli displeyni nollashtirish uchun potensiometr yordamida aniq sozlashni bajaring (mikrovoltmeter uchun instruktsiya betiga qarang).



2-rasm. Stefan-Bolsmannning issiqlik nurlanish qonunini tasdiqlash uchun tajriba qurilmasi

O'rinlar haqidagi ma'lumotlar kichik optik kursidagi Leybold multiqisqilarining chap tarafidan boshlangan.



2-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'z tajriba jurnalingizga yozib oling.

Shundan so'ng:

-Elektr pechni ulang va temperatura har 25°C ga oshganda n va U ning qiymatlarini o'lchang va ularni o'z tajriba jurnalingizga 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'z tajriba jurnalingizga yozib boring.

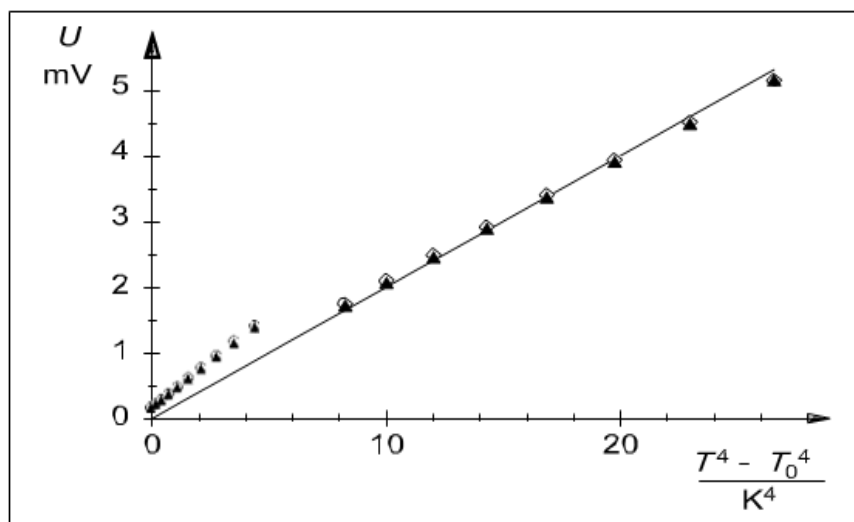
-Temperatura 100°C bilan xona temperaturasi oralig'igacha pasayganda, elektr pechdan temperatura datchigini oling, xona temperaturasi o'lchang va bu qiymatni o'z tajriba jurnalingizga yozib oling.

-Termoelektrik batareyani qoramtir karton bilan ekranlashtiring, voltmetrning nol ko'rsatishini tekshiring va bu qiymatni o'z tajriba jurnalingizga yozib oling.

O'lchash namunalari va baholash
Qizish va sovushdagi o'lchangan qiymatlar (1-jadval).

1-jadval

$\frac{n}{^{\circ}C}$	$\frac{T}{K}$	$\frac{T^4 - T_0^4}{K^4}$	$\frac{U_{\uparrow}}{mV}$	$\frac{U_{\downarrow}}{mV}$
24	297	0	0	0
50	323	0,31	0,06	0,06
75	348	0,69	0,14	0,14
100	373	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	22,06	4,53	4,50
450	723	26,55	5,17	5,17



3-rasm.: U chiqish kuchlanishining $T^4 - T_0^4$ funksiyasi sifatidagi grafigi.

Doirlar qizishdagi, uchburchaklar esa sovushdagi o'lchangan qiymatlarga mos keladi.

3-rasmda termoelektrik batareyani U chiqish kuchlanishining pechning to'rtinchi darajali absolyut temperaturasi T^4 bilan to'rtinchi darajali absolyut xona temperaturasi T_0^4 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 biroz chetlanishni kuzatishimiz mumkin. Buning sababi quyidagi effektlarning natijasidir: termoelektrik batareya bilan o'lchashlarga konvektsiya 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.

Nazorat savollari

1. Issiqlik nurlanishini tushuntiring
2. Mutloq qora jism deganda nimani tushunasiz
3. Kirxgof, Stefan-Bolsman, Vin qonunlarini tushuntiring
4. Tajriba qurilmasini tushuntiring
5. Issiqlik nurlanish qonunlarini asosiy mohiyati nimadan iborat
6. M.Plank g'oyasini tushuntiring

15-LABORATORIYA ISHI

Prizmalı spektrometr yordamida inert gaz va metall bug'larini chiziqli spektrlarini o'rganish

Ishning maqsadi: Prizmalı spektrometrni sozlash. He-lampa bilan prizmalı spektrometrni kalibrovka qilish. "Noma'lum" chiziqli spektrni o'lchash. «Noma'lum» yorug'lik manbayini aniqlash.

Kerakli asboblari: Spektrometr va goniometr, spektral He-lampa, spektral Cd-lampa pin kontakt, korpus pin kontakt bilan spektral lampa uchun, universal drossel 230 V, 50 Hz, transformator 6 V AC, 12 V AC, taglik kichik V-simon, spektral Ne-lampa pin kontakt, spektral lampa Hg/Cd pin kontak, spektral lampa Ti pin kontakt, spektral lampa Na pin kontakt.

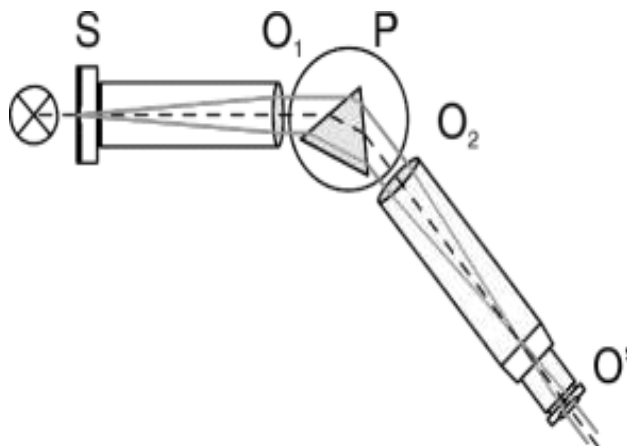
Ishning nazariy qismi: Yorug'lik bilan uyg'otilgan inert gazlar va metall bug'lari spektral chiziqlar, ya'ni mos element uchun xarakterli bo'lgan aniq to'lqin uzunliklar to'plamini chiqaradi. Bu to'lqin uzunliklarni aniq o'lchash orqali, biz yorug'lik manbayining xarakteri haqida asosli xulosalar qilishimiz mumkin. Bu spektral chiziqlarni ajratish uchun biz prizmadan foydalanishimiz mumkin. Bu ishda sindirish ko'rsatgichi n prizma materialiga bog'liqligidan foydalaniladi (mazkur holda rangsiz shisha).

Yorug'lik nurlari prizmada sinib, to'lqin uzunliklariga bog'liq ravishda prizmada turli darajada og'adi. Spektrning ko'rinish diapazonidagi qisqa to'lqinli yorug'lik uzun to'lqinli yorug'likga qaraganda ko'proq og'adi.

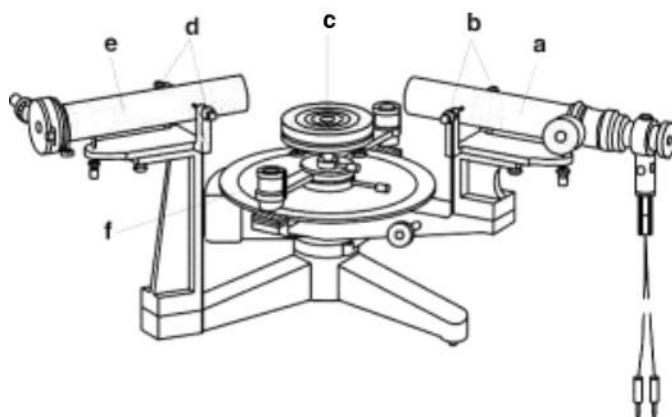
Prizmalı spektrometrda kengligi va balandligini o'zgartirish mumkin bo'lgan vertikal tirqishdan S chiqqan yorug'lik sochilgan holda tarqaladi va O_1 obyektivning linzasiga tushadi: tirqishdan ungacha bo'lgan masofa uning fokus masofasiga ekvivalent (1-rasmga qarang). Tirqish va linza birgalikda kollimatorni tashkil qiladi. Obyektivdan keyin, yorug'lik parallel dasta sifatida P prizмага tushadi, ya'ni prizмага barcha nurlar bitta burchak ostida tushadi. Prizma yorug'likni sindiradi va har bir to'lqin uzunlikli nur turli burchakka og'adi. Va nihoyat, ikkinchi O_2 obyektivning linzasida ma'lum to'lqin uzunlikli barcha parallel nurlar fokuslanib, obyektivning fokal tekisligida S tirqishning obrazini hosil qiladi.

Shunday qilib, toza spektr fokal tekislikda shakllanadi va biz uni O' okulyar yordamida kuzatishimiz mumkin. O_2 obyektiv linza va O' okulyar birgalikda fokuslanishi cheksiz bo'lgan astronomik teleskopni tashkil qiladi. Prizma shunday o'rnatiladiki, spektrning o'rtacha to'lqin uzunliklari (500 - 600 nm ga yaqin) uchun nurning yo'li simmetrik va og'ish minimal bo'lsin. Bu o'z navbatida spektral ajrata olishni oshiradi. Teleskop og'ish burchagini o'lchash mumkin bo'ladigan qilib aylanma richagga o'rnatilgan. Teleskop burilganda, okulyar fokal tekisligida joylashgan okulyar kesishma viziri alohida spektral chiziqlarda bo'ladi. Burchakni va shu bilan chiziqlarning nisbatan o'rnini o'lchash uchun, teleskop graduirrovka aylanasi bilan birgalikda (disk shkalasi yarim gradus bo'linmalari bilan) goniometr bilan ta'minlangan. Nonius chiziqlar

o'rnini burchak minuti darajasi aniqligida o'lchashga imkon beradi. Sindirish ko'rsatgichi n bilan to'lqin uzunligi λ orasidagi bog'lanish chiziqli emas. Agar noma'lum yorug'lik manbayining to'lqin uzunligini prizmadan o'tishdagi og'ish bilan aniqlansa, spektrometrni oldin kalibrlash kerak. Bunga spektral chiziqlari spektrning to'liq ko'rinuvchan sohasida taqsimlangan va ma'lum bo'lgan lampa yordamida erishiladi. Olingan kalibrlash egriligidan foydalanib, noma'lum yorug'lik manbayining mos to'lqin uzunliklariga tegishli spektral chiziqlarni aniqlash mumkin.



1- rasm. Prizmalı spektrometrda nurning yo'li



2-rasm. Spektrometr. a -teleskop, b- kollimatorni siljitish uchun sozlash vinti, c -prizma stoli, d -teleskopni siljitish uchun sozlash vinti, e -kollimator, f -spektrometrning asosiy qurilmasi

Spektrometrni sozlash

Aniq o'lchashlarni amalga oshirish uchun asbob puxtalik bilan sozlanishi kerak. Tirqish va okulyar viziri aniq mos linza obyektivining fokal tekisligida yotishi kerak (teleskopik nur yo'li). Tirqish va prizma sirti teleskopning aylanish o'qiga parallel qilib to'g'irlanishi kerak. Ba'zi sozlash bosqichlari, hamda spektrlar chiziqlarini o'lchashni amalga oshirish xona biroz qorong'ilashtirilganda oson kechadi.

Dastlabki sozlash:

Prizma stolining og'ishi faqat chegaralangan darajada o'zgaradi. Sozlash uchun yetarli bo'lishiga amin bo'lish uchun stolni dastlabki sozlash vaqtida imkoni boricha (ko'z bilan chamalab) gorizont bo'yicha to'g'rilang.

Teleskopni (a), prizma stolini (c), va trubka tirqishini (kollimator) (e) gorizont yo'nalishda ko'z bilan chamalab to'g'rilang (2- rasmga qarang).

Teleskop va kollimatorni yon tomonga sozlash vintlari (b), (d), yordamida markazlashtiring va keyin vintlarni qotiring. Sozlash vintlarini juda ko'p ochib yubormang, chunki ular teleskopni va kollimatorni tutib turadi.

Teleskopni cheksizlikka fokuslash:

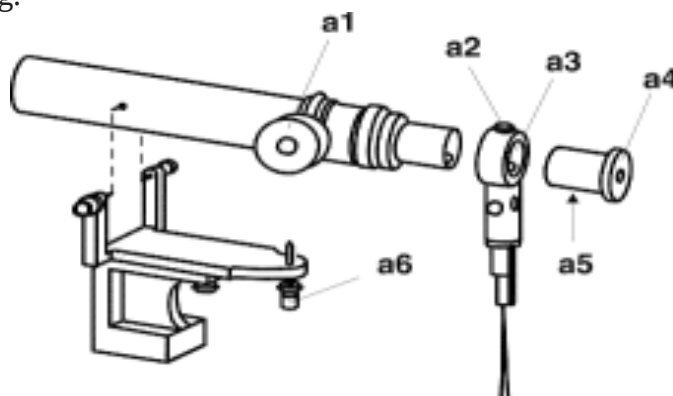
Izoh: Ko'rishida muammosi bor eksperimentatorlar, teleskop orqali uzoqdagi obyektlarni yaxshi ko'radi; lekin bu holat teleskop cheksizlikka aniq o'rnatilganidan dalolat bermaydi. Bunga qaramasdan, shu eksperimentatorning o'zi kollimator va teleskopni korrektyrovka qilsa, aniq o'lchashlarni amalga oshirishi mumkin. Agar boshqa eksperimentatorlar spektrlarni kuzatishni xohlashsa, okulyarni (a4) siljitish yo'li bilan fokusirovka bajarilishi mumkin. Okulyarni chiqarib oling (a4), yorug'lik manbayini (a3) teleskopga o'rnatib va yorug'lik manbayi uchun teshigini pastga qaratib okulyarni qayta o'rnatib (3-rasmga qarang). Trubkadagi okulyarni siljitish (a4) orqali vizir kesishmaga qaratib va zarur bo'lsa, uni to'g'rilang. Yorug'lik manbayi uchun teshik (a5) hali ham pastga qarab turganiga amin bo'ling. Gorizontaal bo'yicha to'g'rilangan teleskopni markazni korrektyrovka qilish dastasi (a1) bilan uzoqdagi obyektga fokuslang (>50.0 m). Agar o'rnatish to'g'ri bo'lsa, kuzatilayotgan obyekt tasviri va vizir kesishma ikkalasi ham obyektivning fokal tekisligida yotishi kerak, mumkin bo'lsa, kuzatilayotgan obyekt bilan vizir kesishma o'rtasida parallel aks bo'lmasligi lozim.

Yorug'lik manbayini sozlash:

Teleskopni kollimatorga yo'naltiring (tirqishni biroz oching). Yoritish mabaini (a3) U=6 V kuchlanishga ulang. Qotiruvchi vintdan (a2) foydalanib, yoritish qurilmasini, okulyar holatini o'zgartirmasdan, teleskopga shunday joylashtiringki, tirqishning ichi yaxshi yoritilsin.

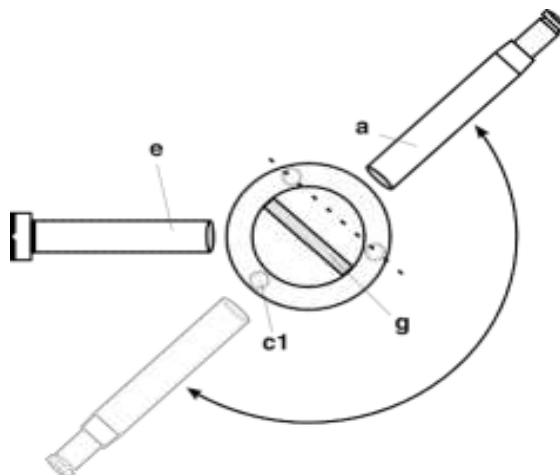
Texnika xavfsizligi bo'yicha ko'rsatmalar

Yoritish sistemasidagi He-lampa uchun ruxsat etilgan kuchlanishdan oshirmaslik kerak (U=8 V). Ish vaqtida spektral lampa va korpus nihoyatda qizib ketadi. Lampani almashtirishdan oldin uning sovushini kuting.



3- rasm. Teleskop yoritgich bilan

a1 fokusni sozlash dastasi, a2 yorug'lik manbayini qotirish vinti, a3 yorug'lik manbayi, a4 okulyar, a5 yorug'lik manbayi uchun teshik (ko'rinmagan), a6 teleskopni balandlik bo'yicha sozlash vinti



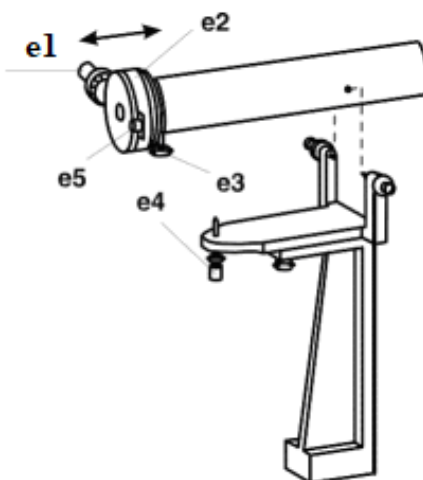
4-rasm. Spektrometr, yassi shisha plastinka bilan teleskop. c1- prizma stoli uchun vintlar, e -kollimator, g-yassi shisha plastinka tutgichda

Teleskop optik o'qini spektrometr o'qiga perpendikulyar yustirovka qilish: Yassi shisha plastinkani prizma stoli markazidagi tutgichga (g), kollimatorga(e) nisbatan 45° burchak ostida shunday joylashtiringki, prizma stolining ikki sozlash vintlari bo'yicha o'tkazilgan (faraziy) chiziq yassi shisha plastinkaning yon tomoni sirtiga parallel bo'lsin (4-rasmga qarang). Teleskopni (a) yassi shisha plastinkaning biror bir yon qirrasiga perpendikulyar qilib shunday to'g'rilangki, vizir kesishma shu sirtida akslansin. Gorizontall vizirni uning aksi bilan mos keladigan qilib sozlang. Bu sozlashni to'g'ri amalga oshirish uchun, yarim farqni teleskop balandligini sozlash vinti (a6) (3-rasm.) orqali, boshqa yarim farqni esa prizma stolini o'rnatish vinti (c1) orqali bajaring. Bu ikki amalni gorizontall vizir va uning ko'zguli tasviri yassi shisha plastinkadan ikki tarafda ham mos kelmaguncha takrorlang:) 4-rasmga keltirilganidek, ko'rish trubasini 180° ga vizir kesishma yassi plastinkaning qarama-qarshi tarafida akslanadigan qilib buring. Vizir kesishma va uning ko'zguli aksi mos kelishini tekshiring. Agar mos kelmasa, yuqorida keltirilganidek, yarim farqni teleskop balandligini sozlash vinti (a6) (3-rasm) orqali, boshqa yarim farqni esa prizma stolini o'rnatish vinti (c1) orqali bajaring. Teleskop balandligini sozlash vintini (a6) kontur gaykadan foydalanib qotiring. Prizma stolidan yassi shisha plastinkani tutgichi bilan oling. Yoritish manbayini ta'minlash kuchlanishidan uzing.

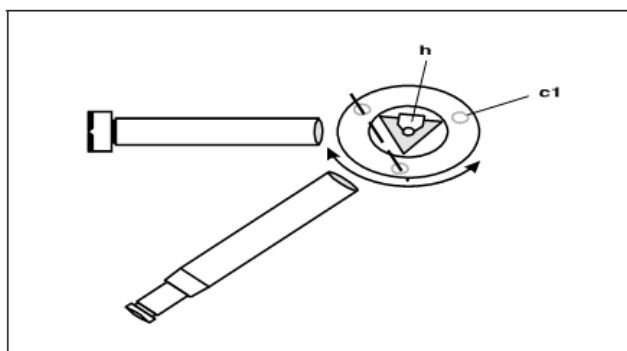
Kollimatorni yustirovka qilish:

Tirqishni tashqi manba orqali, masalan lampochka yoki spektral lampalarning biri bilan yoriting.

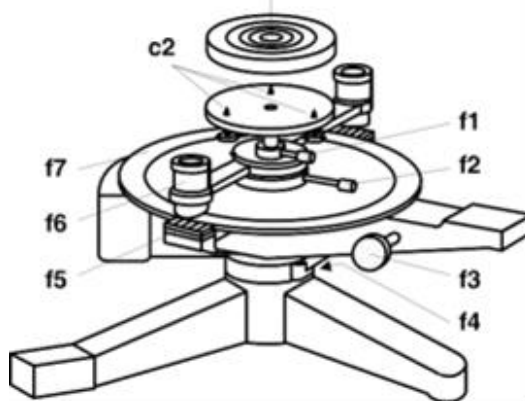
Teleskopni kollimatorga yo'naltiring va tirqishni tirqish kengligini o'zgartiruvchi mikrometrik vint (e1) yordamida biroz kengaytiring. Pasaytirgich (e5) yordamida tirqishning sezilarli, qulay balandligini o'rnatish. Kollimator balandligini yustirovka qilish vinti (e4) orqali, tirqishning markazini gorizontall vizir kesishmaga keltiring.



5 -rasm. Kollimator tuzilishi. e1- mikrometr dastasi, e2-kollimator trubasi, e3-kollimator trubkasini qotirish vinti, e4-kollimator balandligini korrektirovka qilish vinti, e5-tirqish balandligini pasaytirgich



6- rasm. Prizma sirtini yustirovka qilish. c1-prizma stoli uchun yustirovka vintlari, h-(flint) shisha prizma tutgichda



7 –rasm. Spektrometrning asosiy qurilmasi va prizma stoli. c1-prizma stoli, c2-prizma stolini to'g'rilash vintlari, f1-prizma stolini qotirish vinti, f2-graduivka qilingan aylanani qotirish vinti, f3-teleskopni burish uchun nozik sozlash vinti, f4-teleskopni qotirish vinti (ko'rinmagan), f5-noniuslar, f6-lupa, f7-graduivka qilingan aylana

Kollimator trubkani qotirib turish vintini (e3) bo'shating va kollimator trubkani (e2) strelka yo'nalishida to yorqin obraz paydo bo'lmaguncha siljiting (5-rasmga qarang). Trubkani burish orqali tirqishni shunday to'g'rilangki, u vertikal vizir kesishmasiga parallel bo'lsin va keyin kollimator trubkani qotirib turish vintini mahkamlang (e3).

Burishga imkon yaratish bilan prizma sirtiga parallel yustirovka qilish:

- Teleskopni shunday buringki, u kollimatorga o'tkir burchakda joylashsin va uni shu joyida qotirish vinti yordamida mahkamlang (6- rasm va 7-rasmga qarang)
- Prizmani prizma stolidagi tutgichga (h) 6-rasmda keltirilganidek o'rnatish va bunda prizmaning bir tomoni prizma stolidagi ikkita sozlash vintlari orqali o'tkazilgan (faraziy) chiziqqa parallel bo'lsin.
- Prizma stolini to prizmaning bir qirrasidan akslangan tirqish tasviri teleskopda ko'rinmaguncha buring va keyin prizma stolini qotirish vintini (f1) mahkamlang.
- Orqadagi sozlash vintlaridan (c1) foydalanib, tirqishning akslangan tasvirini vizir kesishmaning markaziga siljiting.
- Prizma stoli burilganda akslangan tirqish o'zgarmasligi uchun quyidagi ikki amalni bajaring:
 - 1) Prizma stolini mahkamlab turgan vintni (f1) bo'shating va tirqishning tasviri prizmaning keyingi sirtida akslanmaguncha prizma stolini buring va keyin prizma stolini qotiruvchi vintni mahkamlang.
 - 2) Prizma stolining orqa tomonidagi(teleskopda ko'rinib turibdi) o'rnatish vinti yordamida tirqishning akslanishini vizir kesishmaning o'rtasiga olib keling.

Tajriba qurilmasi

- Spektral lampani korpusga mahkamlang, uni 8-rasmda keltirilganidek taglikka o'rnatish, uni universal drosselga ulab yoqing.
- He-spektral lampa bilan tirqishni yoritish. Lampa kollimatorning ko'rish o'qida joylashganiga ishonch hosil qiling.
- Prizmani prizma stoliga joylashtirish va teleskopni shunday to'g'rilangki, tirqishdan o'tgan yorug'lik prizмага tushsin (agar yuqoridan qaralsa, 1-rasmga qarang) va spektrni teleskopda kuzatish mumkin bo'lsin.

Ishni bajarish tartibi

a) Minimal og'ish burchagini o'rnatish:

Tirqish kengligi toraytirilsa, ajrata olish qobiliyati ortadi; shu bilan birga spektr yorug'lik intensivligi esa mos ravishda pasayadi:

–Tirqish (e_1) kengligini o'zgartiruvchi mikrometrik vint yordamida, munosib tirqish kengligini o'rnatish.

– Sekinlik bilan prizma stolini buring va teleskopda spektral chiziqlarning o'zgarishini spektr «markaz» chizig'i (masalan, sariq $\lambda = 587,6 \text{ nm}$) reversiv nuqtadan (minimal qiymat) o'tguncha kuzatish

– Prizma stolini minimal holatda, mos vintlarni (f_1) va (f_4) mahkamlashdan foydalanib qotirish.

b) Spektrometrni He - spektral lampa bilan kalibrlash:

Izoh: spektrometr ikkita qarama-qarshi turgan nonius bilan jihozlangan. Qayd qilish xatoligini minimallashtirish va aylanish o'qiga nisbatan har qanday eksentrisitetni kompesatsiyalash uchun ikkita ko'rsatishning o'rtacha qiymatini oling.

– Teleskopni shunday yustirovka qilingki, vertikal chiziq biron-bir tashqi spektral chiziq bilan mos kelsin (mazkur o'lchash namunasida qizil chiziq).

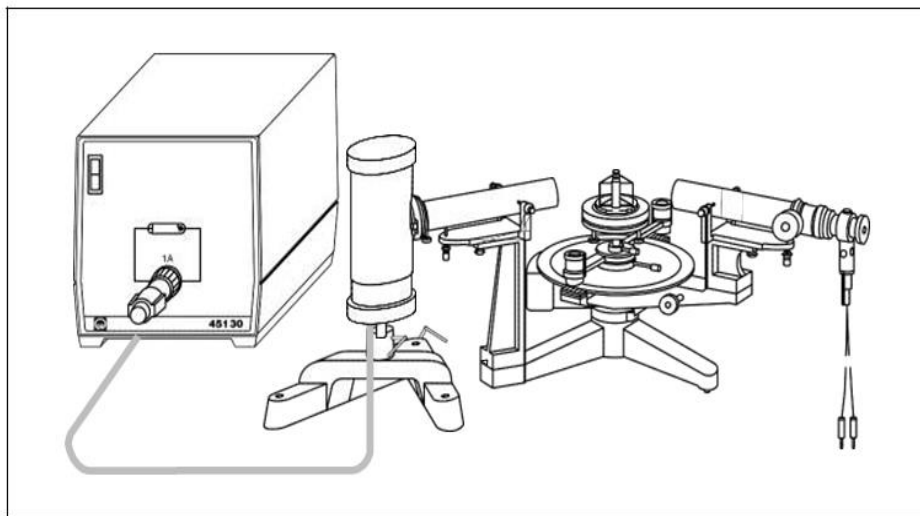
– Graduirovka qilingan aylanani (f_7) 0° va 180° nonius chizig'iga keltirish (f_5) va uni qotirish vintidan (f_2) foydalanib mahkamlang.

– Teleskopning to'r chizig'ini vertikal bo'yicha, nozik sozlash(f_3) dastasi yordamida, ketma-ket har bir spektral chiziq bilan to'g'rilang.

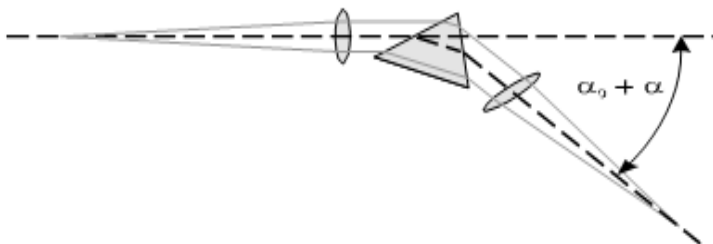
– Teleskopning mos holatini graduirovka qilingan aylanada (f_6) lupadan foydalanib qayd qiling va bu qiymatlarni tajriba jurnaliga yozib oling.

c) Boshqa yorug'lik manbayilarining spektral chiziqlarini, masalan Cd spektral lampani o'lchash:

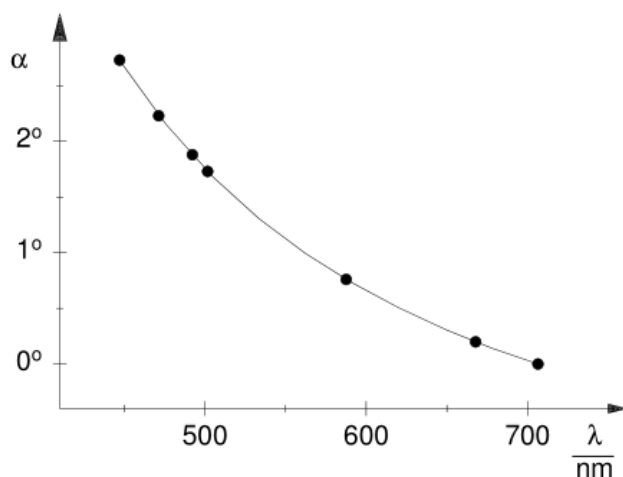
– He- lampa va korpusning sovushini kuting, keyin lampani almashtirib tirqishni yoritish. Teleskopning to'r chizig'ini, yuqorida bayon qilinganidek, nozik sozlash (f_3) dastasi yordamida, ketma-ket har bir spektral chiziq bilan to'g'rilang va qayd qiling, bu qiymatlarni tajriba jurnaliga yozib oling.



8-rasm. Yustirovka qilingan tajriba qurilmasi



9-rasm. α burchakni aniqlash uchun sxematik diagramma. O'lchash namunasida α° shunday tanlanganki, $\alpha^\circ = 0.00^\circ$ burchakda to'lqin uzunligi $\lambda = 706,5 \text{ nm}$



10-rasm. Prizmalı spektrometrning kalibrlash egriligi: Nuqtalar: 1-jadvaldan olingan o'lchangan qiymatlar, chiziq: interpolatsiya qilingan egrilik

O'lchash namunasi va hisoblashlar

Izoh: spektrometr prizmasi yordamida metall bug'lari yoki inert gaz spektriga tegishli bo'lmagan past intensivlikli chiziqlarni ham ko'rish mumkin. Ishlab chiqarish jarayoni sababli boshqa gazlar ham lampaga kiritilishi mumkin. Metall bug'lari lampalarda argon (Ar) qo'shimcha asosiy gaz sifatida qo'llaniladi.

1-jadval: He-spektral lampadan foydalanib, spektrometrni kalibrlash uchun o'lchangan qiymatlar

1-jadval

$\frac{\lambda_{adabiyot}}{nm}$	α
706,5	0,00 ⁰
667,8	0,20 ⁰
587,6	0,76 ⁰
501,6	1,73 ⁰
492,2	1,88 ⁰
471,3	2,23 ⁰
447,1	2,73 ⁰

α ni aniqlash uchun 9- rasmga qarang.

Noma'lum yorug'lik manbalarini aniqlash uchun spektral chiziqlarning to'lqin uzunligi qayd qilinadi va kalibrovka egriligidagi o'lchangan burchaklar bilan qiyoslanadi (10-rasmga qarang). Adabiyotlarda keltirilgan qiymatlar vakuumdagi to'lqin uzunliklariga tegishli. Havodagi to'lqin uzunligiga o'tish zaruriyati yo'q.

2-jadval: Cd-lampa namunasida o'lchangan qiymatlar

2-jadval

α	$\frac{\lambda_{hisoblanga}}{nm}$	$\frac{\lambda_{adabiyot}}{nm}$
2,30 ⁰	468,7	467,8
2,08 ⁰	480,4	480,0
1,63 ⁰	507,7	508,6
0,43 ⁰	631,8	632,5
0,35 ⁰	644,1	643,8

α ni aniqlash uchun 9- rasmga qarang.

Spektrometr bilan goniometr difraksion spektrometr sifatida ham ishlatilishi mumkin. Bunday konfiguratsiyada to'liq uzunligini aniqlash uchun kalibrovka egriligi qayta talab qilinmaydi. Biroq spektrlarning intensivligi pastroq, sust chiziqlar ko'pincha ko'rinmaydi. Bundan tashqari difraksiyaning ko'p miqdordagi tartiblari yuzaga kelib, foydalinalayotgan panjaraga qarab ustma-ust tushishi mumkin va shu bilan belgilangan maqsadga halaqit beradi. Difraksion panjaradan foydalanilganda spektrometrning ajrata olishi, odatda, prizmalı spektrometrikiga nisbatan yaxshi. Masalan, tirqishi minimal kenglikga o'rnatilgan spektrometrning prizmasida ikki Na-D chiziqlar arang farqlansa, ular Rouland panjarasidan foydalanilgan spektrometrda osongina ajratilishi va alohida o'lchanishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Geley spektrini tarkibini ayting
2. Yorug'lik dispersiyasini tushuntiring
3. Energetik sathlarni tushuntiring
4. Prizmalı spektroskopni tuzilishini tushuntiring
5. Vodorod atomi spektrini tushuntiring

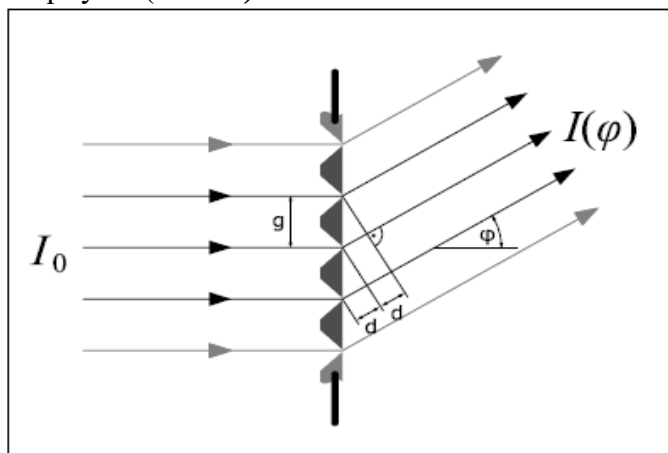
16-LABORATORIYA ISHI

Nurlanish spektral chiziqlarni o'rganish uchun difraksion spektrometrni yig'ish

Ishning maqsadi: Difraksion spektrometrni yig'ish. Turli inert gazlar va metallar bug'lari spektral chiziqlarini kuzatish. Spektral chiziqlar to'liq uzunligi aniqlash.

Kerakli asboblari: VideoCom USB, standart profilni optik stend 0.5 m, standart profilni optik stend 1 m, doiraviy shkalali sharnirli birikma, kesma difraksion panjara, 6000/sm (Rouland), rostlanadigan tirqish, ramadagi linza $f=50$ mm, ramadagi linza $f=150$ mm, prujinali qisqichlarga ega tutqich, optik reyterlar 60/50, spektral lampa He, spektral lampa Na, spektral lampalar korpusi, universal shtetsel 230 V, 50 Gs, qo'shimcha talab qilinadi: shaxsiy kompyuter, Windows XP/Vista/7/8/10 (x86 yoki x64)

Ishning nazariy qismi: Yorug'likni spektral tarkibi bo'yicha tahlil qilishning ikkita asosiy usuli mavjud. Ulardan biri – prizma va ikkinchi usul – difraksion panjara orqali. Difraksion panjarani qo'sh tirqishlarni kengaytirish sifatida ifodalash mumkin, chunki u ko'plab parallel tirqishlardan iborat. Gyuygens tamoyiliga muvofiq, tirqishlardan har biri sharsimon (sferik) to'liq manbayi hisoblanadi. Ushbu to'liqlar yoxud konstruktiv, yoxud dekonstruktiv tarzda bir-birini berkitib qo'yadi (1-rasm).



1-rasm: Difraksion panjaraga qo'llanilgan Gyuygens tamoyili

Konstruktiv interferensiya uchun shart quyidagidan iborat:

$$d = g \cdot \sin \varphi = n \cdot \lambda \quad (1)$$

bunda n – noldan katta butun son, g , d va φ 1-rasmda taqdim qilingan, A esa – kiruvchi to'lqin uzunligi. Ko'rib turganimizdek, har bir to'lqin uzunligi uchun panjara bir necha maksimal jadallik miqdorlarini yuzaga keltiradi, n butun son bilan belgilanadi, bu tajribaning muhim bandi hisoblanadi: Aniqlangan spektral chiziqlarining hammasi ham nurlanish chizig'ining birinchi maksimumi bo'lishi shart emas, biroq bungacha aniqlangan to'lqinning faqat ikkinchi tartibi maksimumi ham bo'lishi mumkin.

Mazkur tajribada gaz-elektrsizlanish lampochkasidan yorug'lik tirqishda aks ettiriladi. Tirqish ortidan linza parallel yorug'lik panjaraga tushadigan tarzda maqsadga muvofiq masofada o'rnatiladi (masalan, 600 chiziq/mm). Kompyuter tomonidan boshqariladigan displeyli, 50 mm linzali VideoCom deb nomlanadigan bir simli kamera panjaraga birinchi difraksion tartib kompyuter tomonidan boshqariladigan displey chipida ko'rinib turadigan tarzda imkon qadar yaqinroq o'rnatiladi.

Jadallikni rostdlash uchun yoxud tirqish kengligini, yoxud kamera ob'ekti diafragmasini o'zgartirish mumkin.

VideoCom Intensities dasturiy ta'minotidan foydalanib, difraksiya burchagini hisoblab chiqish uchun (2-rasmga qarang), linzalarning asosiy fokus uzunligi (50 mm) joriy qilinadi. To'lqinlarni uzunligi bo'yicha darajalashga (5-rasmga qarang) spektral siljishli doimiy difraksion panjaradan (600 chiziq/mm) foydalanilgan holda erishiladi. Siz ma'lum nurlanish chiziqlaridan foydalanib, spektrning kerakli siljishini osonlik bilan aniqlashingiz mumkin. Agar spektr chapdan o'ng tomonga o'zgarsa (ya'ni, chap tomondan – qizil va o'ng tomondan – ko'k rang), n difraksion tartib belgisini o'zgartiring. Aksincha, difraksiyaning ikki burchagini ularning taalluqli to'lqin uzunliklari bilan joriy qilish orqali to'lqin uzunligini darajalashingiz mumkin.

Linza optikasidagi markaziy tenglama – quyidagi linzalar tenglamasidan iborat:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g} \quad (2)$$

bunda – f fokus uzunligi, b tasvirgacha bo'lgan masofa va g ob'yektgacha bo'lgan masofa. Shunday qilib, barcha masofalar linzalargacha masofaga tegishli. Aniq ko'rinib turibdiki, agar $b=g \rightarrow b = g = 2f$ ketma-ket bo'lsa va agar b va g turlicha bo'lsa, biri har doim $2f$ dan kichikroq, ayni vaqtda ikkinchisi, taalluqli ravishda kattaroq bo'lishi kerak.

Spektral lampa nuri tirqishlarga fokuslanadi. Tirqish spektral lampa kabi baland bo'lmaganligi tufayli va imkon qadar ko'proq nur tirqishga fokuslanishi uchun $f=50$ mm linzani spektral lampagacha masofa $2f$ dan ko'proq, (II) ga muvofiq tirqishgacha masofa esa $2f$ dan kamroq bo'ladigan tarzda joylashtiring. Tirqishda lampa to'liq aks ettirilgungacha turli holatlarni sinab ko'ring. Shunday qilib, tirqishda lampa tasviri aniq va u orqali o'tuvchi yorug'lik nuriga o'xshaydi. Nurlar Gyuygens tamoyili oqibatida kengayadi va ikkinchi linza orqali o'tadi, ushbu linza nurlarni the VideoCom yuzasida fokuslaydi.

Xavfsizlik bo'yicha ko'rsatmalar

Diqqat: Barcha spektral lampalar foydalanish jarayonida qizib ketadi! Foydalanish vaqtida ularga qo'l tekkizmang va ularni almashtirishdan oldin foydalanilgandan so'ng sovushini kuting. Tarkibida Cd, Hg yoki Tl mavjud spektral lampalar ultrabinafsha nurlarini tarqatadi! Shu tufayli faqat yopiq korpusli fonar bilan ishlang va hech qachon to'g'ridan-to'g'ri nurga qaramang. Zarur hollarda, ish vaqtida qo'llaringizni kuyishdan, ultrabinafsha nurlanishdan va sochilgan shishadan himoyalash uchun qo'lqoplardan foydalaning. Spektral lampa korpusi yupqa korpus bo'lganligi tufayli u bilan ehtiyotkorlik bilan ishlang va ko'zdan xavfsiz masofada tuting.

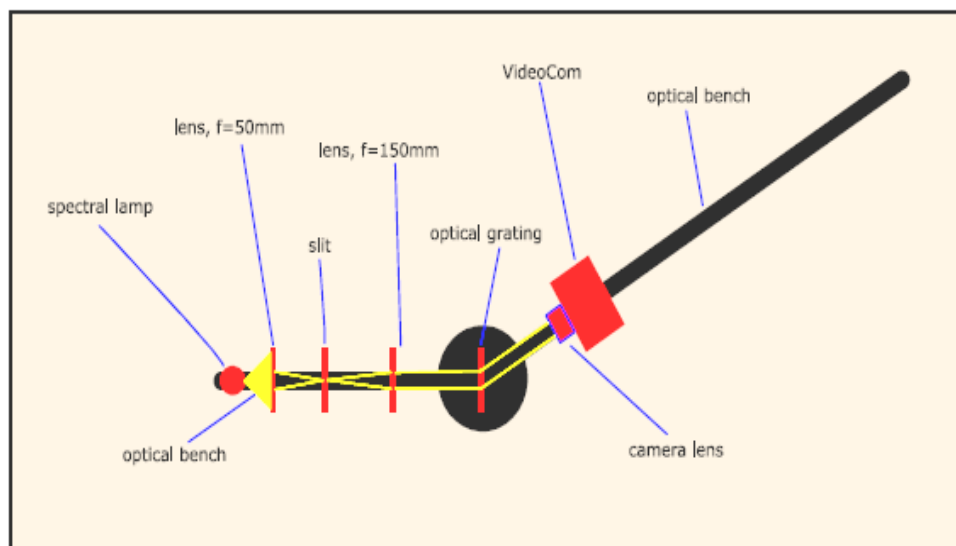
(2) formula yordamida nurlarni VideoComda fokuslash uchun $f=150$ mm linzani rostdlash mumkin. Fales teoremasini hisobga olib, shubhasiz, G ob'ekt kengligi va balandligi hamda B tasvir masshtabi b ga nisbatan g masofasiga muvofiqdir. Taalluqli ravishda, tirqish kengligi juda kichik tanlanishi kerak. Aks holda, nurlar kengayishi 2-tajriba qismida ikki natriy chizig'ini ajratish uchun yetarlicha o'lchamda bo'lmaydi.

Sozlash

Sozlash 2-rasmda ko'rsatilgan.

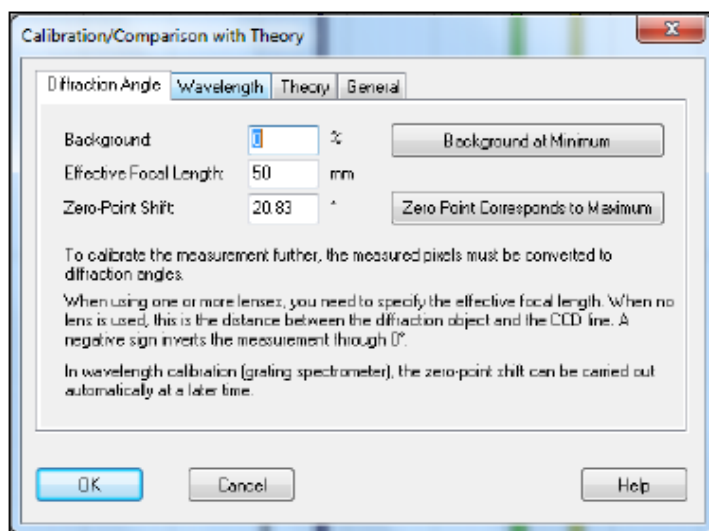
Birinchidan, taqdim qilingan vintlardan foydalanib ikkita optik stendni sharnirli birikmaga ulang. Uzun optik stendi qo'zg'aluvchan birikmaga ulanishi kerak.

- Optik stendlarni gorizontaal bo'yicha to'g'rilash uchun ularning rostlash oyoqchalaridan foydalaning.
- Tutqichni prujinali tutqich bilan sharnirli birikmaga o'rnatib.
- Difraksion panjarani yuqoriga belgili tutqich ichiga mahkamlab qo'ying.
- Panjarani qisqa optik stendga perpendikulyar tarzda to'g'rilab qo'ying.
- Qisqa optik stendga to'rtta difraksion panjarani o'rnatib.
- Quyidagi optik elementlarni reyterlardagi panjaraga chapdan o'ng tomonga tartibida o'rnatib: spektral lampalar korpusi, $f=50$ mm linzalar, rostlanadigan tirqish, $f=150$ linzalar.
- Reyterlarning aniq holati keyinroq ishlayotgan lampa sharoitida aniqlanadi.
- Asbob-uskunalarni kichik optik stendga perpendikulyar, bir-biriga parallel tarzda to'g'rilab qo'ying.
- Rostlanadigan tirqishning yonlama qirrasi spektral lampa tomonidan joylashtirilishi kerak.
- 150 mm linzaning yonlama qirrasi ham spektral lampa yo'nalishida joylashtirilishi kerak.
- Beshinchi optik reyterni uzun optik stendga ulang.
- VideoComni beshinchi optik reyterga mahkamlab qo'ying va old qismiga kamera linzasini o'rnatib.
- VideoCom optik reyterni panjaraga imkon qadar yaqinroq surib qo'ying.
- Taqdim qilingan ta'minot blokidan foydalanib, VideoComni rozetkaga ulash orqali elektr ta'minotni ulang.
- Shaxsiy kompyuterni USB orqali (bu ham to'plamga kiritilgan) VideoComga ulang.
- Universal shtepselni devordagi rozetkaga, spektral lampa korpusini esa universal shtepselga ulang.
- Shaxsiy kompyuterda "VideoCom Intensities"ni ishga tushiring.
- Dastur VideoComga muvofiq kelganligini tekshirib ko'ring

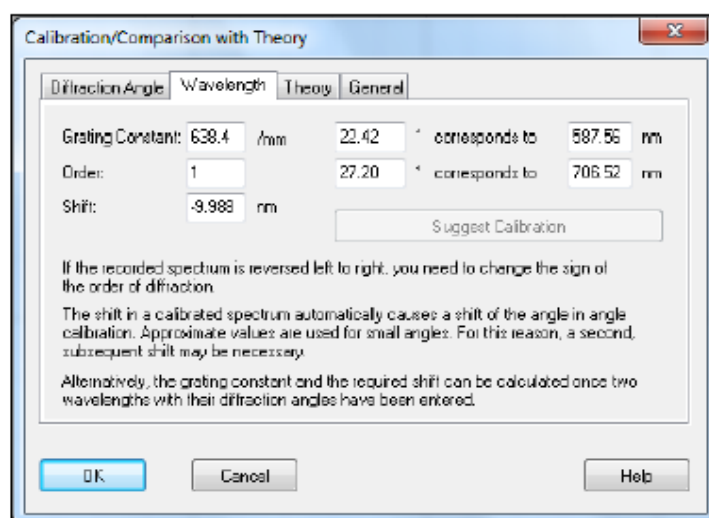


2-rasm. Tajriba qurilmasini sozlash

(Linza, $f=50$; Linza, $f=150$; Optik stend; Spektral lampa; tirqish; difraksion panjara; Optik stend; Kamera linzasi)



3-rasm. Fokus uzunligini joriy qilish va nol nuqtani siljitish

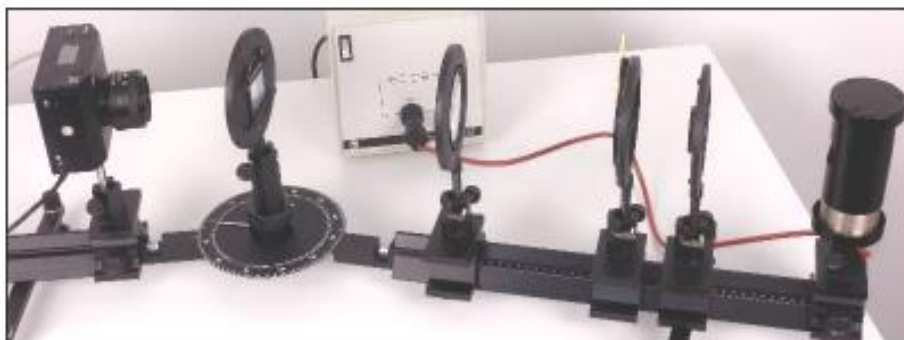


4-rasm. Doimiy panjara yoki ma'lum to'lqin uzunligi orqali kalibrash

Tajriba o'tkazish

Birinchi qism

- Universal shstepselni uzib qo'ying.
- Geliyli spektral lampani lampa korpusiga o'rnatish.
- Lampa korpusining yuqorigi qismiga difraksiya panjara tomonga ochiladigan qopqoqni o'rnatish.
- Universal shstepselni ulash.
- Lampa tasviri tirqishga fokuslanganligini tekshirib ko'ring.
- Aks holda, buni $f=50$ mm linza va tirqishni siljitish orqali tuzating.
- $f=150$ mm linzani tirqishga fokus masofasida joylashtiring.

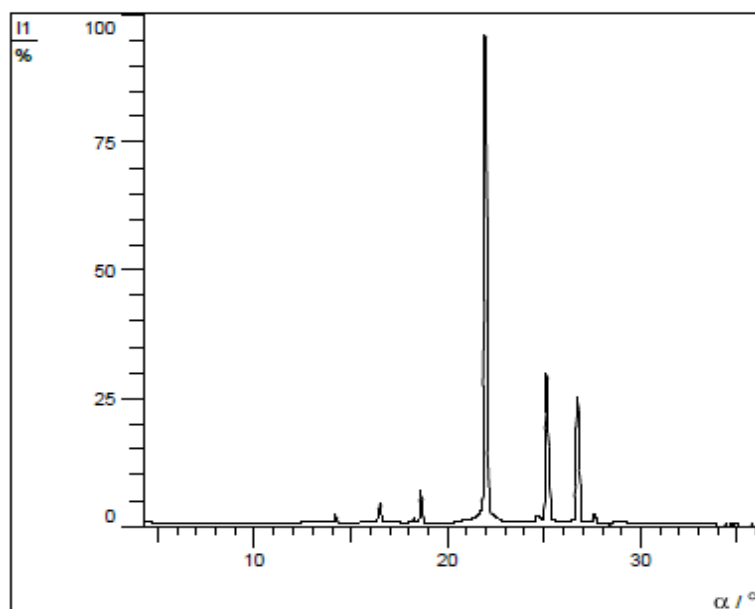


5-rasm. Tajriba qurilmasi

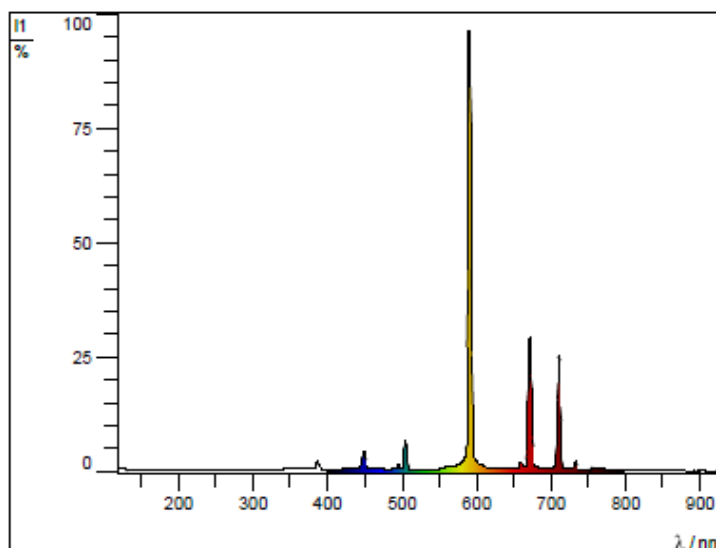
- Endi uzun optik stendni, dasturiy ta'minotda ko'rsatilgandek, butun spektr VideoCom kompyuter tomonidan boshqariladigan displeyni to'ldirguniga qadar sharnirli birikma atrofida buring.
- Sharnirli birikmaning joriy burchagini, 3-rasmda ko'rsatilgandek ("nol nuqtani siljitish" maydoni), dasturiy ta'minotga joriy qiling, endi Sizning spektringiz 6-rasmdagi kabi ko'rinishga ega bo'lishi kerak. Burchak darajalari masshtabiga ega X o'qiga e'tibor qaring.
- Spektr o'rtasidagi ustuvor cho'qqi 587.56 nm sariq chiziqqa tegishlidir.
- O'ng tomondagi unchalik baland bo'lmagan, biroq shunga qaramay aniq ikkinchi cho'qqi 706.52 nm qizil chizig'idan iborat.
- Kalibrlashni yakunlagan holda, ushbu axborotni, 4-rasmda ko'rsatilgandek dasturiy ta'minotga joriy qiling. Sizning spektringiz 6-rasmdagi kabi ko'rinishga ega bo'lishi kerak (7-rasm).
- Spektrni saqlab qo'ying.
- Ushbu paytdan boshlab, kalibrlashni saqlash uchun optik stendni aylantirmang.
- Universal shtepselni uzib qo'ying va lampaning sovushini kuting.
- He-lampani Na-lampaga almashtiring.
- Lampani yopib qo'ying va universal shtepselni ulang.
- Na-lampaning spektr chizig'i to'liqini uzunligini aniqlash uchun He-lampa kalibridan foydalaning. Siz "cho'qqi markazini hisoblab chiqish" funksiyasidan foydalanishingiz mumkin.
- Na lampa 8-rasmdagi kabi ko'rinishga ega bo'ladi.

Ikkinchi qism

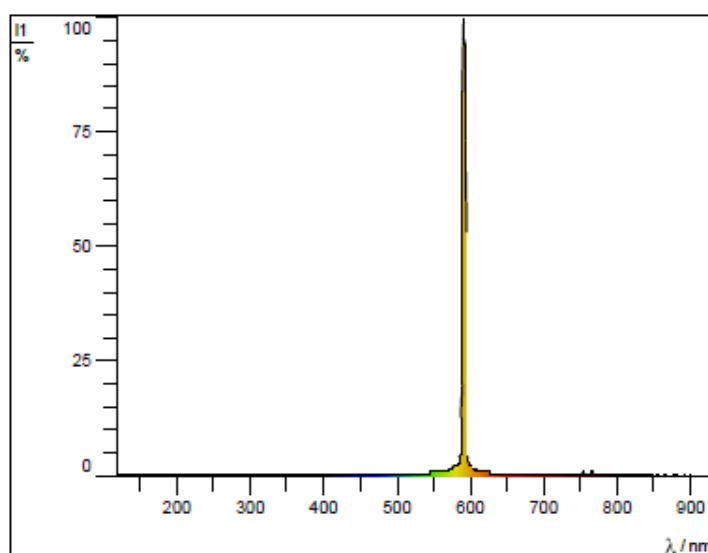
- Endi VideoCom old qismidagi linzani yechib oling.
- VideoComni panjaradan optik stend bo'ylab maksimal signal olish uzunligiga siljiting.
- Zarur hollarda, CCDda qo'sh sariq chiziqni saqlash uchun optik stendni buring.
- Yangi kalibrlash uchun panjara va VideoCom o'rtasida samarali fokus uzunligiga erishish maqsadida mm masofani joriy qiling.
- Yanada uzunroq masofa sababli sariq rangli Na-chizig'i endi parchalanadi. Aks holda, ikkita maksimum ko'ringungacha tirqish kengligini kamaytiring.
- Sariq rangli Na-chizig'i parchalanishini yozib qo'ying. Har bir maksimum uchun to'lqin uzunligini o'lchang. 10-rasm bilan solishtiring.



6-rasm. Kalibrlanmagan He-spektri. X o'qi ° darajada



7-rasm. Kalibrlangan He-spektri. X o'qi endi nm.da



8-rasm. Natriyli (Na) -lampaning kalibrlangan spektri

- Universal shlepselni uzib qo'ying.
- Agar Siz qo'shimcha lampalar xarid qilgan bo'lsangiz, birinchi qismda tavsiflangan tartibni davom ettiring.

O'lchovlarni o'tkazishga misol

Geliyli spektral lampa bilan kalibrlash

Nol nuqtani siljitish	20,83°
O'zgarmas panjara	638.6 mm ⁻¹
22.42° muvofiq keladi	587.56 nm
27.20° muvofiq keladi	706,52 nm
Samarali fokus uzunligi	50 mm
Maksimum tartibi	1

Sariq natriyli chiziqlarni o'lchash

Sariq chiziq, f=50 mm	591.01nm
Qizil chiziq, f=1113 mm	589.62 nm
Chap chiziq, f=1113 mm	589.04 nm

Baholash

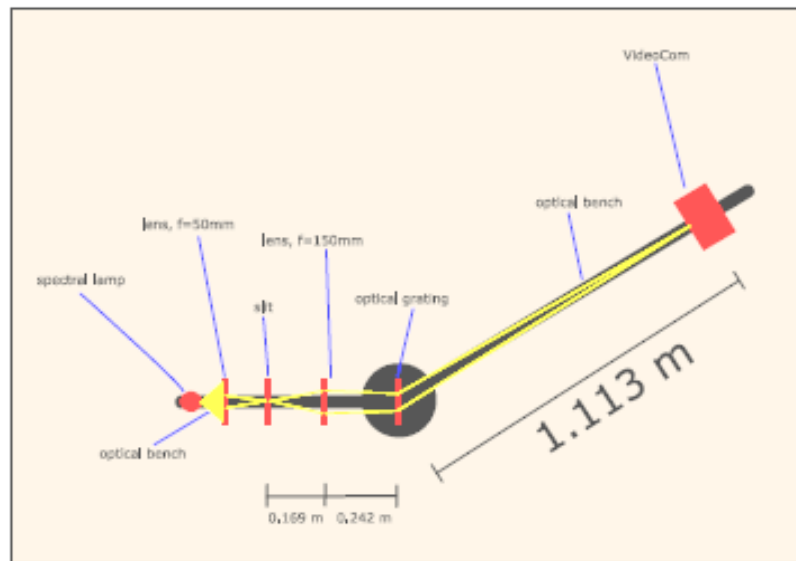
Tiniqlik darajasini hisoblab chiqish

Obyekt va tasvir o'rtasidagi masshtabli koeffitsiyent $\frac{b}{g}$ ((2) tenglamaga qarang) natijada,

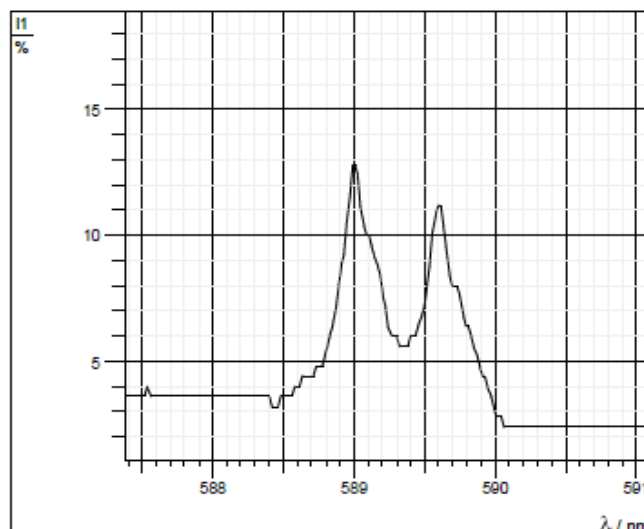
bizning hisoblab chiqish misolimizda, quyidagilarni hosil qiladi: $\frac{111,3 \text{ sm} + 24,2 \text{ sm}}{16,9 \text{ sm}} = 8,01$.

Tirqish taxminan 0.05 mm kenglikka ega.

VideoComda kompyuter tomonidan boshqariladigan displey elementi har biri 14 pm kenglikdagi piksellardan iborat. Bu bir millimetrda taxminan "71.43"ni tashkil etadi. Optika hisobga olingan holda, VideoComdagi nur tasviri 0.4 mm kenglikka ega bo'lib, bu taxminan 29 pikselni qamrab oladi. Panjara va (I) formula hisobiga kompyuter tomonidan boshqariladigan displeydagi ikkita maksimum natriyli chiziq masofasi 0.5 mm.ni tashkil etadi. Hisob-kitoblar ko'rsatishicha, ikkita natriyli chiziqni 588.99 nm va 589.59 nm.ga aniq ajratish mumkin.



9-rasm. Qurilma chizmasi



10-rasm. Tirqish kengligi kichikligi oqibatida juda kichik jadallik bilan o'lgangan sariq rangli qo'sh natriy chizig'i

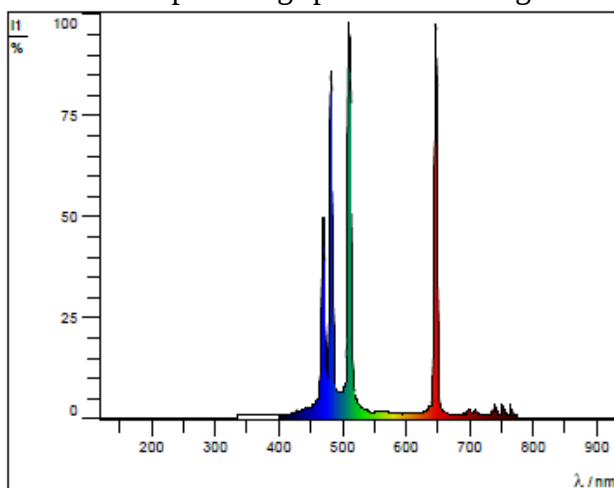
Natija

Har bir lampa uchun chiqariladigan chiziqlarni yozib qo'yish kerak, shu tarzda ularni spektrga qarab osonlik bilan farqlash mumkin bo'ladi. Ushbu farqlar har bir element uchun turli energiya darajalariga ega atomlar pastki qobiqlaridagi elektronlar pasayishi sababli paydo

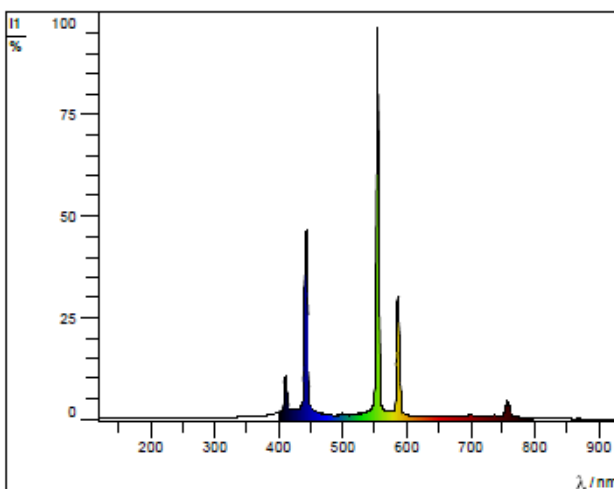
bo'ladi. Spektrometr tiniqligi samarali fokus uzunligiga bog'liq. VideoComga mahkamlangan kamera linzalaridan foydalanilganda, samarali fokus uzunligi VideoCom optik stend bo'ylab harakatlanganda o'zgaras bo'lib qoladi va taalluqli ravishda, tiniqlik avvalgidek saqlanib qoladi, faqat spektral chiziqlar kengroq ko'rinish oladi. Kamera linzalarsiz, VideoCom samarali fokus uzunligi panjara va VideoCom o'rtasidagi masofaga teng. Bu, agar masofa uzaytirilsa, biroq spektr kompyuter tomonidan boshqariladigan displeyga nisbatan kengroq bo'lsa eng yaxshi tiniqlikka olib keladi, shu tufayli to'liq ko'rinishga ega bo'lmaydi.

Shu tufayli o'rnatilgan kamera linzalarida qo'sh natriyli chiziqni 588.99 nm va 589.59 nm.ga ajratish mumkin emas, chunki taxminan 5 nm kamera linzalariga ega VideoComning tiniqlashtirish imkoniyati yetarlicha emas (9-rasmga qarang). Garchi, linzalarsiz, 1.113 m masofa va tirqishning juda kichik kengligi sharoitida tiniqlashtirish imkoniyati taxminan 0.4 nm.ni tashkil etadi, shuning uchun ikkita sariq rangli natriyli chiziq parchalanishini aniq kuzatish mumkin (10-rasmga qarang). Shu tufayli linzalar va VideoCom o'rtasidagi samarali masofani 50 mm.dan 1.113 m.gacha oshirish orqali oldingiga nisbatan o'n marta yaxshiroq tiniqlikka erishish mumkin. Boshqa tomondan, mazkur tuzilmada kompositsion spektrning faqat kichik qismini ko'rish mumkin.

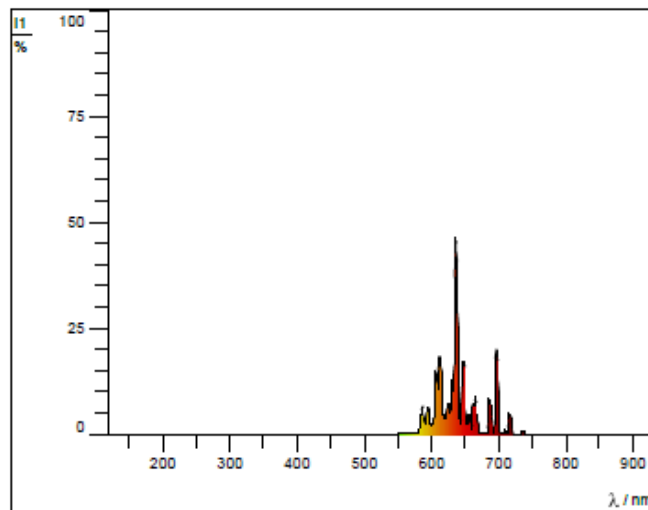
O'ng tomondagi spektrlar qo'shimcha spektral lampalarni o'lchash natijalari hisoblanadi. Bu yerda qayd etilmagan talliy spektri bor-yo'g'i bitta 535 nm uzunlikka ega yashil rangli chiziqdan iborat. Zarur hollarda, barcha foydalanilgan elementlarning spektral ma'lumotlarini, masalan, Milliy standartlar va texnologiyalar instituti atom spektrlari ma'lumotlar bazasidan olish mumkin. Quyida bir nechta lampalarning spektrlari keltirilgan.



11-rasm. Kadmiyli spektral lampa spektri



12-rasm. Simobli spektral lampa spektri



13-rasm. Neonli spektral lampa spektri

Nazorat savollar

1. Ishning maqsadi va bajarilish tartibini tushuntiring
2. Difraksiyon spektrometrni yig'ishni tushuntiring
3. Spektrometrlarning turlari va qo'llanilishini tushuntiring
4. Turli inert gazlar va metallar bug'lari spektral chiziqlarini kuzatishni tushuntiring
5. Spektral chiziqlar to'lqin uzunligi va jadalligini o'lchashni tushuntiring

17-LABORATORIYA ISHI

Rangli suyuqlikning yutilish spektrini o'rganish

Ishning maqsadi: To'g'ri ko'rish yo'nalishli prizma bilan spektrlarni tadqiq qilish, rangli suyuqlikdan o'tayotgan yorug'lik spektrini tahlil qilish.

Kerakli asboblari: Optik stol S1 profil 1 m, qisqichli riyder qisqichi bilan, transformator 6/12 V, lampa patroni kabeli bilan, lampalar 6 V/30 W, E14, 2 komplekt, diafragma tutgichli kondenser, ramkali linza $f=100$ mm, prizma stoli, shisha stakan–kyuveyta, yo'naltiruvchi prizma, ekran, fukusin, 250 g.

Ishning nazariy qismi: a) Yutilish. Yorug'lik nuri vakuumda intensivligi va qutblanishi o'zgarmaydi. Nur yo'liga qo'yilgan plastinka yoki filtrlar bir qancha effektlarni hosil qiladi. Birinchidan, plastinka yoki filtr yorug'lik nurini bir qism energiyasini boshqa turdagi energiyaga masalan, issiqlikka aylantirishi mumkin. Bu hodisaga yutilish deyiladi. Ikkinchidan, ular tushayotgan nurlanish energiyasining bir qismini ajratib barcha yo'nalishlar bo'ylab chastotasini o'zgartirmasdan sochadi. Bu hodisaga elastik sochilish deyiladi. Umuman olganda nurni tushish yo'nalishi va qutblanishidan farq qiluvchi boshqa yo'nalishda sochadi.

Yutilish va sochilish natijasida tushayotgan nur energiyasi yutilgan va sochilgan nur energiyasiga teng miqdorda kamayadi. Bu yoqotilish so'nish deyiladi. Bu so'nish darajasi tushayotgan nur qutblanishi tashkil qiluvchilari uchun turlicha bo'lishi mumkin. Bu hodisa dixroizm deyiladi va bu hodisa nurning plastinka yoki filtdan o'tgandan keyin nurning qutblanganlik holatini o'zgartirishi mumkin.

b) Shaffoflik yorug'lik intensivligining plastinka yoki filtdan o'tgandan keyingi va oldingi qiymatlari nisbati bilan belgilanadi. Shaffoflik quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

bu erda I_0 dastlabki intensivlik va I nurning plastinka yoki filtdan o'tgandan keyingi intensivligi. Shaffoflik yorug'likning plastinka yoki filtdan necha foizi o'tganligini ko'rsatadi.

Plastinka yoki filtrning shaffofligi 50% deyilsa, demak ularda yorug'lik intensivligi ikki marta kamayadi. Shaffoflik (T) va yutilish (A) o'rtasida quyidagicha bog'lanish mavjud:

$$A = \log_{10}\left(\frac{1}{T}\right) \quad (2)$$

Birinchidan, agar ma'lum to'lqin uzunlikli yorug'lik nuri biror miqdorda aralashmali eritmadan o'tganda fotonlar ko'p bo'lmagan miqdordagi yutuvchi kimyoviy birikmalar bilan to'qnashadi va mos holda yuqori shaffoflikni va past spektral yutilishni kutishimiz mumkin. Agar shu nur konsentratsiyasi yuqori bo'lgan eritmadan o'tsa fotonlar ko'p miqdordagi yutuvchi kimyoviy birikmalar bilan to'qnashadi va mos holda past shaffoflikni va yuqori spektral yutilishni kutishimiz mumkin. Shunday qilib spektral yutilish namuna konsentratsiyasiga bog'liq.

Ikkinchidan, agar nur namunada uzoq yo'l o'tsa o'tkazish koeffitsiyenti past va spektral yutilishli katta bo'ladi, hamda nur namunada kam yo'lni o'tsa o'tkazish koeffitsiyenti yuqori va spektral yutilish kichik bo'ladi. Bu ikki mulohaza quyidagi proporsionallikka olib keladi:

$$A = k \cdot l \cdot c \quad (3)$$

Bu erda, k proporsionallik koeffitsiyenti, l nur yo'li uzunligi va c yutuvchi material konsentratsiyasi. Nur yo'li santimetrlarda, yutuvchi birikmalar konsentratsiyasi mollarda o'lchanganda proporsionallik koeffitsiyentini molyar yutilish qobiliyati deyish mumkin va proporsionallik **Buger-Lambert-Beyer** qonuniga aylanadi:

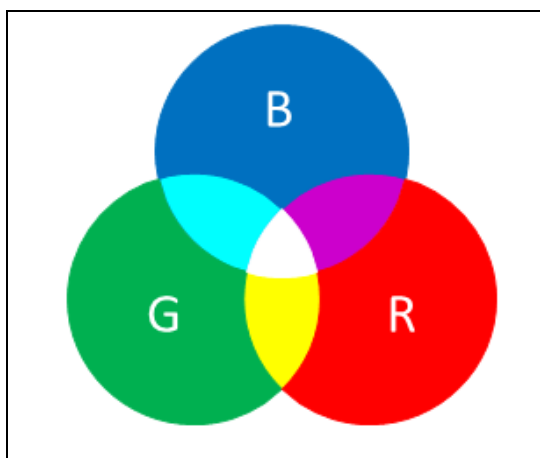
$$A = \varepsilon \cdot l \cdot c \quad (4)$$

Ranglarni shakllanish modellari

Har bir rang modelida ranglarni tavsiflashning o'z usuli mavjud. Har bir rang modelida turlicha rang gammasiga ega bo'lgan turlicha rang kengligi mavjud. Masalan, RGB modelidagi RGB rang gammasi Adobe RGB modelidagi rang gammasidan farq qiladi.

Shuningdek, tasvir hosil qilish (monitorlar, televizor ekranlari) yoki printer kabi tasvir chop qilish qurilmalarida ham o'z rang modeli va rang gammasi mavjud. Ekranda raqamli tasvirning hosil qilinishini, keyin tasvirning chop qilinishini ko'rib chiqaylik. Ekranda ko'ringan tasvirdagi alohida ranglar printerda chop qilinganda o'zgarishi mumkin, chunki printer boshqacha o'ziga xos rang modeli va rang gammasiga asosan chop qiladi.

RGB rang modeli RGB rang modelida (RGB=Red-qizil, Green-yashil, Blue-ko'k) barcha ranglar uchta qizil, yashil va sariq ranglarning qo'shilishidan hosil qilinadi. Demak, bizda faqat 3 ta asosiy rang bor bo'lib, qolgan barcha ranglar shu uchta rangni aralashtirishdan hosil qilinadi. Agar biz qizil va yashil ranglarni aralashtirsak sariq, qizil va ko'kni aralashtirsak binafsha rang, ko'k va yashilni aralashtirsak havo rangni olamiz. 1-rasmga qarang.



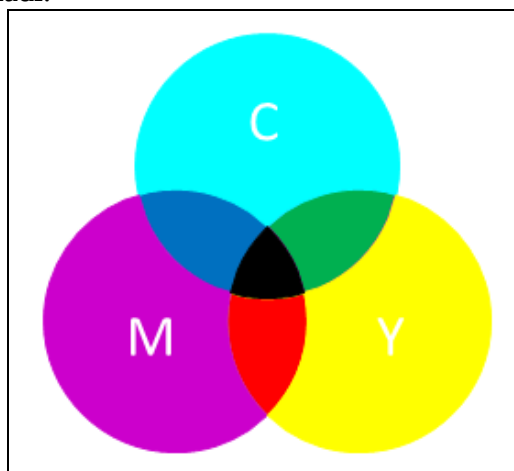
1-rasm. RGB rang modeli: Red-qizil, Green-yashil va Blue-ko'k

Agar barcha uchta rangni ham aralashtirsak oq rangni olamiz, uchta rangning birortasi bo'lmasa qora rangni olamiz. Elementar ranglar qo'shilishi bilan hosil qilingan rang aralashgan rang deyiladi.

3 asosiy rangning har biri 0 da 255 gacha qiymatga ega. Har bir asosiy rang 255 ta darajaga ega. Agar 3 rangning barchasi 0 darajada bo'lsa ularning yig'indisi qora rangni beradi. Agar barchasining darajasi 255 ga teng bo'lsa oq rangni olamiz. Agar 3 asosiy ranglarda birining darajasi 255 ga boshqalariniki 0 ga teng bo'lsa, biz sof birinchi rangga ega bo'lamiz. Grafik dasturlarda, asosiy ranglar rang kanallari bilan tavsiflanib unda rang haqida ma'lumotlar saqlanadi. Barcha asosiy uchta qizil, yashil va ko'k ranglardagi barcha 256 ta rang tonlarini ko'paytirib (256x256x256) nazariy jihatdan 16.7 million rang gradatsiyalarini hosil qilish mumkin.

CMYK rang modeli. CMYK modelda asosiy ranglar Cyan-havorang, Magenta-pushti rang, Yellow-sariq va Black-qora ranglardan iborat. K-qora rangni bildirib, qora rangni beruvchi kalitni (barcha rangni uzuvchi) bildiradi. Rangli torli va lazerli printerlar asosan CMYK ranglar bilan ishlaydi. Suyuq ranglarni aralastirish subtraktli rang aralashtirish deyiladi.

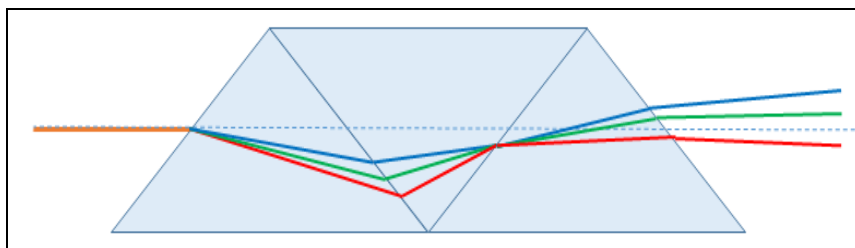
Ranglarning subtraktiv aralashtirish o'zidan nur chiqarmaydigan jismlarda sodir bo'ladi. Subtraktiv rang aralashtirishda rang quyidagicha paydo bo'ladi, jism yoki filtrdagi rang pigmentlari rang tashkil qiluvchilarining ba'zilarini yutadi qolganini ekranga qaytaradi. Masalan sariq rang RGB model kabi asosiy ranglar qizil va yashil ranglarni qo'shishdan hosil qilinmaydi. Subtraktiv rang aralashtirishda sariq rang qizil va pushti ranglarni olib tashlash bilan 2-rasmda ko'rsatilgani kabi hosil qilinadi.



2-rasm. CMYK rang modeli: Cyan-havo rang, Magenta-pushti rang va Yellow-sariq, k-qora

Agar biz oq tabiiy nurning yashil tashkil qiluvchini filtrlab olib tashlasak pushti rang hosil bo'ladi. Ko'k rangni filtrlash sariq rangning paydo bo'lishiga olib keladi. Mana shu uch rangdan CMYK (cyan, magenta, yellow) rang modeli tashkil topadi va barcha ranglar spektri mana shu asosiy ranglarni kerakli miqdorda aralashtirish bilan hosil qilinadi.

To'g'ri ko'rishli prizma. Prizma sirtiga tushayotgan nur sinadi, chunki nur sirtida ikkinchi muhitga o'tadi. Muhitning sindirish ko'rsatkichining tushayotgan nur to'lqin uzunligiga va chastotasiga bog'liqligiga dispersiya deyiladi. Ko'pgina moddalar qisqa to'lqin uzunlikli yorug'lik nurini uzun to'lqin uzunlikli yorug'lik nurga qaraganda ko'proq sindiradi. Ko'k nur qizil nurga qaraganda ko'proq sinadi. Shunday qilib prizma yorug'lik nurini to'lqin uzunligiga qarab ajratadi. Ayniqsa spektroskopiyada to'g'ri ko'rish yo'nalishli prizmalar juda muhim hisoblanadi. Bu prizma sindirish ko'rsatkichi turlicha bo'lgan bir-biriga ketma-ket joylashtirilgan uchta yoki beshta prizmalardan iborat bo'ladi. Ko'p uchraydigan tipik tuzilish ketma-ketligi masalan, optik shisha, kronglas, optik shisha.



3-rasm. To'g'ri ko'rishli prizma tuzilishi

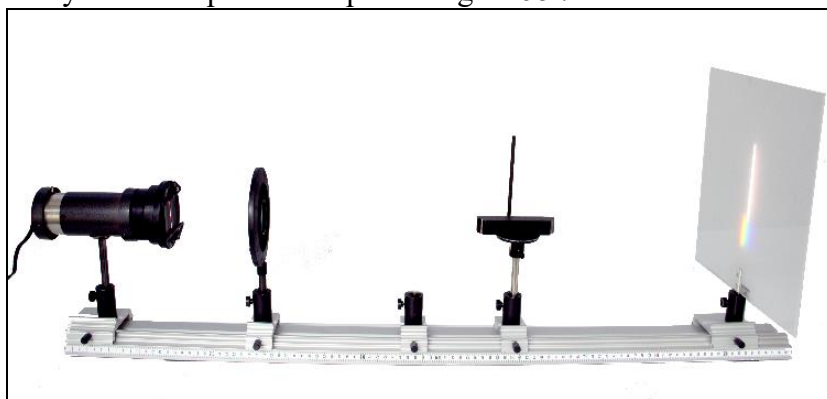
To'g'ri ko'rishli prizma afzalligi shundaki, sodda tuzilishga ega va chiqishdagi nurlar kiruvchi nurga va prizma o'qiga (asosiga) parallel chiqadi. Ko'rish yo'nalishli prizma tuzilishi 3-rasmda keltirilgan. Bu yerdan ko'rinadiki yashil nur kirish nuriga eng parallel nur hisoblanadi.

Tajriba uchun qurilmani sozlash

Rangli suyuqlikning yutilish spektri xossalarini o'lchash va ko'rish mazkur tajribada amalga oshiriladi:

1-Tajriba:

Bu tajribada ko'rish yo'nalishli prizmada spektr o'rganiladi.



4-rasm. Yorug'lik nuri spektrini tahlil qilish qurilmasi

Dastlab, patronga 6 V/30 W lampani qo'ying. Lampa ro'parasiga diafragma tutgichi kondensorni shunday joylashtiringki tutgich 5-rasmdagi kabi vertikal bo'lsin. Keyin asosga diafragma tutgichi o'rnatilgan taglik-surgichni o'rning.



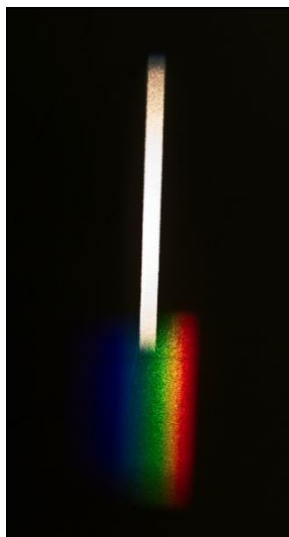
5-rasm. Diafragma tutgichi va kondensor o'rnatilgan lampa

Lampani relsning eng chap chekkasiga o'rning. Endi ramkali linzani ($f=100$ mm) lampadan keyin o'rning. Linzani shunday suringki tirqishning aniq tasviri ekranda paydo bo'lsin. Har bir optik asbob bir xil balandlikdaligiga e'tibor qiling. Ish tartibida asboblarni quyidagicha masofalarda joylashtiriladi: lamp patroni tutgichi– linza tutgichi: 19 sm. Linza tutgichi – ekran tutgichi: 49 sm.

Keyingi bosqichda ko'rish yo'nalishli prizmani nur yo'liga qo'ying. Shuning uchun prizma stoli va ekran orasini yoping. Prizma stoli tutgichi – ekran tutgichi: 23 sm. Endi ko'rish

yo'nalishli prizmani nur yo'liga shunday qo'yingki nur prizma sirtiga 6-rasmda ko'rsatilgani kabi tushsin. Nur prizma o'qlariga parallel bo'lishi kerakligini yodda tuting.

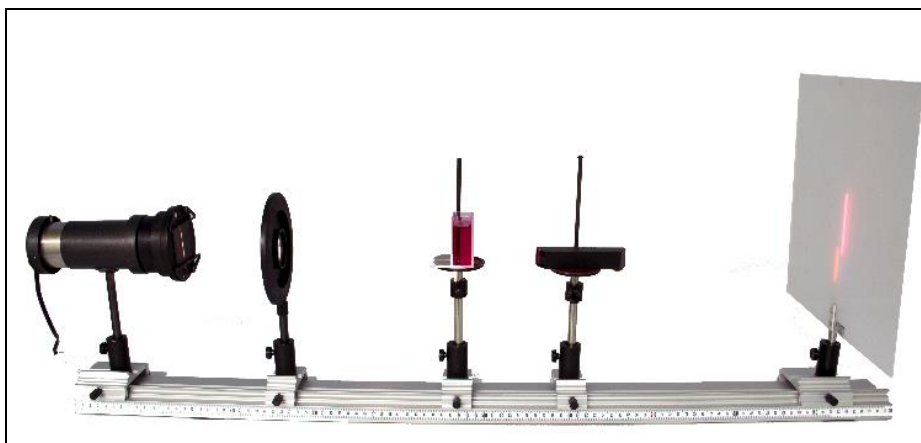
Bir vaqtning o'zida to'g'ridan to'g'ri tushayotgan nurni va spektrni ekranda ko'rish uchun prizmalı stol ozroq pastlatilishi zarur. Yorug'lik nuri dastasining yuqorigi yarmi linza ustidan, pastki yarmi linza ichidan o'tishi lozim. Natija 7-rasmda ko'rsatilgan.



6-rasm. Nurning prizma sirtiga tushishi

2-tajriba:

Bu tajribada rangli suyuqlik spektri tadqiq qilinadi.

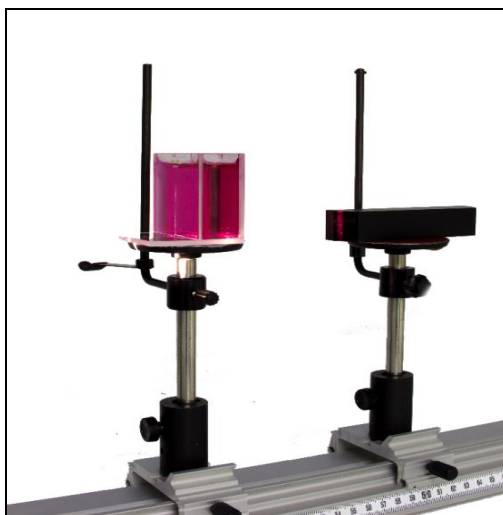


7-rasm. Rangli suyuqlik spektrini tadqiq qilish qurilmasi

Rangli suyuqlikni tayyorlash

Fuksinli qizil-binafsha rangli eritmani tayyorlash: qizil-binafsha rangli eritma olish uchun menzurkaga fuksin kukuni solinadi va 50 ml suv quyiladi. Agar eritma juda ham past rangli yoki juda ham qizg'ish bo'lib ketsa, zarur rang olish uchun ko'proq fukusin yoki erituvchi suv qo'shiladi. 8-rasmda ishga tayyor eritma rangi keltirilgan. Bu tajriba uchun qurilma tarkibi birinchi tajribadagi bilan mos tushadi. Shu bilan birga, bu qurilmada ikkinchi prizmalı stol linza va prizma orasiga 8-rasmdagi kabi o'rnatiladi.

Endi kyuvetani rangli suyuqlik bilan to'ldirish va kyuvetani prizmalı stolga qo'yish mumkin. Kyuvetani prujinali qisqich bilan mahkamlang. Kyuveta uchun ikkita o'rnatish holati mavjud: 8- va 9- rasmlarda ko'rsatilgani kabi ko'ndalang va bo'ylama holatlar.



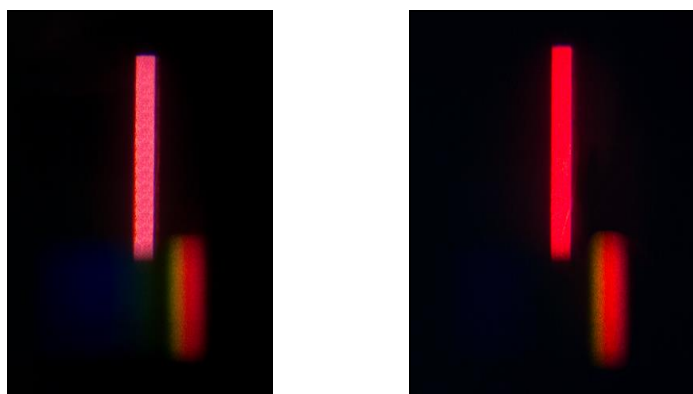
8-rasm. Qizil-binafsha rangli fuksin



9-rasm. Qizil-binafsha rangli fuksinli eritmaning ko'ndalang joylashuvi, bo'ylama joylashuvi

Natijalar:

Fuksinli qizil-binafsha bo'yoqli eritma spektri 10-rasmda keltirilgan.

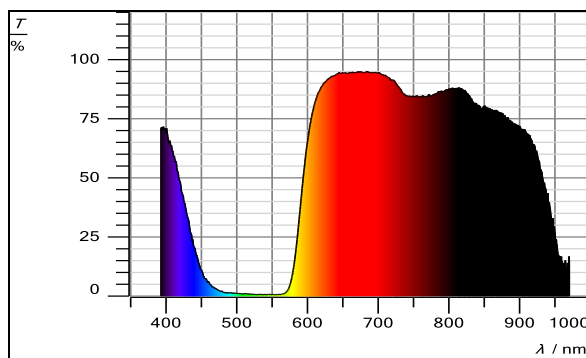


10-rasm. Fuksinli qizil-binafsha eritma spektri. Ko'ndalang va bo'ylama holatlarda

Ikkala spektrda ham yashil rang yo'q, natijaviy rang olov rang. Qo'shimcha ranglar yutiladi va boshqalari o'tkaziladi.

Ko'ndalang holatda ko'k rang ko'proq yutiladi va natijaviy rang esa qizil.

10-rasmda kameraning sezgirligi tufayli ko'k rang deyarli ko'rinmaydi.



11-rasm. Fuksinli qizil binafsha eritmaning yorug'likni o'tkazish koeffitsiyenti

11-rasm 467251-raqamli spektrometrda olingan batafsilroq spektr sifatida keltirilgan. Bu yerda yashil rang yutilishini va yutilish sohasining kengligini ko'ramiz. Ko'k va qizil ranglar fuksinda katta yutilishlarsiz o'tmoqda.

Nazorat savollar

1. Yutilish. Bureer-Beer formulasini keltirib chiqaring
2. Spektr va uning turlari haqida gapiring
3. Normal va anomal dispersiyani tushuntiring
4. Ranglarning hosil bo'lish tavsifini tushuntiring

18-LABORATORIYA ISHI

Suyuqliklarni sindirish ko'rsatkichini va dispersiyasini aniqlash

Ishning maqsadi: Turli suyuqliklarning sindirish ko'rsatkichini solishtirish va hisoblash, Suyuqliklarda yorug'lik dispersiyasini tahlil qilish.

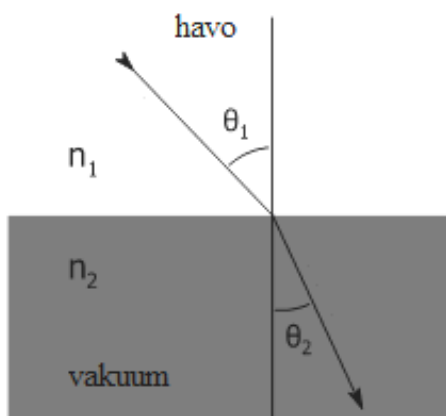
Kerakli asboblari: G'ovak prizma, prizma stoli, lampatroni kabeli bilan, lampalar 6V/30W, E14, 2 komplekt, diafragma tutgichli kondensator, transformator 6/12 V, prujina qisqichli tutgich, yorug'lik filtri qizil, yorug'lik filtri sarg'ish-yashil, yorug'lik filtri ko'kish-binafsha rang, ramkali linza $f=150$ mm, optik stul S1 profil 1 m, qisqichli rider 45/35, po'lat o'lchash lentasi 2 m, voronka, toluol 250 ml, skipidar tozalangan 250 ml, etilsinnamat 100 ml.

Ishning nazariy qismi: Oq yorug'likning ranglarga ajratilishi birinchilardan bo'lib Isaak Nyuton tomonidan o'rganilgan. Yorug'lik nuri sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan ikkita material chegarasiga tushganda yorug'lik sinish qonuni asosida sinadi (1-rasmga qarang):

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} \quad (1)$$

bu yerda n_1 va n_2 mos holda 1 va 2 materiallar sindirish ko'rsatkichi, θ_1 va θ_2 burchaklar ikki material chegarasiga o'tkazilgan normalga nisbatan tushish va sinish burchaklari. Havoning sindirish ko'rsatkichi taqriban birga teng, vakuumniki esa aniq birga teng. Shuning uchun nur havodan biror materialga o'tganida sinish qonuni quyidagicha bo'ladi:

$$n \approx \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \quad (2)$$



1-rasm. Sinish qonuni bo'yicha sinish.

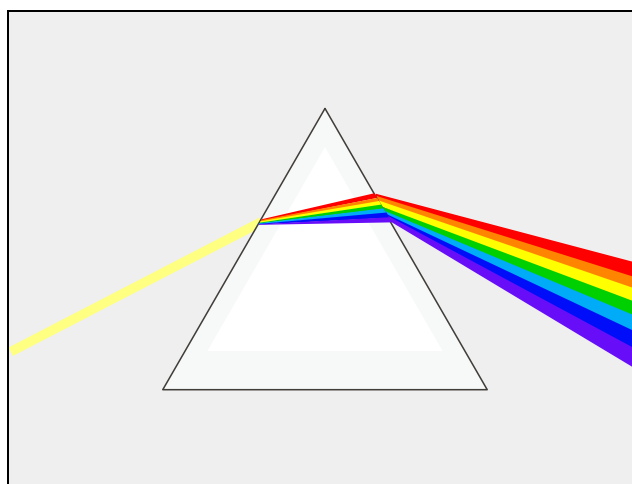
Sindirish ko'rsatkichi quyidagicha aniqlanadi

$$n = \sqrt{\varepsilon_r \mu_r} \quad (3)$$

Bu yerda ε_r dielektrik singdiruvchanlik va μ_r magnit singdiruvchanlik.

Sindirish ko'rsatkichi n ma'lum darajada ko'rish sohasidan tashqarida yutilish polosalariga bog'liq, n ning chastotaga bog'liqligi Kramer-Kroning bog'liqligi deyiladi. Bu dispersiya hodisasiga olib keladi, n doimiy emas, to'lqin uzunligiga bog'liq ravishda o'zgaradi. (2-rasmga qarang).

Ammo, Nyuton taxmin qilganidek dispersiya va sinish o'rtasida chiziqli bog'liqlik yo'q. Ko'p hollarda bu to'g'ri, ammo ba'zi bir hollar borki unda katta sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan materiallar juda kichik dispersiyaga ega.



2-rasm. Prizma orqali dispersiya

Bunday materiallar linzalar uchun maqbul bo'lgan bo'lar edi. Berilgan materialning ko'rish sohasidagi sindirish xossasini tavsiflash uchun material turiga bog'liq ikkita doimiy aniqlanadi. Birinchisi, n_d -sariq (589 nm) ko'rish sohasining taxminan o'rtasiga to'g'ri keluvchi nur uchun. Ikkinchisi, dispersiya bilan bog'liq bo'lgan doimiy, spektr kengligidagi farq $n_F - n_C$. n_F ko'k Balmer chiziqlari uchun 486 nm va qizil (656 nm) nur uchun n_C .

Mazkur tajribada 4 xil turlicha suyuqliklar bilan to'ldirilgan uchburchak shaklli g'ovak prizmadan foydalanamiz. Prizmaning har bir burchagi 60° ga teng, shuning uchun agar yorug'lik nuri prizmaning ikkala tomoniga uchunchi tomoniga nisbatan parallel tushsa, n_{prizm} sinish burchagi α orqali quyidagi formula bilan topilishi mumkin:

$$n_{pris}(\lambda) \approx 2 \cdot \sin\left(30^\circ + \frac{\alpha(\lambda)}{2}\right) \quad (4)$$



3-rasm. Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasi 3-rasmda keltirilgan.

- To'rtta qisqichli riderlarni optik stolga o'rnatib, kattasini chap tomonga.
- Lampani qisqichli katta riderga o'rnatib va o'ng tomonga optik stol bo'ylab yo'naltirib.
- Lampaga diafragma tutgichi bor kondensorni o'rnatib va unga bir tirqishli diafragmani o'rnatib.
- Keyin chapdan boshlab o'ngga tutgich, ramali linzani optik stolga o'rnatib.
- G'ovak prizmani prizma stoliga o'rnatib, qopqog'ini yoping va qopqog'idagi tirqishga trubka joylashtirib.
- Transformatorni ta'minlash manbayiga ulang.
- Suv va spirt aralashtirib suyuqlikni o'lchash uchun tayyorlang.
- Mavjud yorug'lik filtrlarini tayyorlang.
- Optik stolni devorga perpendikulyar joylashtirib.
- Lampani transformatorga ulang.
- Devor va prizma o'rtasidagi masofani o'lchang va sinmagan nur tushayotgan devordagi nuqtani nol nuqta deb oling.
- Prizmani suv bilan to'ldirib.
- Nur prizmaning bir tomoniga parallel ravishda tarqalganida nurning sinishi minimal bo'lishigacha prizmani rostlang.
- Yorug'lik filtrlarini birma-bir tutgichga o'rnatib va har safar nol nuqta va spektr chizigi tushgan nuqta orasidagi masofani har safar o'lchang.
- Prizmani olib tashlang va uni ikkinchi suyuqlik uchun tayyorlang.
- Suv o'rniga spirt, skipidar va etilsinnamat solib tajribaning 4-7 bandlarini takrorlang.
- Lampani transformatoridan va transformatorni ta'minlash manbayidan uzib.

Foydalanilgandan keyin g'ovak prizma suyuqlikdan bo'shatilishi va qorong'i joyda saqlanishi zarur, chunki etilsinnamat uzoq vaqt yoritilsa quyuq holatga o'tib qoladi. Prizma suyuqlik bilan mutloq qorong'i joyda saqlansa ham, vaqt o'tishi bilan devorlari dog' bilan qoplanishi mumkin va bir necha yildan keyin dog' devorda qotib qoladi. Buning oldini olish uchun har safar tajribalardan keyin suyuqlikdan bo'shatilishi va suv bilan yuvilishi zarur. Prizma mutloq quruq bo'lganda etilsinnamat solish yaramaydi

Tajribaning borishi

Suyuqliklar nomi	Markazdan dispersiyagacha bo'lgan masofa sm		
	Qizili nur	Sariq nur	Ko'k nur
Suv	21,7	21,9	22,2
Spirt	23,9	24,1	24,5
Toluol	37,0	37,6	38,6
Skipidar		34,5	
Sinnamiketil spirti	44,5	45,6	48,8

Suyuqliklar nomi	Nur qo'sh sinish natijasida α° burchakka og'ishi		
	Qizili nur	Sariq nur	Ko'k nur
Suv	23,44	23,62	23,90
Spirt	25,61	25,69	26,08
Toluol	36,49	36,92	37,70
Skipidar	34,18	34,61	35,39
Sinnamiketilspirti	41,70	42,34	44,28

O'lchash namunasi va Baholash

Prizmagacha bo'lgan masofa: 0,5m

Endi nurlar orasidagi burchakni hisoblang

$$\alpha(\lambda) = tg \frac{d(\lambda)}{D} \quad (5)$$

Nur qo'sh sinish natijasida α burchakka buriladi:

Keyin n farqini (3) formula asosida hisoblang:

	Sindirish ko'rsatkichi n_D	$n_F - n_C$
Suv	1,33	0,006
Spirt	1,36	0,006
Toluol	1,50	0,014
Skipidar	1,47	0,014
Sinnamiketilspirti	1,56	0,028

Natija

Keltirilgan suyuqliklar orasida suvning sindirish ko'rsatkichi eng kichik bo'lsa, sinamiketilspirti sindirish ko'rsatkichi eng katta. Nazariyada keltirilgani kabi materiallar dispersiyasi nurning sinishiga to'g'ridan to'g'ri bog'liq emas, ammo ma'lum bir korrelatsiya mavjud.

Nazorat savollari

1. Ishning maqsadi va bajarilish tartibini tushuntiring
2. Ishda qo'llanilgan asbobning optik sxemasi va ishlash usulini tushuntiring
3. Geometrik optika qonunlarini tushuntiring
4. Nisbiy va absolyut sindirish ko'rsatkichi va uning fizik ma'nosi. U qaysi faktorlarga bog'liq bo'ladi?
5. To'la ichga qaytish hodisasi va uning amalda qo'llanilishi
6. Yorug'likning sinishini Gyuygens va Nyuton nazariyasi bo'yicha tushuntiring
7. Yorug'likni tabiati haqidagi hozirgi zamon tasavvurlari qanday?

19-LABORATORIYA ISHI

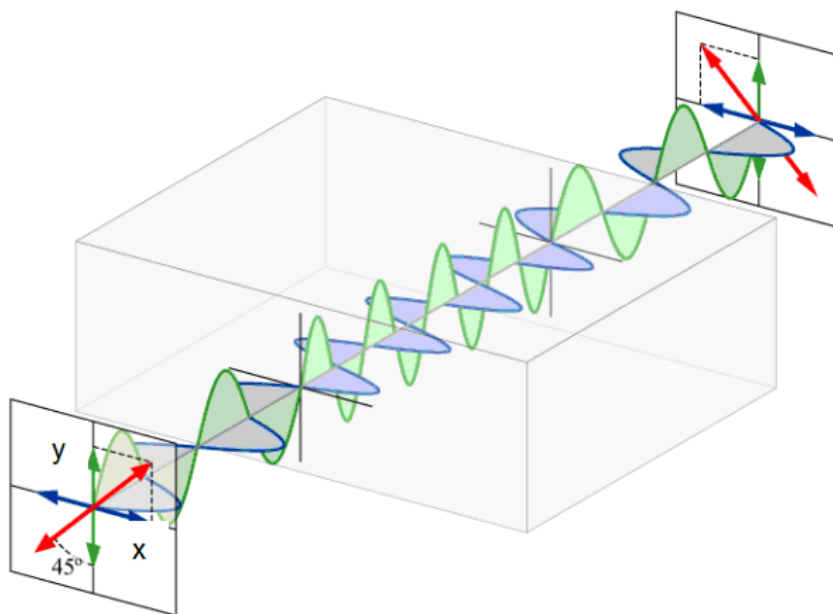
Chorak to'liqlik va yarim to'liqlik plastinka

Tajribaning maqsadi: Yorug'lik intensivligini analizator holatining funksiyasi sifatida o'lchash. Chorak to'liqlik plastinkani yorug'likning doiraviy qutblanishini olish uchun qo'llash.

Umumiy ma'lumotlar

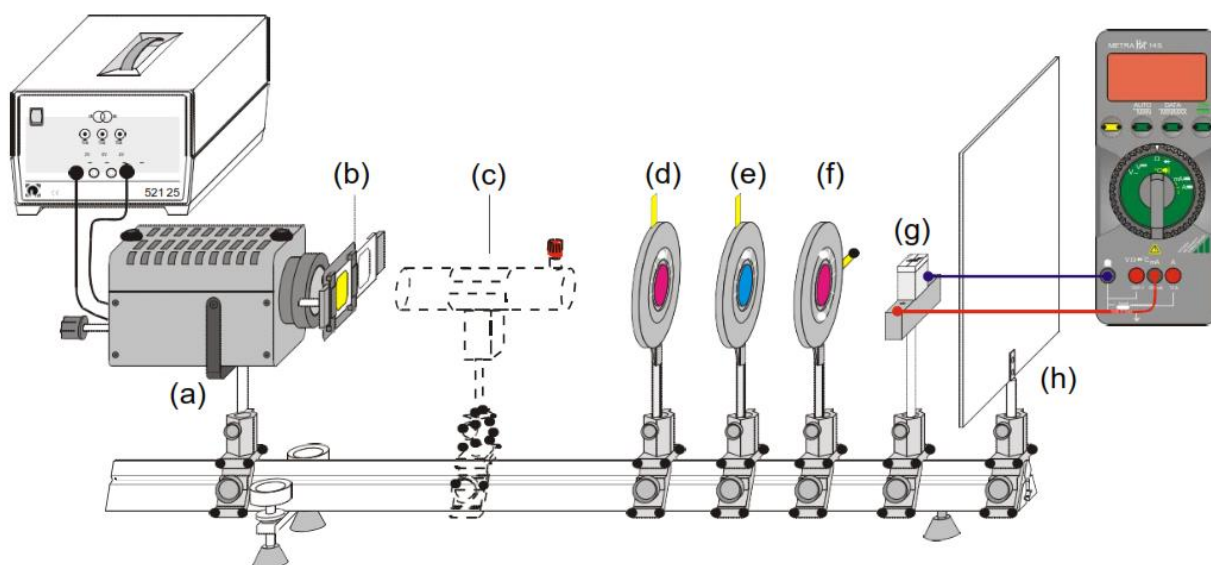
Chorak yoki yarim to'liqlik plastinka optik qurilma bo'lib o'zidan o'tayotgan yorug'lik nurining qutblanishini o'zgartiradi. Tipik to'liqlik plastinka oddiy ikki yoqlama sindiruvchi kristall yoki qalinligi puxta tanlangan ikki marta sindiruvchi polimer plyonkadir. Agar parallel yorug'lik nuri to'liqlik plastinkaga perpendikulyar tushsa, ikki marta sindirish xossasi tufayli yorug'lik nuri ikkita komponentga ajraladi. Bu ikki komponentning tebranish tekisliklari bir-biriga perpendikulyar va ularning fazaviy tezliklari bir-biridan biroz farq qiladi. Chorak to'liqlik plastinka uchun folganing qalinligi shunday tanlanganki, yorug'lik elektr maydoni komponentining vektori yorug'lik tarqalishi yo'nalishi atrofida yorug'lik chastotasiga teng tarzda aylanadi va boshqa perpendikulyar tebranayotgan yorug'lik komponentidan $\lambda/4$ fazaga orqada qoladi. Yarim to'liqlik plastinka uchun qalinlik shunday tanlanganki, yuzaga keladigan $\lambda/2$ qiymatga ega bo'ladi.

Bu tajribada monoxromatik yorug'lik chorak to'liqlik, yarim to'liqlik plastinkaga tushadi. Chiqayotgan yorug'likning qutblanishi to'liqlik plastinkalar optik o'qi bilan tushayotgan yorug'lik yo'nalishi orasidagi turli burchaklarda tadqiq qilinadi.



1-rasm. Yarim to'liqlik plastinka sxemasi. To'liqlik plastinkaga kirayotgan chiziqli qutblangan yorug'lik to'liqlik plastinkaning optik o'qida ikkita to'liqlik ajralishi mumkin, parallel (yashil rangda tasvirlangan) va perpendikulyar (ko'k). Plastinkaga parallel to'liqlik perpendikulyar to'liqlikga nisbatan ancha sekinroq tarqaladi. Plastinkaning qarama-qarshi tarafida parallel to'liqlik perpendikulyar to'liqlikga nisbatan aniq yarim to'liqlik uzunligiga tutib qolinadi.

Kerakli asboblari: Chorak to'liqlik plastinka, yarim to'liqlik plastinka, qutbloviy filtr, sariq yorug'lik filtri, kremniyli fotoelement, almashinadigan elementlar uchun tutqich, multimetr METRAH Pro, yarim shaffof ekran, standart kesimli optik kursi 1 m, optik nasadka 60/34, galogen lampa 12 V, 50/90 Vt, galogen lampa 12 V / 90 Vt, tasvir uchun siljitgich, aylantirgich 2 12 V, 120 Vt, juft sim 100 sm, qizil/ko'k.



2-rasm. Tajriba qurilmasining ko‘rinishi. (a) gologen lamp, (b) filtrli slayder, (c) issiqlikdan himoyalovchi filtr, (d) qutblovchi plastinka, (e) $\lambda/4$ yoki $\lambda/2$ to‘lqinli plastinka, (f) analizator, (g) Si-fotoelement, (h) yarim shaffof ekran

Nur yo‘li bo‘yicha izohlar:

-Galogen lampadan (a) chiqayotgan yorug‘lik, kondensorda (b) konsentrsiyalanadi va optik komponentlarni qizishdan saqlash uchun xizmat qiladigan issiqlikka chidamli filtdan o‘tadi.

-Bundan tashqari fotoelementda namoyon bo‘ladigan katta fon nurlanishi signalini yuzaga keltiradigan infraqizil nurlanishni susaytiruvchi suv bilan to‘ldirilgan

(2-rasm da punktir chiziqlar bilan ko‘rsatilgan) issiqlikdan saqlovchi filtr qo‘llanilishi mumkin. Optik yustirovka:

-Lampa korpusiga kondensor va tasvir uchun siljitgich mahkamlang va akslantiruvchi ko‘zguli galogen lampani (a) o‘rnating.

-Tasvir uchun siljitgichdagi issiqlik filtri oldiga sariq yorug‘lik filtrini qo‘ying.

-Optik kursiga polarizator, $\lambda/4$ - plastinkani va analizatorni 2-rasmda keltirilganidek o‘rnating. Polarizator va galogen lamp orasidagi masofa taxminan 20 dan 30 sm gachani tashkil qiladi.

-Kremniyli fotoelementni analizator orqasiga o‘rnating va yorug‘lik nuri yo‘lini shunday sozlangki, fotoelement yaxshi yoritilsin.

- Galogen lampani tutib turgichni aylantirish orqali yorug‘lik sozlanishi mumkin. Kremniyli fotoelement markazida joylashtirilgan kichik oq varaqda (g) lampa spiralining yorqin tasvirini hosil qiling.

Izoh: 2-rasmda tasvirlangan yarim shaffof ekran, tajribani sifatli bajarish uchun qo‘llaniladi.

Texnika xavfsizligi bo‘yicha eslatmalar

Ish davomida turli filtrlar qizib ketib shikastlanishiga yo‘l qo‘ymang.

- Qutblovchi filtrni to‘g‘ridan-to‘g‘ri yorug‘lik manbasining oldiga o‘rnatmang. Diaxronik polimer plyonkaning qizib shikastlanishini oldini olish uchun issiqlikdan himoyalovchi filtdan foydalaning

- Folga qizib ketish natijasida ikki marta sindirishni oldini olish uchun chorak to‘lqinli yoki yarim to‘lqinli plastinkalarni bevosita issiq yorug‘lik manbasi oldiga o‘rnatmang.

- Fototokni o‘lchash uchun kremniyli fotoelementni multimetr bilan qizil-ko‘k kabel juftligi orqali ulang.

Izoh: fototok yorug‘lik intensivligiga proporsional. Yorug‘lik intensivligi elektr maydoni vektori kvadratiga proporsional $I \sim E^2$.

Tajri bani o‘tkazish

a) Chorak to‘lqinli plastinka:

- Chorak to‘lqinli plastinkani olib tashlang va polarizatorni nol holatga o‘rnating

- Yorug'lik intensivligini analizator o'rni funksiyasi sifatida -90° dan 90° gacha diapazonda o'lchang.
- Optik kursidagi polarizator bilan analizator oralig'iga chorak to'liqlik plastinkani o'rning.
- Yorug'lik intensivligini analizator o'rni funksiyasi sifatida (ya'ni. 0° , 30° , 45° va 60° burchaklarda) -90 dan 90° gacha diapazonda o'lchang.

b) yarim to'liqlik plastinka:

- Polarizatorni nol holatga o'rning.
- Optik kursidagi polarizator bilan analizator oralig'iga yarim to'liqlik plastinkani o'rning.
- Yorug'lik intensivligini analizator o'rni funksiyasi sifatida (ya'ni. 0° , 30° , 45° va 60° burchaklarda) -90 dan 90° gacha diapazonda o'lchang.

Izoh: Yarim to'liqlik plastinka bir xil oriyentatsiyali ikkita chorak to'liqlik plastinka bilan ham almashtirilishi mumkin.

Tajriba namunasi

1-jadval va 2-jadvalda natijalar mujassamlashgan. Infraqizil nurlanishning muqarrar fonoviy signali sababli, olingan natijalar to'g'rilandi.

a) Chorak to'liqlik plastinka

1-jadval: Tokning analizator holati α funksiyasi sifatida chorak to'liqlik plastinkaning turli holatlari φ uchun o'lchangan qiymatlari.

(Izoh: ikkinchi ustun – chorak to'liqlik plastinkasiz o'lchovlar)

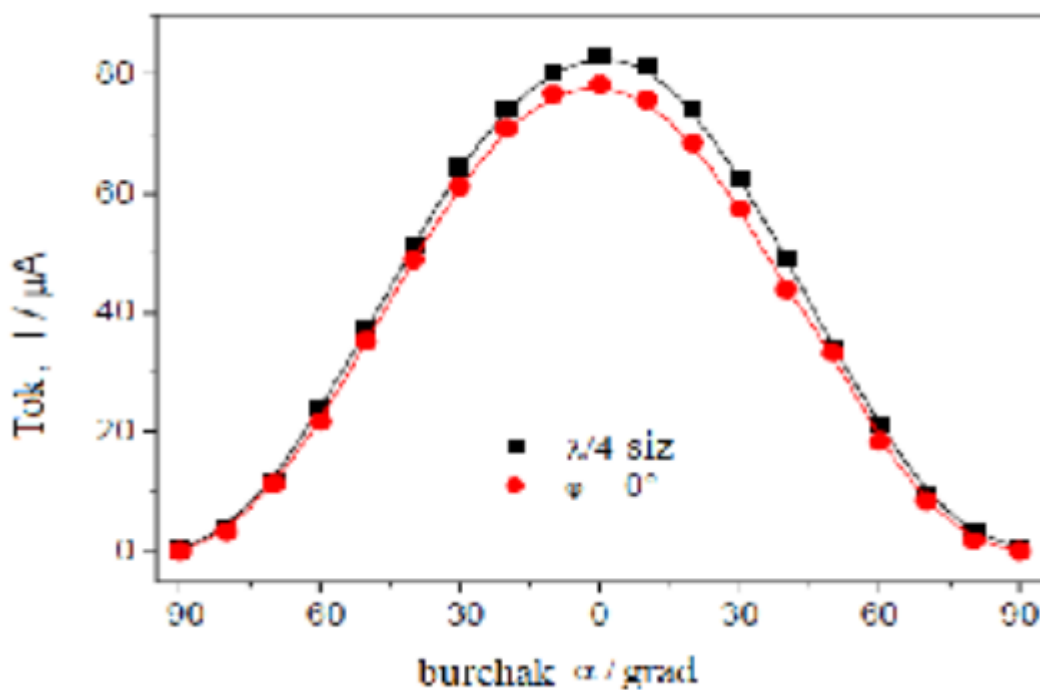
Holat φ	-	0°	30°	45°	1-jadval 60°
$\frac{\alpha}{grad}$	$\frac{1}{\mu A}$	$\frac{1}{\mu A}$	$\frac{1}{\mu A}$	$\frac{1}{\mu A}$	$\frac{1}{\mu A}$
-90	0.2	0.0	29.0	39.4	31.2
-80	4.0	3.2	24.2	39.4	37.7
-70	11.9	11.2	20.8	39.7	44.2
-60	24.0	21.7	19.5	39.7	49.7
-50	37.1	35.2	20.7	39.7	54.4
-40	51.2	48.9	24.2	39.4	57.4
-30	64.5	61.2	29.2	39.2	58.0
-20	74.2	70.9	35.4	38.5	56.2
-10	80.5	76.7	41.7	38.2	52.0
0	83.2	78.2	47.8	37.7	46.4
10	81.4	75.7	53.2	37.2	39.7
20	74.0	68.5	56.2	37.2	33.3
30	62.5	57.4	57.2	37.2	27.1
40	49.2	43.9	56.2	37.7	22.4
50	34.2	33.2	52.7	38.2	19.6
60	21.2	18.4	47.4	38.2	19.2
70	9.7	8.4	41.2	38.4	20.9
80	3.0	1.7	34.7	39.0	25.1
90	0.7	0.0	28.7	39.2	30.5

a) Yarim to'liqlik plastinka:

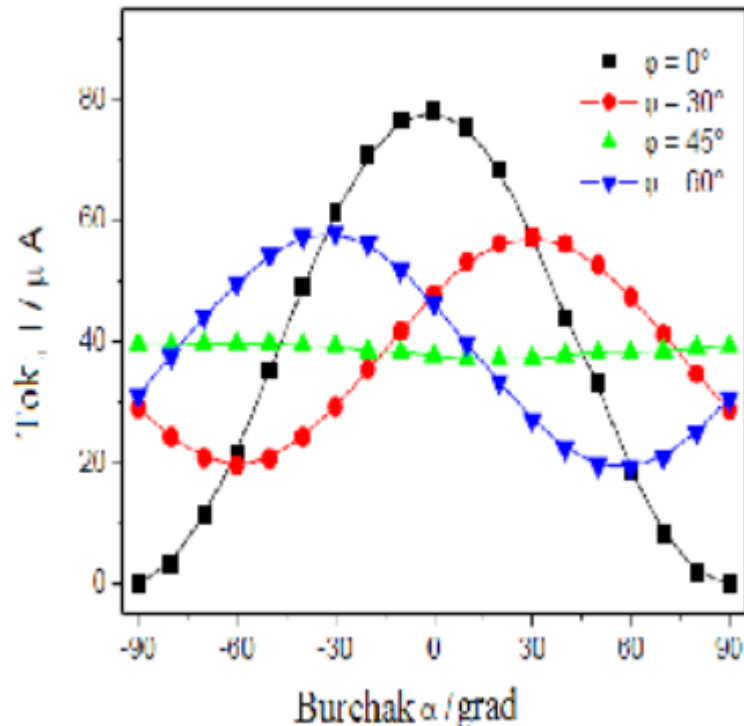
2-jadval: Tokning analizator holati α funksiyasi sifatida yarim to'liqlik plastinkaning turli holatlari φ uchun o'lchangan qiymatlari

2-jadval

Holat φ	30°	45°	60°
$\frac{\alpha}{grad}$	$\frac{1}{\mu A}$	$\frac{1}{\mu A}$	$\frac{1}{\mu A}$
-90	0.0	71.9	56.1
-80	3.5	69.1	43.9
-70	11.7	63	31.7
-60	23.4	52.9	19.3
-50	35.6	42.1	9.5
-40	48.6	29.4	2.4
-30	60.3	17.7	0
-20	69.6	8.0	2.0
-10	74.5	1.9	8.4
0	75.0	0.0	18.8
10	72.0	2.8	30.8
20	64.6	9.9	43.2
30	53.5	19.4	55.3
40	40.8	31.4	64.4
50	28.6	43.9	70.9
60	16.5	54.9	72.8
70	6.8	63.8	70.6
80	1.3	69.7	64.6
90	0.2	71.3	54.8



3-rasm. I tok analizator o'rni α funksiyasi sifatida: Chorak to'liqlik plastinkasiz (qora) va chorak to'liqlik plastinkasi bilan (qizil) $\varphi=0^\circ$ holatda. Uzlusiz chiziqlar ko'z bilan chamalab o'tkazilgan.



4-rasm: Chorak to'liqlik plastinkaning turli φ holar uchun I tok analizatori o'rni α funksiyasi sifatida: Uzluksiz chiziqlar ko'z bilan chamalab o'tkazilgan.

Natijalar va ularning tahlili

a) Chorak to'liqlik plastinka polarizatoridan chiqayotgan elektr maydoni vektorining E_0 amplitudasi va φ polarizator bilan chorak to'liqlik plastinkaning orasidagi burchak hisoblanadi. t vaqtidagi nurni ikki tashkil etuvchisining holati quyidagicha ifodalanadi:

$$E_1(t) = E_0(t) \cdot \sin \varphi \cdot \sin \omega \cdot t$$

$$E_2(t) = E_0(t) \cdot \cos \varphi \cdot \sin \omega \cdot t$$

Ikki marta sindiruvchi chorak to'liqlik plastinka holida qalinlik ikki nurning orasida $\lambda/4$ yo'l farqini yuzaga keltiradi (ya'ni $\pi/2$ fazalar farqi). Chorak plastinkadan chiqqan nurlar bitta nurga birlashadi va ular parametrik tenglamalar bilan quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$E_1(t) = E_0 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \omega \cdot t$$

$$E_2(t) = E_0 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \omega \cdot t$$

Bu tenglamalar E vektorining tarqalish yo'nalishida aylanishini ifodalaydi, ya'ni o'rnatilgan X va Y o'qlarida perpendikulyar (1-rasm).

$\varphi = 0^\circ$ va $\varphi = 90^\circ$ burchaklarda biz yassi qutblangan yorug'likni olamiz, chorak to'liqlik plastinkadan o'tgandan keyin uning intensivligi:

$$I = I_0 \sim E_0^2$$

Bu 3-rasmda keltirilgan natijalar bilan mos keladi, ya'ni $I \sim \cos^2 \alpha$.

$\varphi = 45^\circ$ $\sin \varphi = \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{2}}$ burchak uchun aylanish vektorining qiymati quyidagiga teng:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$$

Yorug'lik doiraviy qutblanuvchanlikka ega va uning intensivligi:

$$I = \frac{I_0}{2} \sim \frac{E_0^2}{2}$$

Analizatorning barcha α holatlarida yorug'lik intensivlikni yo'qotmay o'tadi. Bu tajriba natijalari bilan mos keladi va 4-rasmda keltirilgan.

0° , 45° va 90° dan boshqa analizatorning barcha φ burchak holatlarida yorug'lik elliptik qutblangan. Aylanish o'qiga nisbatan vektor E uchi, yorug'lik tarqalish yo'nalishiga parallel va yarim o'qi a va b bo'lgan ellips bilan tavsiflanadi:

$$E_1(t) = E_a \cdot \sin \varphi \cdot \sin \omega \cdot t$$

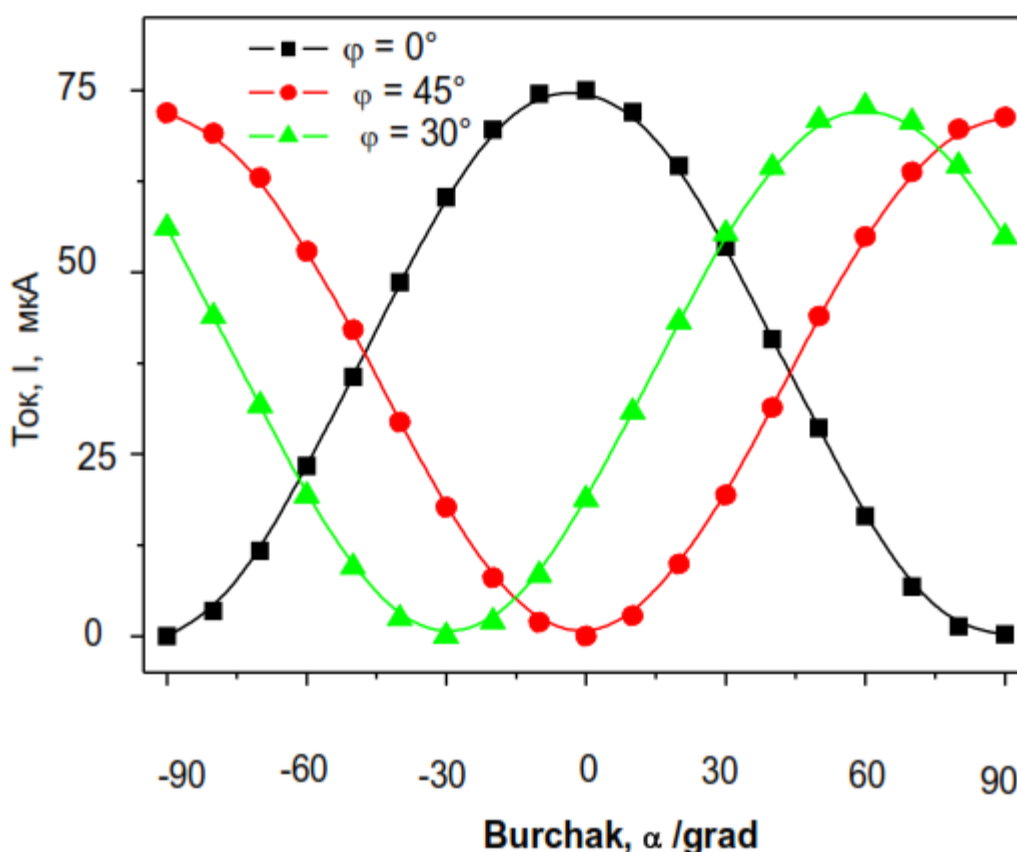
$$E_2(t) = E_b \cdot \cos \varphi \cdot \sin \omega \cdot t$$

4-rasmda tasvirlangan tajriba natijalariga ko'ra analizator bilan chorak to'liqlik plastinka orasidagi istalgan φ burchak uchun (bu yerda $\varphi = 30^\circ$ va 60°) yorug'lik intensivligi:

$$I \sim E^2 \cos^2 \varphi \cos^2 \alpha + E^2 \sin^2 \varphi \sin^2 \alpha$$

b) Yarim to'liqlik plastinka

Yarim to'liqlik plastinka (yoki bir xil orentatsiali ikkita chorak to'liqlik plastinka) uchun tajriba natijalari 5-rasmda keltirilgan. Yarim to'liqlik plastinka yassi qutblangan yorug'lik keltirib chiqaradi. Yarim to'liqlik plastinkaning turli φ holatlari uchun faqat tekislik o'zgaradi. Masalan, agar yarim to'liqlik plastinkaning holati taxminan 45° ga o'zgarsa, unda qutblanish tekisligi taxminan 90° ga o'zgaradi. Maksimal va minimal qiymatlar o'zgarmaydi. Chorak to'liqlik plastinkadagi olingan tajriba natijalardan farqi mana shu hisoblanadi.



5-rasm. Yarim to'liqlik plastinkaning turli holatlari uchun analizator I tokining α burchak holatining funksiyasi sifatida. Uzlüksiz chiziqlar ko'z bilan chamalab chizilgan.

Qo'shimcha ma'lumotlar:

Dispersiya sababli to'liqlik plastinka fazalar farqini beradi va bu farq yorug'likning to'liq uzunligiga bog'liq. To'liqlik plastinkalar ma'lum to'liq uzunligi diapazonida ishlash uchun yaratilgan. Bu yerda qo'llanilayotgan to'liqlik plastinkalar sariq yorug'lik uchun eng yaxshi fazalar farqini beradi. Spektrning ko'rinish sohasidagi o'rtamiyona dispersiya sababli chetlashishlar uncha katta emas. To'liqlik plastinkalar yorug'lik perpendikulyar tushganda eng

yaxshi samara beradi. Yorug'lik nurining uncha katta bo'lmagan taralishi tajriba natijalariga ta'sir qilmaydi.

Nazorat savollari

1. Yorug'likni qutblanish hodisasini tushuntiring
2. Elliptik va doiraviy qutblanishni tushuntiring
3. Chiziqli qutblanishni tushuntiring
4. Yorug'likni ikkiga ajralib sinishini tushuntiring
5. Izotrop va anizotrop muhitda yorug'likni tarqalishini tushuntiring
6. Malyus, Bryuster qonunlarini tushuntiring

ATOM FIZIKASIDAN LABORATORIYA ISHLARI

1-LABORATORIYA ISHI

Plank doimiysini aniqlash

Ishning maqsadi: Energiyaning saqlanish qonunini mikrodunyoda tatbiq qilinishi, Atom nurlanishlarining kvantlanish xususiyatiga ega ekanligini tekshirish. Elektronlar kinetik energiyasini yorug'lik chastotasining funksiyasi sifatida o'lchash. Plank doimiysi (h) ni aniqlashdan iborat.

Kerakli asboblari: Plank doimiysini aniqlash uchun fotoyacheyka, Plank doimiysi uchun kompakt qurilma, yuqori bosimli simob lamp, universal drossel, elektrometr kuchaytirgich, o'zgartiriluvchi energiya manbai 12 V AC, kondensator 100 pF, 630 V, kalit qo'shgich bir qutbli, qisqichli vilka, multimetr LD-analog 20, ekranli kabel BNC/4 mm, taqsimlash karobkasi, juft kabellar 50 sm, qizil/ko'k, juft kabellar 100 sm, qora ulash simlari lead, 25 sm, qora ulash simlari 100 sm, sariq/yashil.

Ishning nazariy qismi: Yorug'lik fotonlari fotoelementning katodiga kelib tushishi natijasida katoddan elektronlarni urib chiqaradi. Agar katod bilan anod o'rtasida ma'lum potentsiallar farqi hosil qilinsa, katoddan yorug'lik fotonlari ta'sirida urib chiqarilgan elektronlar anodga tomon harakatlanadi va elektr zanjiri ulangan bo'ladi.

Anod va katod orasida hosil qilingan potentsiallar farqining ma'lum bir qiymatidan boshlabgina elektronlar anodga yetib kela oladi. Bu hodisa quyidagi shart bajarilishini talab qiladi:

$$\frac{m g_{\max}^2}{2} = eU_T \quad (1)$$

U_T - kattalik elektronlarni to'xtatuvchi (tutib turuvchi) potentsiallar farqi hisoblanadi, e -elektron zaryadi bo'lib, $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl, $\frac{m g_{\max}^2}{2}$ - elektron elektr maydonda erishadigan kinetik energiyadir.

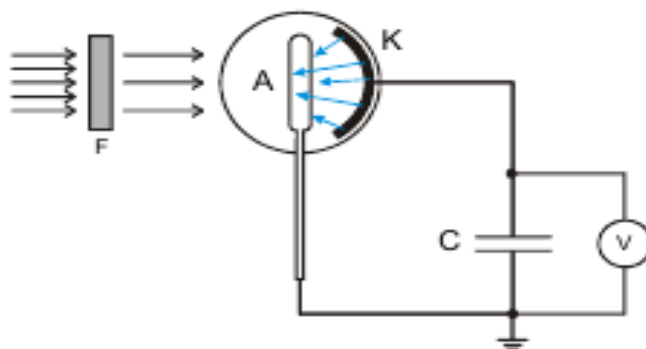
A.Eynshteyn fotoeffekt uchun energiyaning saqlanish qonunini quyidagicha ifodalagan:

$$E = h\nu = A_{ch} + eU_T$$

yoki

$$h\nu = A_{ch} + \frac{m g_{\max}^2}{2} \quad (2)$$

(2) dan ko'rinadiki, U_T ning qiymati fotoelementga tushadigan yorug'likning chastotasiga bog'liq. A_{ch} -elektronning atomdan elektronni urib chiqarish uchun sarflanadigan energiyani belgilaydi. Bunga elektronlarning **chiqish ishi** deyiladi.



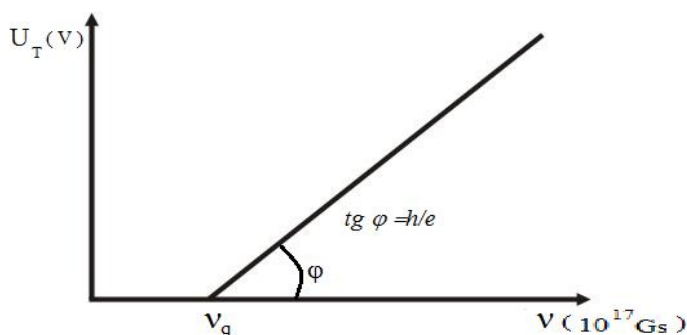
1-rasm. Fotoelektrik effekt yordamida Plank doimiysini o'lchash uchun qurilmaning chizmasi

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.

Tutib turuvchi potentsiallar farqi bilan tushadigan yorug'lik chastotasining o'zaro bog'lanishini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$U = f(\nu) \quad (3)$$

A.Eynshteynning fotoeffekt uchun yozgan (2) formulasini tajribada tekshirib ko'rish va tutib turuvchi potentsiallar farqi bilan yorug'lik chastotasi orasidagi bog'lanish chizmasini hosil qilish mumkin. Bundan, shu narsa ko'rinadiki, U va ν orasidagi bog'lanish chiziqli ko'rinishda bo'ladi. Buni 2-rasmdan ko'rishimiz mumkin.



2-rasm. U_T va ν orasidagi bog'lanish grafiqi.

U_T va ν bog'lanishi asosida chizilgan to'g'ri chiziq bilan ϕ ni belgilovchi absissa o'qi orasida hosil qilingan burchak ϕ -ning tangens burchagi orqali ham Plank doimiysini aniqlash mumkin.

Chegaraviy kuchlanish fototokni kompensatsiyalash uchun ΔU_0 ga orttirilishi lozim. Bu holat uchun quyidagi tenglama qo'llaniladi:

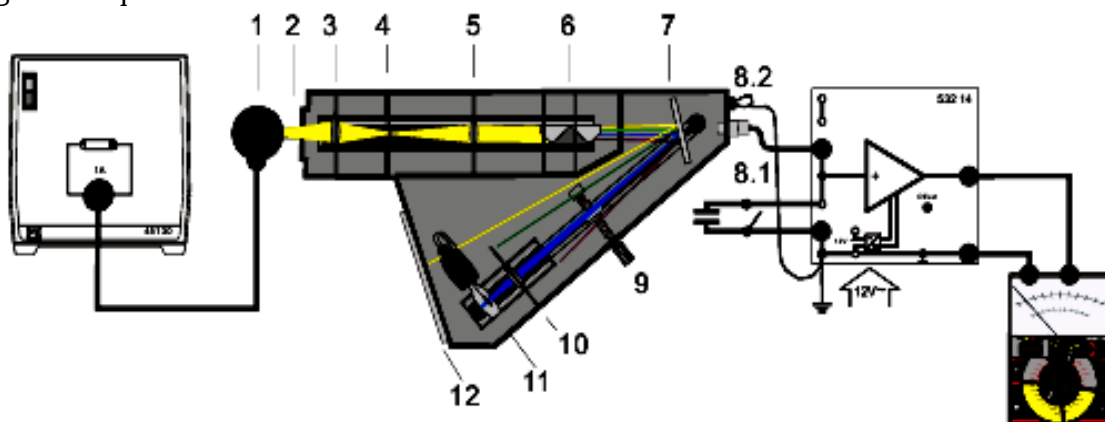
$$e\Delta U_0 = h \cdot \Delta \nu \quad (4)$$

ya'ni energiya $h \cdot \Delta \nu$ ga ortishi bilan o'q eU_0 energiya yo'qotilishi bilan kompensatsiyalanadi.

Agar chegaraviy kuchlanish U_0 chastota ν ning funksiyasi sifatida chizilsa (4) tenglama quyidagiga teng bo'lgan to'g'ri chiziqni beradi:

$$\frac{\Delta U_0}{\Delta \nu} = \frac{h}{e} \quad (5)$$

Qiymati ma'lum bo'lgan elementar zaryad uchun Plank doimiysi $U_0(\nu)$ chizmaning qiyaligidan aniqlanishi mumkin.



3-rasm. Tajriba qurilmasining ko'rinishi

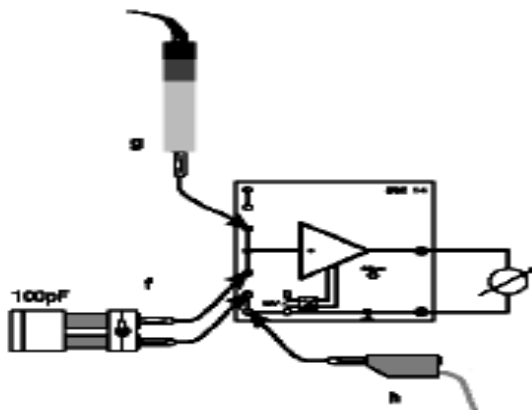
1-yuqori bosimli simob lampasi, 2-surg'ich, 3-yig'uvchi linza, 4-tirqish, 5-tasvirlovchi linza, 6-to'g'ri ko'rish prizmasi, 7-oyna, 8.1-BNC/4 mm ekranlangan kabel uchun vilka (katod), 8.2-4 mm vilkalar (halqa anod), 9-burovchi ruchka, 10-tirqishli diafragma bilan yig'uvchi linza, 11-fotoyacheyka, 12-oyna va pasaytiruvchi surg'ich.

Qurilmaning elektr tuzilishi

Fotoyacheykaning metall halqali anodiga tushuvchi fotoelektronlar kondensatorni zaryadlaydi va unda chegaraviy kuchlanish U_0 ni hosil qiladi. Fotoelektronlarning kinetik energiyasini aniqlash uchun shu kuchlanishni o'lchash lozim. Elektrometr kuchaytirgich kondensatordagi kuchlanishni o'lchash uchun foydalaniladi.

2-rasm va 3-rasmlarda ko'rsatilgan elektrometr kuchaytirgich zanjirini tuzing:

- Qisqichli vilka (f), 100 pF kondensator va kalitni ulang (3-rasm)
- Ekranli kabel BNC/4 mm ni BNC pozetkaga (3-rasmda 8.1.) va elektrometr kuchaytirgichga (g) ulang; Ekranli kabel BNC/4 mm ning "yer" simini elektrometr kuchaytirgich "yer" iga ulang.
- 4 mm rozetkalarining har ikkalasini (3-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.
- Multimetрни 50 sm.li kabel bilan elektrometr kuchaytirgichning chiqishiga ulang (3-rasm).
- Elektrometr kuchaytirgichning "yer"ini taqsimlovchi karobkaning "yer" kontakti bilan sariq/yashil kabel yordamida ulang.



4-rasm. Chegaraviy kuchlanish U_0 ni o'lchash uchun elektrometr kuchaytirgich zanjiri

Qurilmani optik to'g'rilash

3-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. Yuqori bosimli simob lampasini (1) kompakt qurilma asosidan taxminan 5 mm masofada o'rnatish.

-Yuqori bosimli simob lampasining (1) tasvirini linza (3) bilan tirqish (4) ustida hosil qiling. Lampani va linzalarni to'g'rilash (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'liga shunday joylashtiringki spektral chiziqli tasviri fotokatod ustida hosil bo'lsin.

- Agar lozim bo'lsa ikkinchi qadamni takrorlang.

Izoh: Optik sirtlarni toza saqlang. Chang va barmoq izlarining natijasida qo'shimcha zararli nurlar hosil bo'lib, ular past chastotalarda nihoyatda katta chegaraviy kuchlanishga (U_0 ga) 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.

- Xonani qisman qorong'ilashtiring. (10) linza tirqishli diafragmasining tasviri chiqarish oynasida ko'rinadi.

- Multimetrni qo'shing va 3 V DC diapazonga o'rnatish.

- Sariq nur uchun chegaraviy kuchlanish U_0 ni aniqlang, buni bajarish uchun (9) ip yordamida buraluvchi ruchkani sariq chiziqli chiqarish oynasidan ko'rinadigan qilib to'g'rilang.

- Agar siz tajribani qorong'ilashtirilmagan xonada o'tkazsangiz (12) chiqarish oynasini qorong'ilashtiruvchi surg'ich bilan yoping.

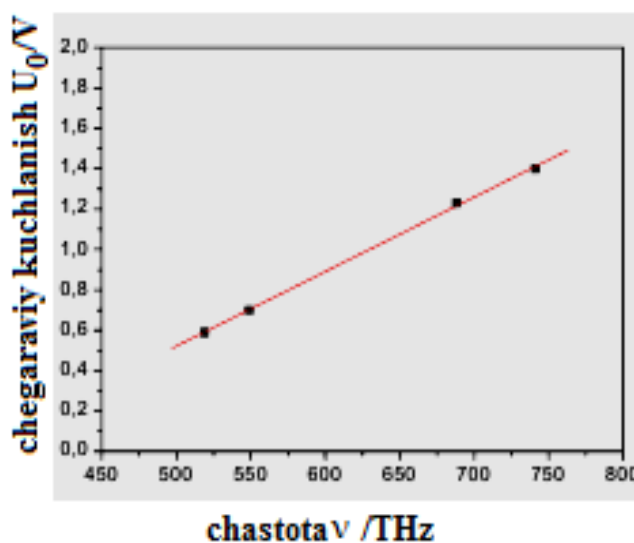
- Kondensatorni kalitini pastga bosib, multimetr nolni ko'rsatguncha razryadlang.

- 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:



5-rasm. Chegaraviy kuchlanish U_0 chastota ν ning funksiyasi sifatida olingan qiymatlari (1-jadvalga qarang)

1-jadval: To'lqin uzunligi λ va chastota ν ning funksiyasi sifatida o'lchangan chegaraviy kuchlanish U_0 ning qiymati

1-jadval

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

Hisoblashlar va natijalar

5-rasmda chegaraviy kuchlanish U_0 ning yuqori bosimli simob spektral chiziqlarining chastotasi ν ga bog'liqlik grafigi tasvirlangan. O'lchash natijasida aniqlangan nuqtalar bir to'g'ri chiziqli yotadi. Sariq va ko'k chiziqlar uchun to'g'ri chiziqli qiyaligini aniqlash natijasida quyidagini aniqlash mumkin:

$$\frac{\Delta U_0}{\Delta \nu} = 0.38 \cdot 10^{-14} \text{ V} \cdot \text{s}$$

Elementar zaryad bilan

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$$

qiymat bilan hisoblanganda Plank doimiysi (h) uchun:

$$h = 6.1 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

qiymat topiladi, lekin adabiyotlardagi Plank doimiysining qiymati:

$$h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

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.

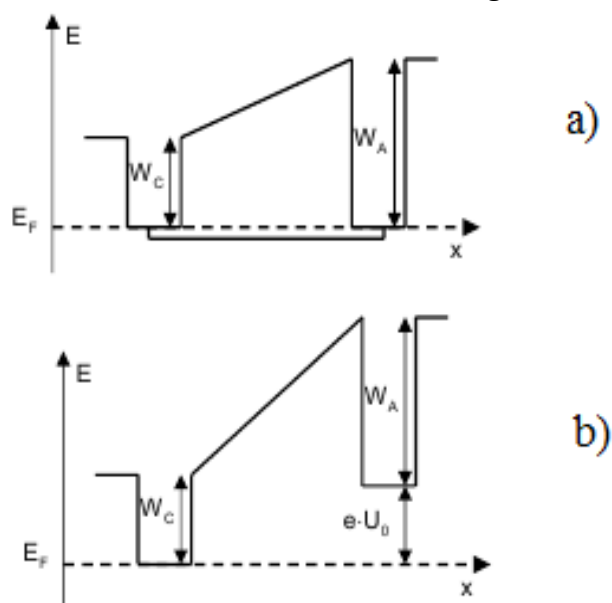
Qo'shimcha ma'lumotlar:

1. Chiqish ishi material turiga bog'liq. Katod materiali sifatida kaliydan foydalanish mumkin, kaliy atomlarida elektronlar kuchsiz bog'langanligi va chiqish ishi ishqoriy metallarda boshqa metallarga nisbatan kichik bo'lganligi sababli tanlab olingan.

2. Fotoelektrik effektini 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 (2) tenglama bilan mos holda, ordinata bilan kesishishidan chiqish ishini aniqlash mumkin. Ammo bu birinchi qarashda tuyulganidek, katodning chiqish ishi emas. Prinsipi jihatdan katodning chiqish ishini o'lchash imkoni yo'q.

Katoddagi elektronlar E_F Fermi sathiga nisbatan olinganda chuqurligi W_C bo'lgan potensial chuqurlikda joylashadi. Xuddi shu yo'l bilan olinganda, anoddagi elektronlar ham chuqurligi W_A bo'lgan potensial chuqurlikda joylashadi.

Anod va katod o'rtasida elektr o'tkazuvchan bog'lanish amalga oshirilganda, ularning materiallarining Fermi sathlari bir xil balandlikka erishguncha to'g'rilanadi (6-rasm).



6-rasm. Turli chiqish ishiga ega bo'lgan ikki metal (katod va anod) uchun energetik diagramma.

a) katod va anod materiallaridagi elektronlar bir xil Fermi sathida. b) katod va anod materiallaridagi elektronlar turli xil Fermi sathlarida joylashgan holatlar.

Agar anod va katod o'rtasiga U kuchlanish qo'yilsa, Fermi sathlari bir-biriga nisbatan eU energiyaga siljiydi. Bu holda katoddagi elektronlar potensial to'siqning eng yuqori nuqtasini yengib o'tishlari lozim bo'lib u quyidagi ifodadan topiladi:

$$W_A + eU_0 \quad (6)$$

Potensial to'siqni yengish uchun zarur bo'ladigan energiya foton tomonidan ta'minlanadi. Anod toki nol bo'ladi, qachonki quyidagi munosabat o'rinli bo'lsa

$$h\nu = W_A + eU_0 \quad (7)$$

Ammo, anodning chiqish ishi W_A kristalning oriyentatsiyasidan va gaz atomlarining sirt akkumulyatsiyasiga bog'liq bo'lganligi uchun osonlikcha aniqlab bo'lmaydi.

3. Yorug'likning (2) formula yordamida taklif etilgan kvant xarakteri unga bog'liq bo'lmagan holda Kompton tajribalarida tasdiqlanmaguncha turli mulohazalar ostida bo'lib turgan edi.

Ammo, fotoelektrik effektga qarama-qarshi ravishda, Kompton effektida fotonlar energiyasining faqat bir qismigina elektronlarga o'tadi. Fotoelektrik jarayonlarda esa fotonning energiyasi to'lig'icha yutiladi.

Nazorat savollari:

1. Fotoeffekt hodisasini tushuntiring
2. Atomda fotoelektron qayerda joylashadi?
3. Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra Eynshteyn formulasini tushuntiring
4. Atomning energetik nurlanishlarini kvantlanish tabiatini tushuntiring
5. Klassik elektrodinamika qonunlari asosida fotoeffekt hodisasini tushuntirish mumkinmi?
6. Fotoeffektning qizil chegarasini tushuntiring
7. Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasini tushuntiring

2-LABORATORIYA ISHI

Frank - Gers tajribasi

Ishning maqsadi: Atomning energetik sathlari mavjudligini va N.Bor postulotlarini to'g'riligini tajribada tekshirish. Frank-Gers tajribasini o'rganishdan iborat.

Kerakli asboblari: Sensor-CASSY 524 010, CASSY Lab 2, simob (Hg) Frank-Gers trubkasi, simob (Hg) Frank-Gers trubkasi uchun rozетка, elektr qizdirgich 230 V, Frank-Gers ta'minlash manbayi, temperatura sensori NiCr-Ni, (qizil va ko'k) juft kabellar 100 sm, PC Windows XP/Vista/7/8

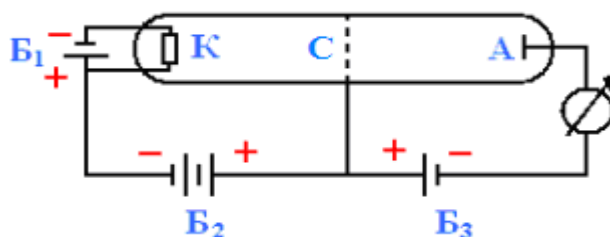
Ishning nazariy qismi: Atomlarda diskret energetik sathlarning mavjudligini rad qilib bo'lmaydigan tajriba dalillari gazlarni ionizatsion va rezonans potentsiallarini o'rganish natijasida olinadi. Atom energiya nurlanishi uchun uni uyg'otgan holatga o'tkazish kerak, ya'ni elektronni quyi orbitadan biror bir yuqori orbitaga ko'chirish zarur. Bunga atomni uyg'onishi deyiladi. Atomning uyg'ongan holatga turli usullar bilan o'tkazish mumkin: yuqori temperaturagacha qizdirish, erkin elektronlar bilan atomlarni noelastik to'qnashishi natijasida va h.k.

Erkin elektronni gaz orqali o'tish holatini tahlil qilaylik. Bunda elektronni gaz atomi bilan to'qnashuvi ikki xil usulda sodir bo'ladi. Birinchi holda elektron energiyasini bir qismini atomga berishi yoki atomdan bir qismini energiya qabul qilishi mumkin, bunda atomni potentsial energiyasi o'zgarmaydi. Bunday to'qnashuvlar elastik to'qnashuvlar deyiladi. Ikkinchi xil to'qnashuv atomni ionlashtirishga olib keladi, ya'ni elektron atomi bilan to'qnashgach, atomni elektroniga shunday miqdorda kinetik energiya beradiki, natijada elektron atomdan uzilishi va ajralishi mumkin. Bunday kinetik energiyaning bir qismi potentsial energiyaga aylanadi.

Noelastik to'qnashish har doim ham atomni ionlashtiravermaydi. Atomdagi elektronni yadrodan ajratib yubormagan holda, uning energiyasini biroz oshirish mumkin. Bunday holat agar elektron atom ichida biroz yuqoriroq energetik sathga o'tsa sodir bo'ladi.

Bu laboratoriya ishda simob atomining 1-uyg'onish potentsiali topiladi, boshqacha aytganda tez harakatlanayotgan erkin elektron simob atomi bilan noelastik to'qnashishni yuzaga keltiruvchi eng kichik energiya aniqlanadi.

Qurilma chizmasi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Frank - Gers tajribasining chizmasi

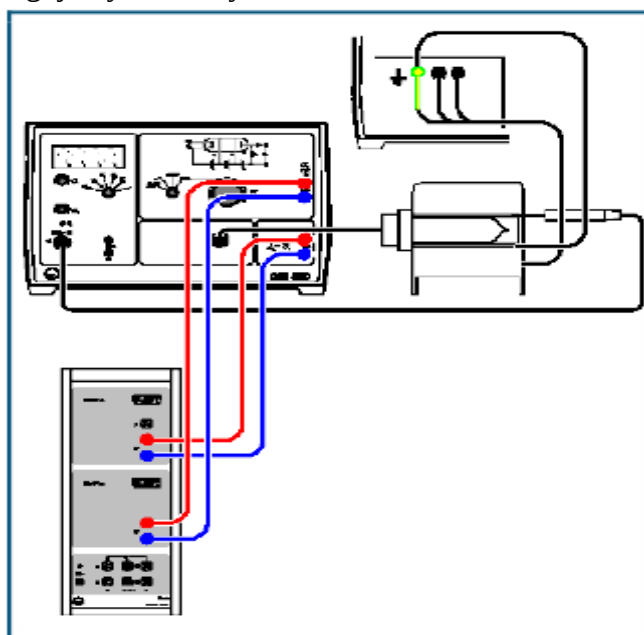
Lampa ballonni past bosimli gaz (masalan, simob bug'lari) bilan to'ldirilgan. Anod oldiga C setka o'rnatilgan, anod va katod orasiga ixtiyoriy potentsiallar farqi beriladi. Anodga setkaga nisbatan kichik manfiy kuchlanish masalan, $0.5U_s$ beriladi. Ballondagi gaz bosimi va elektrodlar orasidagi masofa shunday tanlanganki bunda setka bilan anod orasida to'qnashuvlar sodir bo'lmaydi, faqat to'qnashuv katoddan chiqqan elektronlar bilan gaz atomlari orasidagi to'qnashuv katod bilan setka orasidagi fazoda sodir bo'ladi. Agar to'qnashuv elastik bo'lsa, elektron o'z energiyasini yo'qotmaydi va anodga etib boradi. Elektronlar noelastik to'qnashganlarida o'z energiyalarini yo'qotadilar. Shunday qilib setkaning vazifasi gaz atomlari bilan noelastik to'qnashuv, energiyalarini yo'qotgan gaz elektronlarini ushlab qolishidan iborat.

Tajribaning tavsifi

1914 yilda James Frank va Gustav Gerslar simob bug'i orqali o'tayotgan elektronlar uchun energiyaning yo'qolishi aniq "qadamlar" bilan sodir bo'lishini va unga mos keladigan emissiya simobning ultrabinafsha chizig'ida bo'lishini e'lon qilishdi. Bundan bir necha oy keyinroq, Nils Bor bu hodisa uning atom modelini tasdiqlovchi isbot ekanligini tan oldi. Shunday qilib, Frank-Gers tajribasi kvant nazariyasini tasdiqlash uchun klassik tajriba hisoblanadi.

Bu tajribada tezlanish beruvchi kuchlanish U_2 ning qiymati 0 dan 30 V gacha oraliqda o'zgarishi mumkin, boshqaruvchi potentsial U_1 va tormozlovchi kuchlanish U_3 lar esa doimiy holda saqlanadi va mos keluvchi anod toki I_A o'lchab olinadi. Bu anod toki dastlab, tezlashayotgan elektronlarning kinetik energiyasi C setka yaqinidagi simob atomlarini uyg'ongan holatga to'qnashish natijasida o'tkazish uchun yetarli bo'lgan energiyaga ($E_{Hg} = 4.9 \text{ eV}$) tenglashguncha, xuddi oddiy tetroddagi kabi ortib boradi. Ammo, tenglashgan paytda maksimal qiymatga erishib, keyin kamayadi, chunki elektronlar simob atomlari bilan to'qnashish natijasida energiyasini yo'qotadi va energiyasi U_3 tormozlovchi potentsialni yengish uchun yetarli bo'lmay qoladi.

Tezlanish beruvchi kuchlanish U_2 ning ortib borishi bilan, elektronlar C setkadan uzoqroqda bo'lgan simob atomlarini ham uyg'ongan holatga o'tkazish uchun yetarli bo'lgan energiyaga erisha boshlaydi, anod toki yana orta borib ikkinchi maksimumga erishadi. Simob atomlari bilan to'qnashishda yana energiyasini yo'qotganligi uchun elektronlar tormozlovchi kuchlanishni yengishga zarur bo'lgan energiyaga yana ega bo'lmay qoladi, anod toki yana kuchli kamayib ketib, ikkinchi minimum hosil bo'ladi. Tezlantiruvchi kuchlanishni yana orttirilishi bilan elektronlar elektr maydonidan yana qo'shimcha energiya olishi natijasida yuqoridagi jarayon davriy ravishda takrorlanadi.



2-rasm. Frank - Gers tajriba sxemasining umumiy ko'rinishi (Pocket-CASSY)

Tajribani o'rnatish (chizmaga qarang)

- Frank-Gers tajribasining manbayi o'chirilganligiga ishonch hosil qiling.
- Manbaning orqa tomonidagi 4-mm.li xavfsiz rozetkaga qizdiruvchi pechni ulang. Xususan, ulayotganingizda sariq vilka sariq rozetkaga va yashil vilka yashil rozetkaga ulanganiga ishonch hosil qiling.
- Qo'shimcha ravishda, 4-mm.li mis vilkaning mis simini yashil-sariq xavfsiz rozetkaga ulang (Frank-Gers trubkasini maydonlar interferensiyasidan ekranlash uchun).
- Temperatura sensorini "NiCr-Ni" DIN rozetkaga ulang va Frank-Gers trubkasini manba sistemasining "Franck-Hertz tube" DIN rozetkasiga ulang.
- Temperatura sensorini qizdiruvchi pechning yopiladigan teshigiga oxirigacha kiriting va mis tutgichli Franck-Gers trubkasini pechning ichiga siljiting.
Izoh: Agar temperatura sensorining issiqlik kontakti yomon bo'lsa, u pechning temperaturasini past ko'rsatadi va buning natijasida trubka o'ta qizib ketishi mumkin.
- Operatsion modulni RESET ga qo'ying va manba sistemasini ulang (bir necha sekunddan keyin simob uchun LED indikator yashildan ko'kka o'zgaradi.
- "Default setting $\vartheta_s = 180^\circ \text{C}$ " ni tekshiring va ishchi temperaturaga yetguncha kuting (LED indikator qizildan yashilga o'zgaradi, temperatura ϑ dastlab maksimumga erishadi va keyin oxirgi temperaturada to'xtaydi).

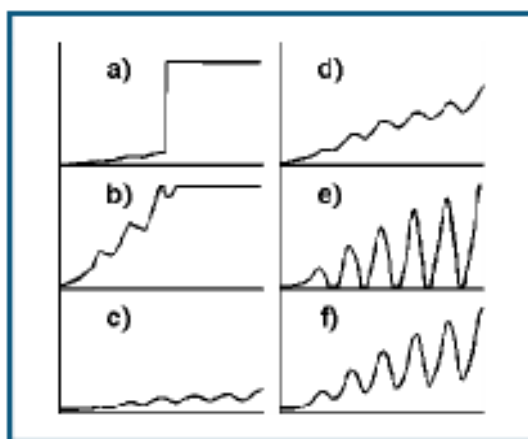
Agar displeydagi indikator chaqnasa:

- Temperaturani o'lchashni o'rnatishda xatolik mavjud.
- Sensor-CASSY uchun A kirish kuchlanishini anod kuchlanishiga proporsional bo'lgan U_A chiqishga ulang va Sensor-CASSY uchun B kirish kuchlanishini tezlashtiruvchi kuchlanish uchun $U_2/10$ chiqishga ulang.

Tajribalarni o'tkazish

Dasturlarni yuklash

- Boshqarish potensialini $U_1 = 1.5 \text{ V}$ va tormozlovchi kuchlanishni $U_3 = 1.5 \text{ V}$ ga o'rnatib, va Frank-Gers grafigini "Ramp" ishlash rejimida o'lchab oling. Buning uchun knopka  ni bosish bilan o'lchashni boshlang va o'lchash rejimini "Ramp" ga qo'ying. O'lchash 15 s dan keyin avtomatik ravishda to'xtaydi, keyin o'lchash rejimini RESET ga qo'ying.



3-rasm. Tajriba natijalarining turli xil potensiallar farqida olingan tasviri

1) ϑ ni optimallashtirish.

Agar Frank-Gers grafigi sakrab oshsa (a) va siz pechni ochish orqali Frank-Gers trubkasida gaz razryadini ko'rsangiz (ko'k chaqin) pechni o'chirish orqali ishlash rejimini RESET ga o'rnatib va ishlash temperaturasiga erishguncha kuting.

Agar lozim bo'lsa, ϑ_s ning qiymatini potentsiometr surg'ichidan foydalanib kattaroq qiymatga o'rnatib (har 5 °C dan oralatib) va sistema yangi termik muvozanat holatga kelguncha bir necha minut kuting.

CASSY Lab 2

2) U_1 ni optimallashtirish boshqaruv potentsialining U_1 kattaroq qiymati emissiya tokining kattaroq bo'lishiga sabab bo'ladi.

Agar Frank-Gers grafigi juda ham tik bo'lsa, ya'ni tok o'lchash kuchaytirgichining yuqori chegarasiga $U_2 = 30\text{ V}$ dan kichik qiymatlarida erishilib, Frank-Gers grafigining yuqori qismi kesilgan bo'lsa(b):

U_1 kuchlanishni grafikning tikligi (d) rasmdagiga mos kelguncha kamaytiring.

Agar Frank-Gers grafigi juda ham yotiq bo'lsa, ya'ni anod toki o'lchashning barcha shohalarida 5 nA dan kichik bo'lsa (c):

U_1 kuchlanishni grafikning tikligi (d) rasmdagiga mos kelguncha orttiring.

Agar Frank-Gers grafigi U_1 kuchlanishni orttirgandan keyin ham yotiqlicha qolsa:

- ϑ_s ning o'rnatilish qiymatini pech temperaturasi uchun potentsiometr surg'ichidan foydalanib kamaytiring.

3) U_3 ni optimallashtirish tormozlovchi kuchlanish U_3 ning kattaroq qiymati Frank-Gers grafigining maksimum va minimumlarini yaxshiroq aniqlashga sabab bo'ladi ammo, shu bilan birga umumiy anod tokining qiymati ham kamayadi.

Agar Frank-Gers grafigining maksimum va minimumlari yetarlicha aniq bo'lmasa (d):

- Alternativ holda dastlab, tormozlovchi kuchlanish U_3 ni, keyin boshqaruvchi potentsial U_1 ni (f) rasmda ko'rsatilgan shakldagi grafikni olguncha orttiring.

Agar Frank-Gers grafigining minimumlari pastki tomondan kesilgan bo'lsa (e):

Alternativ holda dastlab, tormozlovchi kuchlanish U_3 ni, keyin boshqaruvchi potentsial U_1 ni (f) rasmda ko'ratilgan shakldagi grafikni olguncha kamaytiring. Frank-Gersning simob trubkasi tajribaviy misollarda $U_1 = 2.58\text{ V}$, $U_3 = 1.95\text{ V}$ va $\vartheta_s = 180\text{ °C}$ parametrlardan foydalanilgan holda o'lchangan.

Hisoblashlar

Tajribalarda o'lchangan grafiklarni baholashda vertikal chiziqlar yoki maksimumlar markazlarini chizish yordamida mos maksimumlar o'rtasidagi masofani o'lchashda foydalanildi. Tajribaviy misollarda o'rtacha qiymat $U_2 = 5.07\text{ V}$ ekanligi aniqlandi. Bu esa $\Delta E = 5.07\text{ eV}$ o'tish energiyasiga mos keladi.

Simob atomining asosiy holat $3S_0$ dan birinchi $3P_1$ holatga o'tish energiyasining adabiyotlarda topilgan qiymati $E_{Hg} = 4.9\text{ eV}$ ga to'g'ri keladi.

Birinchi maksimumning holati foydalanilgan elektrod materiallarining kontakt kuchlanishlari orqali va boshqaruvchi potentsial U_1 yordamida aniqlandi. Yuqoriroq tartibdagi maksimumlar o'rtasidagi masofaning kattaroq qiymati xarakteristik trubka chizig'ida Frank-Gers grafigining superpozitsiyasi sababli bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Atomning metastabil holatini tushuntiring
2. Atomning asosiy holatini tushuntiring
3. N.Bor postulotlarini tushuntiring
4. Atomlarning diskret energetik sathlari nima?
5. Katod nakal qizdirish kuchlanishi nima?
6. Tezlashtiruvchi potentsialni tushuntiring

3-LABORATORIYA ISH

Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash

Ishning maqsadi: Elektronlarning magnit maydonida aylanma orbita bo'ylab og'ishini o'rganish. Magnit maydoni induksiyasi (B) ni doimiy r radiusli orbitadagi elektronlarni tezlashtiruvchi potensial (U) ning funksiyasi sifatida aniqlash. Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash.

Kerakli asboblari: Elektron nur trubkasi, o'lchash qurilmasi va ushlab turgichiga ega bo'lgan Gelmgols g'altagi, trubkaning energiya manbai 0 dan 500 V, DC energiya manbai 0...16 V, 0...5, multimetr LDanalog 20, $l = 2$ m lentali o'lchagich, xavfsiz ulash simlari 25 sm, 50 sm, 100 sm, fizikaviy universal o'lchash asboblari, aksial B-Sensor, S kengaytirish kabeli.

Ishning nazariy qismi: Elektron zaryadining massasiga nisbati $\frac{e}{m_e}$ elektronning solishtirma zaryadi deb ataladi. Elektronning solishtirma zaryadini o'lchash usullarining deyarli barchasi elektronning elektr va magnit maydonlaridagi harakatini o'rganishga asoslangan.

Tajribaviy yo'l bilan elektronning massasi m_e ni aniqlash qiyin. Elektronning solishtirma zaryadini tajribalarda aniqlash esa osonroq hisoblanadi

$$\varepsilon = \frac{e}{m_e} \quad (1)$$

agar elementar zaryad e ma'lum bo'lsa (1) ifodadan elektronning massasi m_e ni hisoblab aniqlash mumkin. Bir jinsli magnit maydoni induksiyasi (B) da maydonga perpendikulyar ravishda ϑ tezlik bilan harakatlanayotgan elektronga F_L Lorens kuchi ta'sir qiladi.

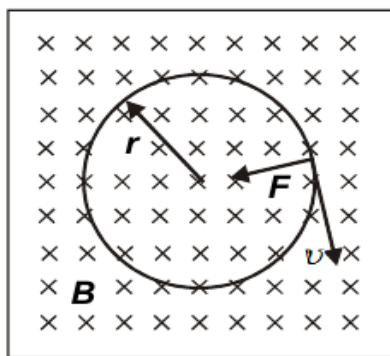
$$F_L = e\vartheta B \quad (2)$$

u tezlik vektori va magnit maydoniga perpendikulyar bo'ladi. Markazga intilma kuch (1-rasmga qarang)

$$F_{m.i.k} = m_e \frac{\vartheta^2}{r} \quad (3)$$

bu kuchlar ta'sirida elektron r radiusli orbitada harakatlanadi: (2) va (3) larni tenglashtirishsak

elektronni solishtirma zaryadi $\frac{e}{m_e} = \frac{\vartheta}{r \cdot B}$ bo'ladi.



1-rasm. Elektronlarning B magnit maydonida Lorens kuchi F ta'sirida harakati

Bu tajribada elektronlar elektron nur trubkasida U kuchlanish yordamida tezlashtiriladi. Natijaviy kinetik energiya quyidagicha

$$e \cdot U = \frac{m_e}{2} \vartheta^2 \quad (4)$$

Shunday qilib elektronning solishtirma zaryadi :

$$\frac{e}{m_e} = \frac{2U}{(r \cdot B)^2} \quad (5)$$

Elektron nur trubkasida past bosimda vodorod molekulalari bo'ladi va ular elektronlar bilan to'qnashganda nur chiqaradi. Bu esa elektronlarning orbitasini bevosita ko'rinadigan bo'lishiga olib keladi va orbita radiusi lineyka bilan o'lchab olinishi mumkin. Magnit maydoni Gelmgols g'altaklar juftida hosil qilinadi va u Gelmgols g'altaklaridagi tok (I) ga to'g'ri proporsional induksiya hosil bo'ladi.

$$B = k \cdot I \quad (6)$$

Magnit maydonida harakat qilayotgan elektron orbitasi r doimiy bo'lib turganda, tezlashtiruvchi potensial (U) ning tok kuchi (I) dan bog'liqligi tenglamalarini shakl o'zgartirishdan hosil qilishi mumkin:

$$U = \frac{e}{m_e} \frac{1}{2} r^2 \cdot k^2 \cdot I^2 \quad (7)$$

Proporsionallik koeffitsiyenti

$$k = \mu_0 \left(\frac{4}{5} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{n}{R} \quad (8)$$

magnit doimiylik $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{V \cdot s}{A \cdot m}$ g'altakning radiusi $R = 150$ 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.

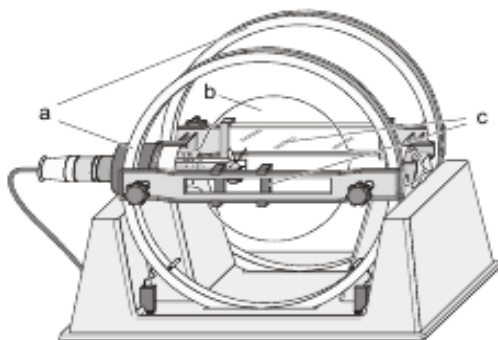
Texnika xavfsizligi

Diqqat: Elektron nur 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 elektron nur trubkasi ishlab turgan paytda, tutgichning ulash paneli va Gelmgols g'altaklarida xavfli kontakt kuchlanishi mavjud bo'ladi.

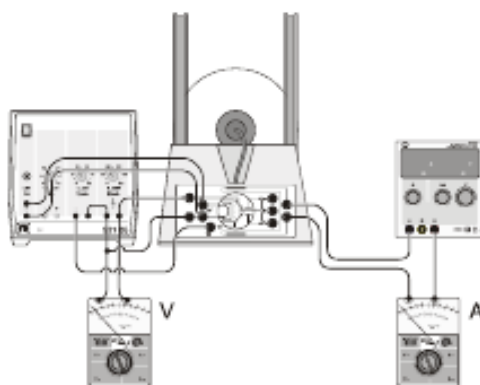
- Barcha ulash panellarini xavfsiz ulash simlari yordamida ulang.
- Tajribaviy qurilmani takroriy va qayta ulashdan oldin barcha energiya manbalarining o'chganligiga ishonch hosil qiling.
- Elektr zanjirini to'la ulab bo'lmaguncha energiya manbalariga ulamang.
- Eksperimental qurilmaga, xususan, Gelmgols g'altaklariga ish jarayonida tegmang.
- Portlash xavfi mavjud, chunki 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 ishlatang.
- Tutgichning qutbli vilkasini shisha asosga ehtiyotlik bilan ulang

Qurilma

Izoh: O'lchashlarni qorong'ilashtirilgan kamerada bajaring. Gelmgols g'altaklaridan 2 A dan katta toklar faqat qisqa vaqt oralig'ida o'tkazilishi mumkin. Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash qurilmasi 2-rasmda va uning ulash chizmasi 3-rasmda ko'rsatilgan.



2-rasm. Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash uchun tajriba qurilmasi.
a) Gelmgols g'altaklari b) vakuum nur trubkasi c) o'lchash asbobi

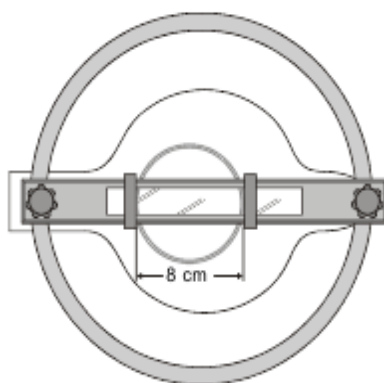


3-rasm. Elektronni solishtirma zaryadini aniqlash tajriba qurilmasining elektr chizmasi

- Trubkani energiya manbayidan uzing va barcha potensiometr aylanuvchi qismini eng chap holatga qo'ying.
- Elektron nur trubkasining 6.3-V li kirish oxirini trubka manbayining 6.3-V li chiqishiga ulang.
- Trubka manbayining 50 V lik chiqishining musbat qutbini 500 V lik chiqishining manfiy qutbi bilan qisqa tutashtiring va toza nur trubkasining (katod) "-" rozetkasi bilan ulang.
- Elektron nur 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 voltmetrni (o'lchash chegarasi 300V) 500 V lik chiqishga ulang.
- Elektron nur trubkasining og'diruvchi plastinkalarini anodga ulang.
- DC energiya manbayi va ampermetrni (o'lchash chegarasi 3A) Gelmgols g'altaklari bilan ketma-ket ravishda ulang.
- Trubkaning energiya manbayini qo'shing va tezlashtiruvchi kuchlanishni $U=300$ V ga o'rning.
- Termoelektron emissiya bir necha minutdan keyin, katod qizib olgandan keyin boshlanadi.
- Elektronlar nurining fokusini Venalt silindridagi kuchlanishni 0....10 V oraliqda o'zgartirish bilan aniq, o'tkir uchli nur hosil bo'lguncha optimallashtiring.
- Gelmgols g'altaklarini DC energiya manbayiga 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 o'chiring.
- Magnit maydon qutblarini o'zgartirish uchun DC energiya manbayining chiqishidagi kontaktlar qutblarini almashtirib ulang.
- Agar elektronlar yopiq orbita bo'yicha harakatlanmasdan spiralsimon egri chiziq bo'yicha harakat qilsa har ikkala kronshteynning mahkamlovchi boltlarini bo'shating.
- Vakuum nur trubkasini uning bo'ylama o'qi atrofida ehtiyot bo'lib, elektronlar nuri yopiq orbita hosil qilguncha aylantiring.
- Mahkamlash boltlarini 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'rning.
- 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.
- Tezlashtiruvchi potensial U ni 10 V qadam bilan 200 V gacha kamaytirib boring va elektron nurlarining orbita diametri 8 sm ga teng bo'lgan g'altakdagi tok I ni tanlab oling.
- Tezlashtiruvchi potensial U va g'altak toki I ni yozib oling.



4-rasm. O'lchash asbobi bilan orbita diametrini o'lchash

Gelmgols magnit maydonini kalibrovka qilish:

Magnit maydonini kalibrovka qilish uchun qurilma 5-rasmda ko'rsatilgan. Yuqorida qo'shimcha tavsiya etilgan asboblarni o'lchash ishlarini olib borish uchun zarur bo'ladi.

-Agar lozim bo'lsa barcha energiya manbalarni tarmoqdan uzing.

-O'lchash qurilmasini va Gelmgols g'altaklarini oldingi tarafdagi siljiting, vakuum nur trubkasiga ulanishlarni va ikki kronshteynning mahkamlash boltlarini bo'shating.

- Ehtiyotlik bilan elektron nur trubkasini chiqarib oling va uni original korpusiga joylashtirib qo'ying.

-Oldingi tarafdagi Gelmgols g'altaklarini qayta yig'ing va ulang.

-Aksial B-sensorni teslametrga ulang (o'lchash chegarasi 20 mT) va nol nuqtani kalibrovka qiling.

-Aksial B- sensorni Gelmgols g'altaklarining magnit maydoniga parallel ravishda juft g'altaklar 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:

- Elektron nur trubkasini ko'rsatmasiga muvofiq qayta yig'ing.

O'lchash misollari

1-jadval: G'altakdagi tok I tezlashtiruvchi potensial U ning funksiyasi sifatida doimiy $r = 0,04$ m radiusli orbita uchun olingan qiymatlari

1-jadval

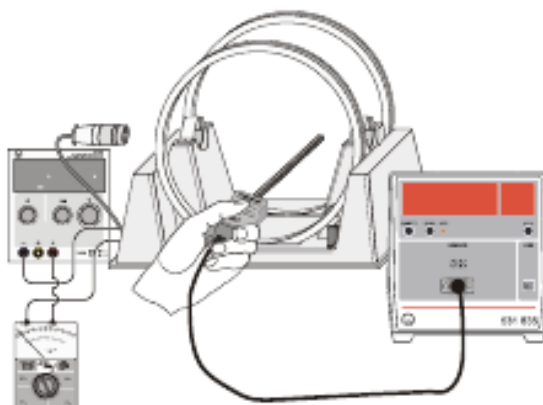
U (V)	I(A)
300	2.15
290	2.10
280	2.07
270	2.03
260	2.00
250	1.97
240	1.91
230	1.88
220	1.83
210	1.79
200	1.75

2-jadval: Gelmgols g'altaklarining B magnit maydoni g'altakdagi tok I ning funksiyasi sifatida olingan qiymatlari

2-Jadval

I (A)	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



5-rasm. Gelmgols magnit maydonini kalibrovka qilish uchun qurilma

Baholash va natijalar

6-rasmda 1-jadvaldagi o'lchangan qiymatlarning grafigi (8) tenglamaga muvofiq chiziqli ko'rinishda keltirilgan. Natijaviy grafikning qiyaligi koordinata boshida quyidagicha:

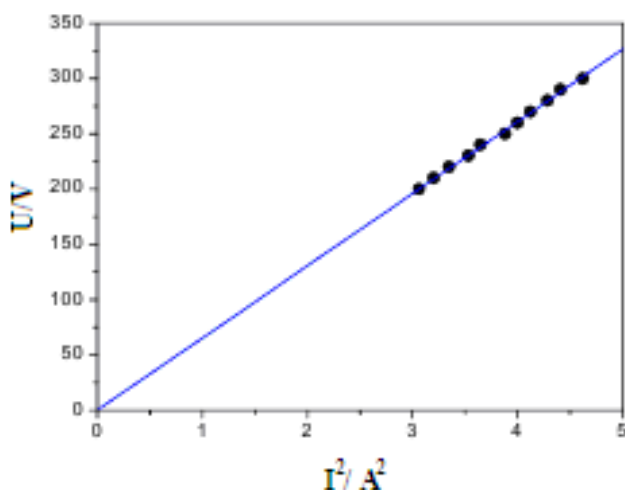
$$\alpha = 65,3 \frac{V}{A^2}$$

tenglamaga ko'ra elektronning solishtirma zaryadi:

$$\frac{e}{m_e} = \frac{2 \cdot \alpha}{r^2 \cdot k^2}$$

Keyingi hisoblashlarga proporsionallik 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.



6-rasm. 1- jadvaldagi o'lchash natijalarining grafigi.

Proporsionallik faktori k ni Gelmgols magnit maydoni kalibrovkasidan aniqlash. 2-jadvaldagi o'lchangan qiymatlar yoki 7-rasmdagi to'g'ri chiziqning koordinata boshidan o'tkazib, quyidagini olamiz $k = 0,67 \frac{mT}{A}$ va undan keyin

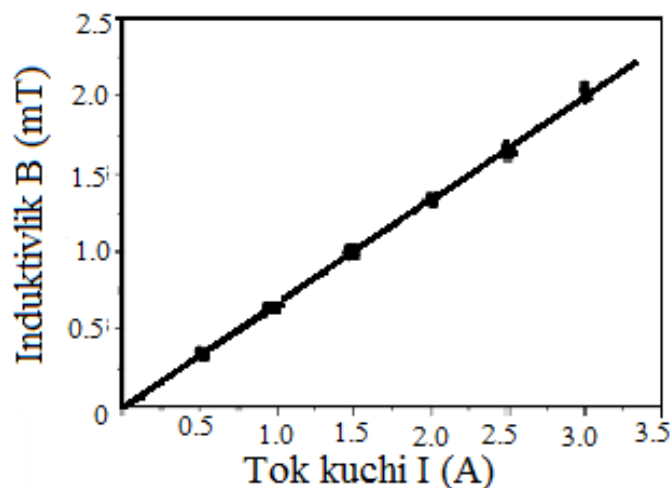
$$\frac{e}{m_e} = 1.8 \cdot 10^{11} \frac{A \cdot s}{kg}$$

Proporsionallik faktori k ni hisoblab $k = 0,78 \frac{mT}{A}$ ekanligini topamiz va undan keyin

$$\frac{e}{m_e} = 1.3 \cdot 10^{11} \frac{A \cdot s}{kg}$$

Hosil qilingan qiymat:

$$\frac{e}{m_e} = 1.76 \cdot 10^{11} \frac{A \cdot s}{kg}$$



7-rasm. Gelmgols g'altagining magnit maydoni uchun kalibrovka grafigi

Nazorat savollari

1. Solishtirma zaryad nima?
2. Elektronning elektr va magnit maydonlaridagi harakat tenglamasini yozing
3. Magnetronning ishlash prinsipini tushuntiring
4. $J_a = f(B)$ bog'lanishni tushuntiring
5. Kritik tokni tushuntiring
6. $\frac{e}{m_e}$ ni aniqlash usullari haqida ma'lumot bering
7. Magnit maydon bo'lmaganida elektronning kinetik energiyasi ifodasini yozib bering
8. Anod tokining kamayishiga sabab nimada?
9. Magnit maydoni ta'sirida esa elektronlar qanday harakatlanadi
10. Elektronning radial harakatini to'la ifodalovchi tenglamani yozing

4 - LABORATORIYA ISHI

Vodorod atomining Balmer seriyalarining to'lqin uzunligini aniqlash

Ishning maqsadi: Ajrata olish qobiliyati yuqori bo'lgan difraksion panjara yordamida vodorod atomi spektral chiziqlarini kuzatish. Balmer seriyalaridan H_α, H_β va H_γ larning to'lqin uzunliklarni aniqlash. Ridberg doimiysi R_∞ ni aniqlashdan iborat.

Kerakli asboblari: Balmer lampasi, Balmer lampalari uchun energiya manbai, Rouland panjarasi nusxasi, Prujina qisqichli tutgich, Linza ($f = + 50 \text{ mm}$, $f = + 100 \text{ mm}$),

rostanuvchi tirqish, kuzatish ekrani, kichik optik stol, V shakldagi shtativ 28 sm, Leybold ko'p tutgichi, o'lchash lineykasi 2 m.

Ishning nazariy qismi: Vodorod atomi bitta proton va uning atrofida aylanuvchi bitta elektrondan iborat eng oddiy atom bo'lganligi uchun uning nurlanish spektri ham sodda qonuniyatlar bilan ifodalanadi. 1885 yilda Balmer vodorod atomining ko'zga ko'rinadigan spektral chiziqlari quyidagi qonuniyatga bo'ysunishini ko'rsatdi: Balmer formulasi keyinchalik atomning Bor modeli asosida tushuntirildi.

$$\frac{1}{\lambda} = R' \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 3, 4, 5 \dots)$$

$$R' = 1,1 \cdot 10^7 \frac{1}{M} R$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \text{ bo'lganligi uchun, } \lambda = \frac{c}{\nu}; \text{ bundan}$$

$$\nu = R'C \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (n = 3, 4, 5 \dots)$$

$$R = R'C = 1,1 \cdot 10^7 \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{1}{M} \frac{M}{C} = 3,29 \cdot 10^{15} \frac{1}{C};$$

$$R = R' \cdot C$$

bu yerda $\nu = \frac{1}{\lambda}$ -to'lqin soni, λ -to'lqin uzunligi, R' -Ridberg doimiysi ($R' = 109678 \text{ sm}^{-1}$

bo'lganda tajriba natijalari yaxshi tushuntiriladi). Keyinchalik vodorod atomi nurlanish spektrining boshqa seriyalari ham o'rganildi. Bu nurlanish chiziqlari spektrning ultrabinafsha qismida yotuvchi Layman, infraqizil qismida yotuvchi Pashen, Brekktet, Pfund, Xemfri seriyalari deb ataladi:

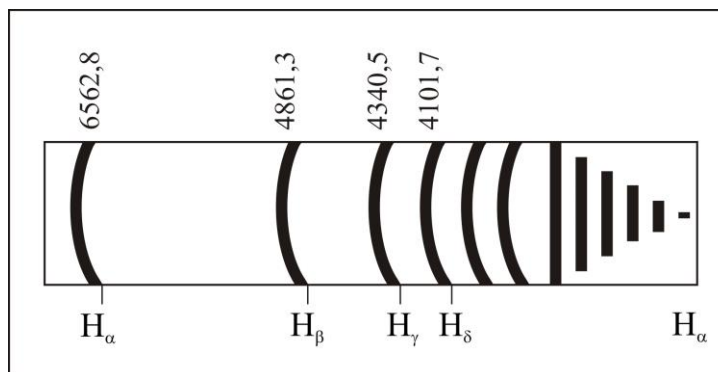
$$\nu = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right), (n = 4, 5, 6 \dots)$$

$$\nu = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right), (n = 5, 6, 7 \dots)$$

$$\nu = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right), (n = 6, 7, 8 \dots)$$

$$\nu = R \left(\frac{1}{6^2} - \frac{1}{n^2} \right), (n = 7, 8, 9 \dots)$$

Har bir seriyaga tegishli birinchi chiziq bosh kvant soni (n)ning minimal qiymati bilan aniqlanib, minimal chastotaga ega bo'ladi. Bosh kvant soni (n) ortishi bilan seriya chiziqlari bir-biriga yaqinlashib boradi, spektral chiziq chastotasi esa ortib boradi. $n \rightarrow \infty$ da H_∞ -seriya chegarasi hosil bo'ladi. 1-rasmda vodorod atomining Balmer seriyasi spektral chiziqlari ko'rsatilgan.



Bu laboratoriya ishida foydalaniladigan optik spektrometrdagi Balmer seriyasining birinchi to'rtta chizig'i yaxshi kuzatiladi. Vodorod atomi spektral seriyalarini umumlashgan Balmer formulasi bilan ifodalash mumkin

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), m=1,2,3... n=m+1 \quad (2)$$

$m=1,2,3,...$ va $n=m+1, m+2,...$ Bu formulada m berilgan seriya uchun o'zgarmas bo'ladi. (2) formuladan Ridberg–Rits kombinatsiya prinsipi kelib chiqadi. Bu prinsipga ko'ra, biror seriyaga tegishli ikkita to'liq sonlari ayirmasi boshqa seriyaga tegishli biror spektral chiziq to'liq soniga teng bo'ladi. Umumlashgan Balmer formulasini quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) = T(m) - T(n) \quad (3)$$

Bu yerda $T(m)$ va $T(n)$ –spektr termlari yoki termlar deb ataladi. Borning ikkinchi postulati ko'ra

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_m - E_n$$

Ikkinchi tomondan,

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = hcT(m) - hcT(n) = hcR \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (4)$$

Demak, term ma'lum statsionar holatni, termlar ayirmasi esa ikki statsionar holatlar ayirmasini yoki nurlanish energiyasini ifodalay ekan, chunki:

$$E_m = \frac{hcR}{m^2} \quad \text{va} \quad E_n = \frac{hcR}{n^2} \quad (5)$$

Agar elektronning spini hisobga olinmasa, uning vodorod atomidagi holati Shredinger tenglamasi bilan ifodalanadi. Shredinger tenglamasining yechimi esa elektronning energiya holatlari uchun quyidagi formulani beradi:

$$E = -\frac{Z^2 e^4 m_e}{32 \pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad (6)$$

Bu formulada m_e –elektronning massasi, e -uning zaryadi, $n = 1,2,3...$ bosh kvant soni deb ataladi. E_n qiymatlari esa atomning statsionar holatlaridagi energiya qiymatini ko'rsatadi. (6) ifodadan E_n va E_m holatlar energiya farqlari uchun

$$h\nu = E_n - E_m = \frac{Z^2 e^4 m_e}{32 \pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2} \left(\frac{1}{n_m^2} - \frac{1}{n_n^2} \right) \quad (7)$$

hosil bo'ladi. Bu formulani (4) formula bilan taqqoslasak, Ridberg doimiysi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$R_\infty = \frac{Z^2 e^4 m_e}{64 \pi^3 \epsilon_0^2 \hbar^3 c} \quad (8)$$

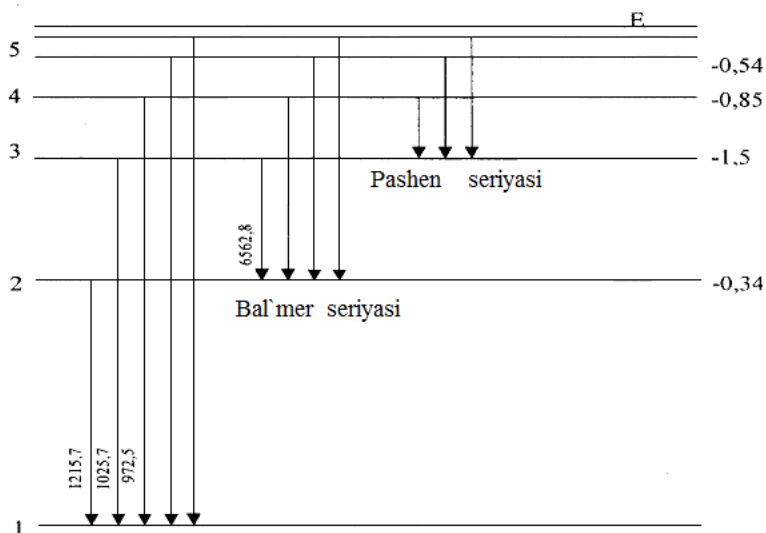
Bu yerda Ridberg doimiysiga ∞ indeksi quyildi. Chunki (8) formulani olishda vodorod atomining yadrosi tinch turadi va uning massasi cheksiz katta deb hisoblandi. Aslida esa, vodorod atomining yadrosi chekli massaga ega va u bilan elektron umumiy massa markazi atrofida harakatlanadi. Bu holni e'tiborga olish uchun (8) formuladagi elektron massasi m_e ni quyidagi keltirilgan massa bilan almashtirish kerak

$$\mu = \frac{M_H m_e}{M_H + m_e} \quad (9)$$

bu yerda M_H –vodorod atomi yadrosining massasi. U holda,

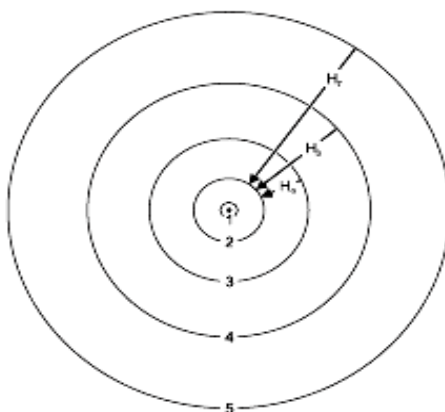
$$R = \frac{R_{\infty}}{1 + \frac{m_e}{M_H}} \quad (9)$$

bo'ladi. Vodorod atomi uchun $R=109677,6 \text{ sm}^{-1}$ kelib chiqadi. Bu qiymat Ridberg doimiysining nazariy qiymatidan farq qiladi va uning tajriba qiymatiga esa yaqindir. 2-rasmda vodorod atomining energiya sathlari diagrammasi ko'rsatilgan. Sathlar orasidagi o'tishlar strelkalar bilan ifodalangan.



2-rasm. Vodorod atomining energiya sathlari orasidagi o'tishlar tufayli seriyalarni hosil bo'lishi

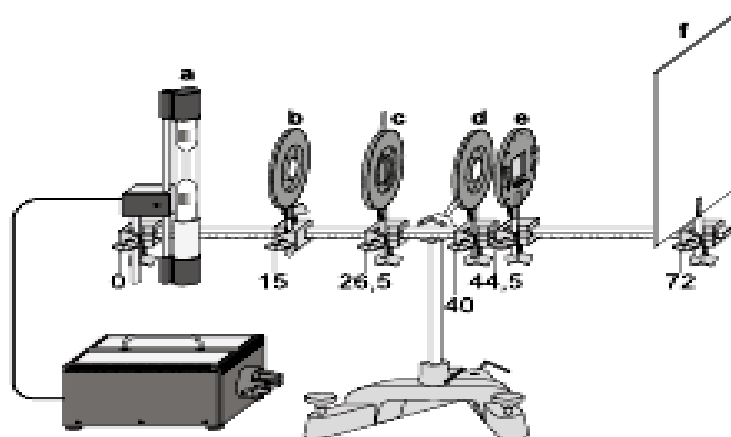
Berilgan seriya chiziqlari uchun m ning qiymati o'zgarmas bo'lib, n esa $m+1$ dan ∞ ga qadar o'zgaradi. Biz kuzatadigan Balmer seriyasi uchun $m=2$ va yaxshi kuzatiladigan birinchi to'rt spektral chiziqlar uchun $n=3,4,5,6$ qiymatlarni qabul qiladi.



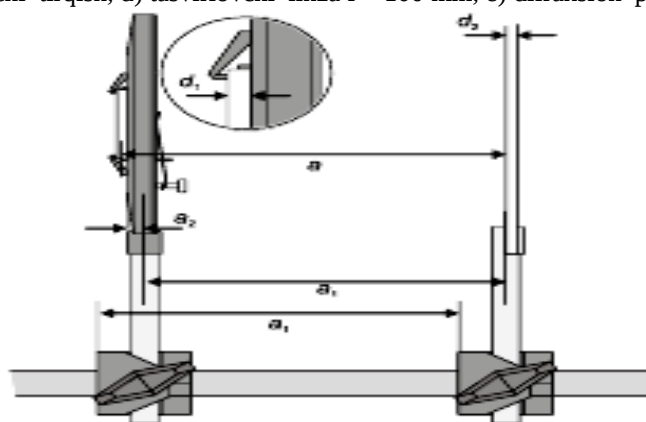
3-rasm. Vodorod atomining Bor modeli, Balmer seriyalarini hosil bo'lishi

Qurilma

Izoh: Spektral chiziqlar faqat to'lig'icha qorong'ilashtirilgan xonada kuzatilishi mumkin. Eksperimental qurilma 4- va 5-rasmlarda keltirilgan.



4-rasm. Atomar vodorodning Balmer seriyalarini o'rganish uchun eksperimental qurilma (rasmda optik stol ustida Leybold ko'p tutgichining chap qismi vaziyati ko'rsatilgan). a) Balmer lampasi, b) tasvirlovchi linza $f = 50$ mm, c) rostlanuvchi tirqish, d) tasvirlovchi linza $f = 100$ mm, e) difraksion panjara, f) ekran



5-rasm. Rouland panjarasi va kuzatish ekranining batafsil chizmasi

Qurilmani tuzish:

- Agar lozim bo'lsa, Balmer lampasini tutgichga ko'rsatmalar kitobida ifodalangandek qilib mahkamlang.
- Kichik optik stolni o'rnatib va 4-rasmda ko'rsatilgandek Leybold ko'p tutgichni mahkamlang. Ikkinchi ko'p tutgich 180° ga burila olishi lozim.
- Balmer lampasi mahkamlangan tutgichni optik stolga o'rnatib, energiya manbayini tarmoqqa ulang va kalitni qo'shing.
- Ikki linzani, rostlanuvchi tirqishni va prujina qisqichli tutgichni yig'ing va ularni bir xil balandlikda to'g'rilang.
- Kuzatish ekranini 4-rasmda ko'rsatilgandek mahkamlang.

Qurilmani rostlash:

- Balmer lampasini optik o'qqa Leybold ko'p tutgichdagi moslama va vertikal siljitchi yordamida to'g'rilang.
- $f = 50$ mm.li linzani optik o'qqa parallel va ortogonal ravishda rostlanuvchi tirqish aniq tasvirlanguncha siljiting.
- $f = 100$ mm.li linzani siljitish yordamida kuzatish ekranida tirqishning aniq tasvirini hosil qiling.

Tajribalarni o'tkazish:

- Rouland panjarasini yorug'lik yo'liga siljiting.
- Tajriba xonasini to'liq qorong'ilashtiring va yorug'lik o'tishini kuzatish ekraniga to'g'rilang.
- Rostlanuvchi tirqishni ekranda alohida ajralgan chiziqlar hosil bo'lguncha kichiklashtiring.
- Agar lozim bo'lsa Balmer lampasidan tushayotgan keraksiz yorug'likni karton qog'oz bilan to'sib qo'ying.

- Ekkranda chiziqlarning holatini va nolinni tartibning holatini belgilang.
- Ekkrandagi chiziqlar va nolinni tartib o'rtasidagi masofalar (b)larni o'lchang
- Rouland panjarasi va kuzatish ekkrani o'rtasidagi masofa a ni aniqlang (5-rasm).

O'lchash misollari

Panjaraning masofasi a :

ko'p tutgich 1 – ko'p tutgich 2: $a_1 = 275 \text{ mm}$

Tutgich o'rtasi – tutgich oxiri: $a_2 = 5 \text{ mm}$

Rouland panjarasi: $d_1 = 2.5 \text{ mm}$

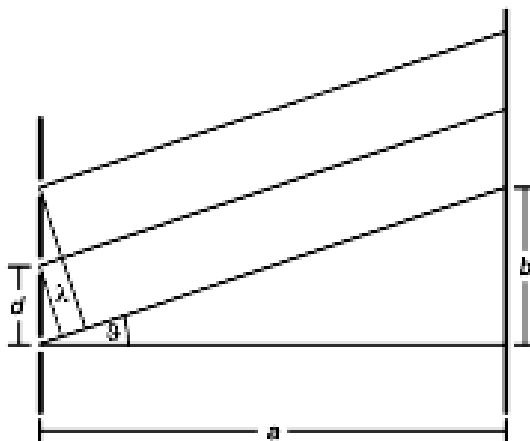
kuzatish ekkrani: $d_2 = 3 \text{ mm}$

Chiziqlar masofasi:

1-jadval: Chiziqlar va nolinni tartib o'rtasidagi masofalar b (panjara doimiysi $d = 600 \text{ mm}^{-1}$)

1-jadval

Rangi	Chap b (mm)	O'ng b (mm)
Qizil	121	123
Zangori rang	89	87
Ko'k	78	76



4-rasm. Difraksiyon panjarada difraktsiya

Hisoblashlar:

Panjara doimiysi: $d = 1,67 \mu\text{m}$

Panjara masofasi $a = a_1 + a_2 + \frac{d_1}{2} + d_2 = 284 \text{ mm}$

4-rasmdan $\sin\theta = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

To'lqin uzunligini aniqlash uchun.

$$\lambda = d \cdot \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad \text{yoki} \quad \nu = \frac{c}{d} \cdot \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{b}$$

mos ravishda c -yorug'likning vakuumdagi tezligi.

2-jadval: Kuzatilgan chiziqlarning to'lqin uzunligi va chastotasi

2-jadval

Rangi	Chiziq	$\lambda(\text{nm})$	$\nu(\text{THz})$	$\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$
Qizil	H_α	658	456	0.1389
Zangori rang	H_β	493	608	0.1875

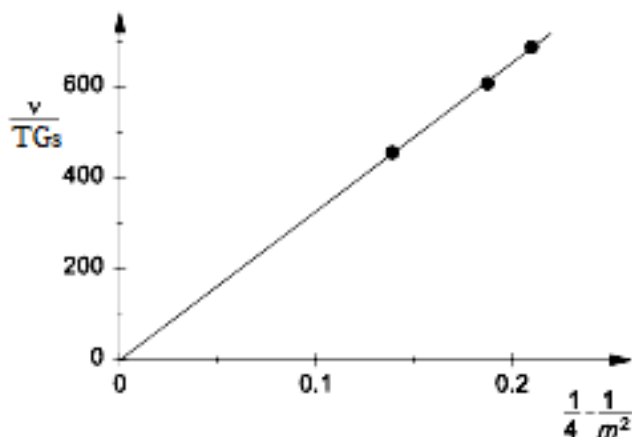
Ko'k	H_γ	436	688	0.2100
------	------------	-----	-----	--------

2-jadvalda H_α , H_β va H_γ larning tajribada aniqlangan to'lqin uzunligi va chastotasi keltirilgan.

5-rasmda chastotaning $\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$ dan bog'liqligi keltirilgan. Grafikning koordinata boshidan o'tayotgan to'g'ri chiziqning qiyaligi $R=3.27 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$ ga teng. Bu qiymat adabiyotlarda keltirilgan Ridberg doimiysining qiymati bilan a'lo darajada mos keladi.

Natijalar:

Vodorodning Balmer seriyalarining chastotalari Balmer formulasi yordamida aniqlanadi va u Borning atom modelidan kelib chiqadi.



5-rasm. Chastota ν ni $\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$ ning funksiyasi sifatida ifodalanishi

Nazorat savollari

1. Vodorod atomi tuzilishini tushuntiring
2. Bor postulatlarini aytib bering
3. Atomning diskret energetik sathlari haqida ma'lumot bering
4. Vodorod atomining spektri va spektral seriyalar haqida ma'lumot bering
5. Vodorod atomining Bor nazariyasi haqida ma'lumot bering
6. Kvant sonlari va ularning fizik mazmunini tushuntiring
7. Vodorod atomi spektral seriyalari haqida ma'lumot bering
10. Spektrometr va uning ishlashini tushuntiring

5 - LABORATORIYA ISHI

Elementar elektr zaryadi kattaligini Milliken usuli bilan aniqlash

Ishning maqsadi: Zaryadlangan yog' tomchisining vertikal elektr maydonida harakatini kuzatish. Elementar zaryadni zaryadlangan moy tomchilari Milliken kamerasida suzayotgandagi kuchlanishni o'lchash va kuchlanish o'chirilgandan keyin tomchining erkin tushish tezligini o'lchash yordamida (muvozanat metodi) aniqlash, kuchlanish o'chirilgandan keyin tomchining erkin tushish tezligini o'lchash va tomchining ko'tarilish tezligini kuchlanish bilan aniqlash yordamida (dinamik metod) aniqlash.

Kerakli asboblari: Milliken qurilmasi, Milliken qurilmasi uchun energiya manbayi, elektron soat-to'xtatgich, ulash simlari, sanagich. Elektron soat-to'xtatgich P va sanagich dinamik usul uchun zarur bo'ladi. Muvozanat usul uchun bu asboblardan faqat bittasi zarur bo'ladi.

Ishning nazariy qismi: Atomar holatga o'tgan moy tomchilari yassi kondensatorning bir

jinsli elektr maydoniga kiritiladi. Atomar holatga o'tish davrida moy tomchilari ishqalanish tufayli q zaryadga erishadi. Massasi m_{moy} bo'lgan tomchi kuchlanganligi E bo'lgan elektr maydonida quyidagi kuchlar ta'siri ostida bo'ladi:

- elektr maydoni ta'sir kuchi - $q \cdot E$.
- og'irlik kuchi $m_{\text{moy}} \cdot g$.

Tomchini havoda deb hisoblasak, unga quyidagi kuchlar ham ta'sir etadi:

- $m_L \cdot g$ ko'taruvchi kuch, bu yerda m_L tomchi qisib chiqargan havoning massasi;
- Agar tomchi atrofdagi havoga nisbatan harakatlanayotgan bo'lsa, Stoksning ishqalanish kuchi - $6\pi\eta g$ (bu yerda η havoning yopishqoqlik koeffitsiyenti, r - tomchining radiusi, g - harakat tezligi).

Maydon bo'lmagan fazoda tushish tezligi, tomchining radiusi r ni aniqlash:

Agar tomchi maydon bo'lmagan fazoda doimiy tezlik g_1 bilan tushsa, og'irlik, ko'tarish kuchining teskari qiymati va Stoksning ishqalanish kuchining yig'indisi nolga teng bo'ladi, ya'ni $m_{\text{moy}} \cdot g - m_L \cdot g - 6\pi\eta g_1 = 0$ bu yerda $m_{\text{moy}} - m_L = m$ u vaqtda quyidagini olamiz:

$m_g - 6\pi\eta g = 0$ bu yerda m_g - ko'tarish kuchi tufayli o'girlikning kamayishi.

$\rho_{\text{moy}} - \rho_L = \rho$ bu yerda ρ_{moy} - moyning zichligi, ρ_L - havoning zichligi.

Quyidagini hosil qilamiz:

$V\rho g - 6\pi\eta g_1 = 0$ Tomchining hajmi $V = (4/3)\pi r^3$ bo'lsa $(4/3)\pi r^3 \cdot \rho \cdot g - 6\pi\eta g_1 = 0$

Bu ifodadan biz tomchining radiusini topishimiz mumkin

$$r = \sqrt{\frac{9\eta g_1}{2\rho g}} \quad (1)$$

Agar plastinkalari orasidagi masofa d bo'lgan a plastinkali kondensator qoplamalariga U kuchlanish qo'yilsa, tomchi doimiy g_2 tezlik bilan ko'tariladi. Ko'tarish kuchi tufayli kamaygan og'irlik, Stoks ishqalanish kuchi va elektr maydonining kuchlarining yig'indisi nolga teng bo'ladi, ya'ni $mg - qE + 6\pi\eta g_2 = 0$

bu yerda $E = \frac{U}{d}$ va $mg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g$ bo'lgani uchun

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - \frac{qU}{d} + 6\pi\eta g_2 = 0 \quad (2)$$

Agarda elektr maydoni shunday bo'lsaki, tomchi muvozanatda bo'lsa Stoksning ishqalanish kuchi ta'sir etmaydi u holda

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - \frac{qU}{d_2} = 0 \quad (3)$$

Milliken qurilmasidan foydalanib moy tomchisining zaryadi q ikki usul bilan aniqlanishi mumkin:

- muvozanat metodi;
- dinamik metod;

Muvozanat usulida kondensatorga qo'yiladigan kuchlanish tomchini muvozanat holatda ushlab tura oladi U vaqtda g_1 tezlik kondensatoridagi kuchlanish uzilgan holda tomchining tushish tezligi bo'ladi.

(1) va (3) tenglamalardan foydalanib quyidagini hosil qilamiz:

$$q = \frac{6\pi\eta g_1}{U} \sqrt{\frac{9\eta g_1}{2\rho g}} \quad (4)$$

Agarda quyidagi kattaliklarning qiymatlarini o'rniga qo'ysak

$\eta = 1.81 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$;

$d = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$;

$\rho_{\text{moy}} = 875,3 \text{ kg/m}^3$;

$$\rho_L = 1,29 \text{ kg/m}^3;$$

$$\rho = 874 \text{ kg/m}^3;$$

tomchining zaryadi quyidagiga teng bo'ladi:

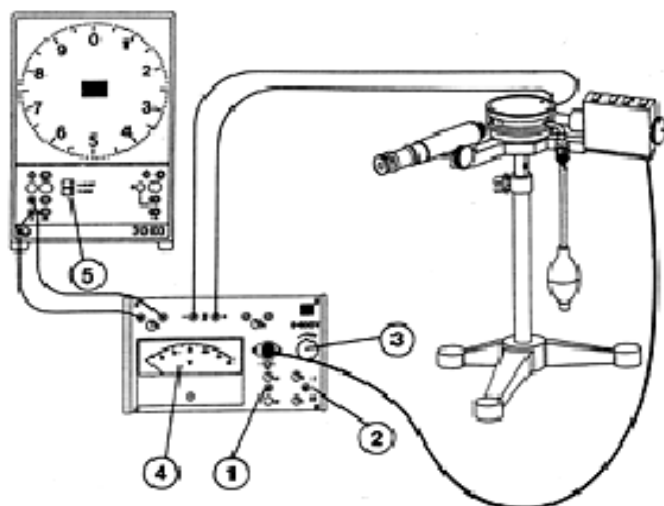
$$q = 2 \cdot 10^{-10} \frac{U_1^{3/2}}{U} A \cdot s \quad (5)$$

Dinamik usul holda, maydon bo'lmagan fazoda, tomchining tushish tezligi g_1 va U kuchlanish qo'yilgan holdagi ko'tarilish tezligi g_2 lar o'lchab olinadi. (1) va (2) tenglamalardan foydalangan holda q zaryad uchun quyidagini olamiz:

$$q = (g_1 + g_2) \frac{g_1^{1/2}}{U} \eta^{3/2} \left(\frac{18\pi d}{(2\rho g)} \right)^{1/2}$$

Qiymatlarni o'rniga qo'yib quyidagini olamiz:

$$q = 2 \cdot 10^{-10} (g_1 + g_2) \frac{g_1^{1/2}}{U} A \cdot s \quad (6)$$



1-rasm. Muvozanat usuli uchun elektron soat - to'xtatgich P bilan tuzilgan elektr zanjir

1. Soat-to'xtatgich zanjirini qo'shish uchun elektr zanjir; 2. Energiya manbayini qo'shish va ajratish uchun kalit;
3. DC kuchlanish potentsiometri; 4. Voltmetr; 5. Boshlash/To'xtatish.

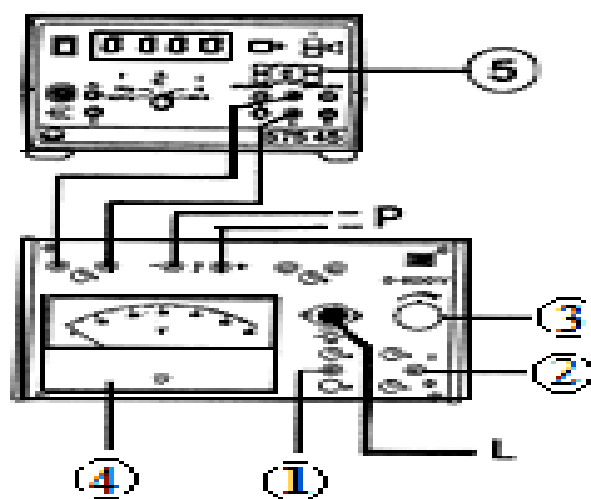
Agar sanagichdan foydalanilsa:

Sanagichni asosiy qo'shgich yordamida qo'shing. Sanagich ustidagi qo'shgichni vaqtni o'lchash diapozoniga o'rnatish. Elektron soat-to'xtatgich yordamida vaqtni o'lchash diapozoni faqat 10 s gacha bo'lishi mumkin. Agar o'lchash vaqti 10 s dan ortib ketsa oldingi paneldagi qizil lampacha yonadi. 20 s dan ortiq o'lchash vaqtini displey 10 s va 20 s oralig'idagi o'lchash vaqtidan farqlab bera olmaydi.

Qurilmani tuzish:

- Milliken qurilmasini yig'ing va foydalanish ko'rsatmalari kitobchasiga muvofiq holda uni moy bilan to'ldiring.
 - 1-rasmda ko'rsatilgandek, muvozanat usuli uchun elektr zanjiri tuzing.
 - Energiya manbayi sistemasini blokning orqa tarafidagi qo'shgich yordamida qo'shing.
- Okulyar mikrometrini vertikal ravishda o'rnatish va qora halqani burash yordamida uni fokuslang. Rezina sharni qisish yordamida Milliken kamerasi ichiga moyni atoma holda o'tkazing. Vintni burash yordamida moy tomchilarini fokuslang.
- Mikroskop teskari tasvir hosil qiladi. Shuning uchun barcha harakatlarning yo'nalishi teskari holda ko'rinadi. Quyida, barcha harakatlar mikroskopda ko'ringanidek izohlanadi.
 - Vaqt displeyini reset knopkasini bosish bilan nolga qo'ying.

Izoh: Elektr zaryadining kvantlanishini taxminan 6-8 marta tajriba o'tkazilgandan keyin amalga oshirish mumkin. Bu tajribalar sonining ikki yoki uch marta ko'prog'idan keyin elementar zaryadni aniqlash maslahat beriladi.



2-rasm. Muvozanat usuli uchun sanagich P bilan tuzilgan elektr zanjir.

1. Soat-to'xtatgich zanjirini qo'shish uchun elektr zanjir, 2. Energiya manbayini qo'shish va ajratish uchun kalit,
3. DC kuchlanish potentsiometri, 4. Voltmetr, 5. Boshlash/To'xtatish.

Tajribalarni o'tkazish

- Rezina sharchani qisman bosish bilan moyni Milliken kamerasi ichiga atomar holatda kiriting. Keyingi o'lchashlar uchun $U=0$ bo'lganda 1-2 shkala bo'limi/sekund tezlik bilan "ko'tarilayotgan" tomchini va $U=600$ V bo'lganda 1-2 shkala bo'limi/sekund tezlik bilan "tushayotgan" tomchini toping.

Muvozanat usuli:

O'lchash kattaliklari:

- Moy tomchisi muvozanatda bo'ladigan kuchlanish U .

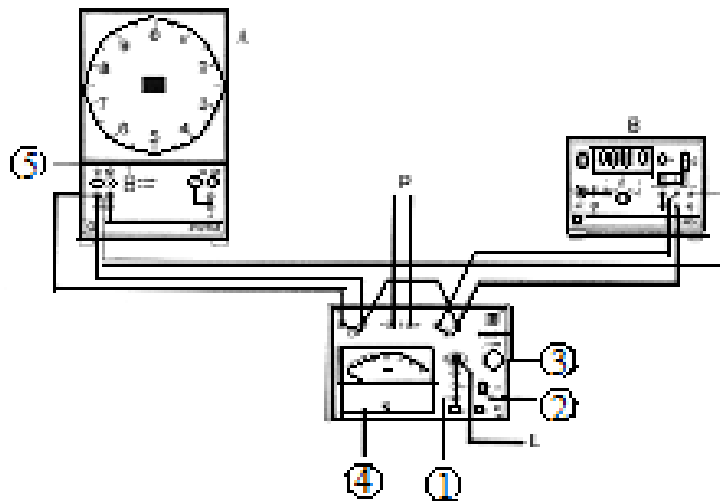
- U kuchlanish o'chirilganda moy tomchilari x shkala barcha bo'limlari orasidagi masofani o'tish uchun ketadigan vaqt t .

1. (1) va (2) qo'shgichlarni qo'shing. Soat-to'xtatgich o'lchashlarni o'tkazishga tayyor va kondensatorning energiya manbayiga ulanishiga tayyor.

2. (3) aylanuvchi ruchka yordamida U kuchlanishni shunday rostlangki, eng pastda kuzatilayotgan tomchi 1 muvozanatda bo'lsin, kuchlanish U ni yozib oling.

3. (2) pereklyuchatelni "0" holatga siljiting, shunda U kuchlanish o'chiriladi, shu vaqtda soat-to'xtatgich ishlay boshlaydi.

4. Ko'tarilayotgan tomchini kuzating va tomchi x shkala bo'limlarini o'tib bo'lganda (5) knopkani bosib soatni to'xtating.



3-rasm. Dinamik usul uchun soat-to'xtatgich elektr zanjiri. L: ko'rsatish sistemasi uchun, P: kondensator platasi uchun. 1. Soat-to'xtatgich zanjirini qo'shish uchun elektr zanjir; 2. Energiya manbayini qo'shish va ajratish uchun kalit; 3. DC kuchlanish potentsiometri; 4. Voltmetr; 5. Boshlash/To'xtatish

Dinamik usul

O'lchash kattaliklari:

- U kuchlanish ulanganda moy tomchilari x shkala barcha bo'limlari orasidagi masofani o'tish uchun ketadigan vaqt t_2 .

- kondensatorga ulangan U kuchlanish.

- U kuchlanish o'chirilganda moy tomchilari x shkala barcha bo'limlari orasidagi masofani o'tish uchun ketadigan vaqt t_1 .

1. (1) qo'shgichni pastki holatga va (2) qo'shgichni yuqorigi holatga o'rnatish. Soat-to'xtatgich zanjiri ochiq va kondensatorning energiya manbayiga ulanishiga tayyor.

2. (3) aylanuvchi dastak yordamida U kuchlanishni 500 V dan 600 V gacha shunday rostlangi, eng pastda kuzatilayotgan tomchi sekin "tushsin" kuchlanish U ni yozib oling.

3. Sekin tushayotgan tomchini kuzatish sohasidan tanlab oling va u o'lchash belgisidan o'tganda (shkala bo'limi 40) (1) qo'shgichni qo'shing, B soat-to'xtatgich ko'tarilish vaqti t_2 ni elektr maydon qo'shilganda o'lchashi lozim.

4. Tushayotgan tomchini kuzating va u ikkinchi o'lchash belgisidan o'tganda (shkala bo'limi 60) (2) qo'shgichni "0" holatga qo'ying. Kondensator kuchlanishi o'chirilgan, B soat to'xtagan va shu vaqtda A soat ishlay boshlagan bo'ladi.

5. Ko'tarilayotgan tomchini kuzating va u birinchi o'lchash belgisidan qaytadan o'tganda A soatni (5) to'xtatish knopkasini bosib to'xtating.

O'lchash misollari.

Mikrometr shkalasi bo'limlarini hisoblayotganda, biz obyekt kuchaytirishni, ya'ni, $1.875x$ ni inobatga olishimiz zarur.

$$s = \frac{x}{1.875} \cdot 10^{-4} m$$

a) Muvozanat usuli:

$$U = 213 V; \quad x_A = 10 \quad t_1 = 8.34 s;$$

b) Dinamik usul:

$$U = 500 V; \quad x_2 = 20 \quad t_2 = 20.5 s;$$

$$x_1 = 20 \quad t_1 = 5.98 s;$$

Baholash va natijalar:

a) uchun

$$g_1 = \frac{S_1}{t_1} = \frac{10}{1.875} \cdot 10^{-4} \frac{1}{8.34} = 0.64 \cdot 10^{-4} m/s$$

$$q = \frac{\vartheta_1^{3/2}}{U} \cdot 2 \cdot 10^{-10} \text{ A} \cdot \text{s} = 4.81 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s}$$

b) uchun

$$\vartheta_1 = 1.78 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}; \quad \vartheta_2 = 0.518 \cdot 10^{-4} \text{ m/s};$$

$$q = (\vartheta_1 + \vartheta_2) \frac{\vartheta_1^{1/2}}{U} \cdot 2 \cdot 10^{-10} \text{ A} \cdot \text{s} = 6.62 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s}$$

q zaryadni hisoblashning yuqoridagi usuli barcha o'lchash ma'lumotlari uchun mos ravishda foydalaniladi. Elektr zaryadining kvantlanishi gistogramma ko'rinishida ko'rsatilsa ancha aniqroq ifodalanadi. O'lchangan natijalarda elementar zaryad e ning butun son N ga ko'paytmasi sifatida guruhlanadi. Elementar zaryad e eng katta umumiy bo'luvchini hisoblash yordamida zaryadning turli qiymatlaridan aniqlanadi

$$q = Ne.$$

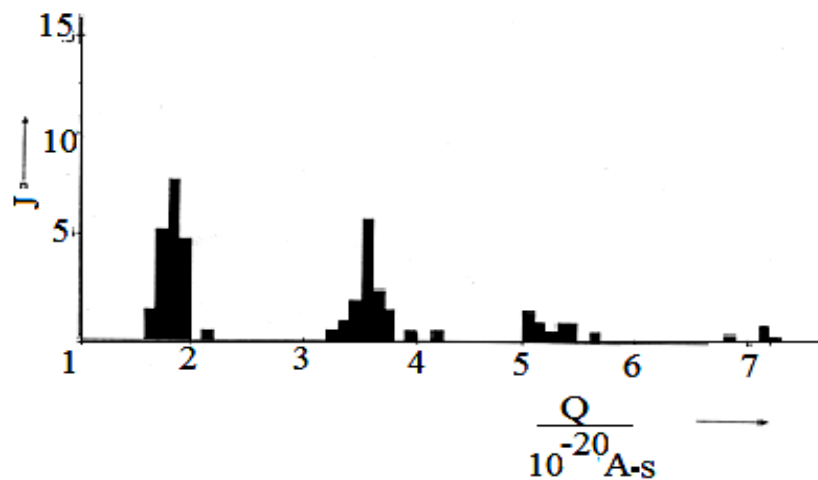
$N = 3$; $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s}$ muvozanat usuli uchun (a bo'lim);

$N = 4$; o'lchash misollaridagi dinamik usul uchun (b bo'lim);

$$e = 1.65 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s};$$

Elementar zaryad q_e uchun barcha o'lchash natijalarining o'rtacha qiymati $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s}$ ga nisbatan taxminan 10% ga kattaroq chiqmoqda.

Bu qiymatdan chetlanish kuzatilayotgan tomchi radiusining kamayishi bilan ortib boradi. Bu Stoks qonunida asoslangan tomchi o'lchamlarining qiymatining tartibidan bu tajribalardagi tomchi o'lchamlari 10^{-6} va 10^{-7} m farq qilishi va shuning uchun havo molekulalarining o'rtacha erkin chopish masofasi tartibida ekanligida hisoblanadi.



3-rasm. O'lchangan qiymatlarning gistogrammasi; n - o'lchashlarning soni bo'lib, $10^{-20} \text{ A} \cdot \text{s}$ diapozonida bo'ladi

e ning o'lchangan qiymatlari uchun korrektirovka:

Agar biz elementar zaryadning to'g'riroq qiymatini va shuningdek Q zaryadning kvantlanishini to'g'riroq aniqlamoqchi bo'lsak o'lchangan qiymatlarni korrektirovka qilishimiz zarur bo'ladi. Ishqalanish kuchining korrektirovkalangan ko'rinishi quyidagi formula shaklida bo'ladi:

$$F = \frac{6\pi\eta\vartheta}{\left(1 + \frac{b}{r\rho}\right)^{3/2}} \quad (7)$$

bu yerda p -havo bosimi, b -doimiy parametrlar

Agarda hisoblashlar ishqalanish kuchining bu modifikatsiyalangan formulasi asosida olib borilsa, zaryad qiymatining korrektirovkalangan ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$q_k = \frac{q}{\left(1 + \frac{b}{r\rho}\right)^{3/2}} \quad (8)$$

bu yerda $b = 6 \cdot 10^{-3} P_{a.m.}$

b ning qiymati turli bosimlar ostida o'tkazilgan tajribalardan topilishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Milliken qurilmasini tushuntiring.
2. Zaryadlangan yog' tomchisining vertikal elektr maydonida harakati qanday?
3. Tomchilarni tushish tezligi nimaga bog'liq?
4. Tomchilarni ko'tarilish tezligi nimaga bog'liq?
5. Moy tomchisi muvozanatda bo'ladigan kuchlanish qanday?

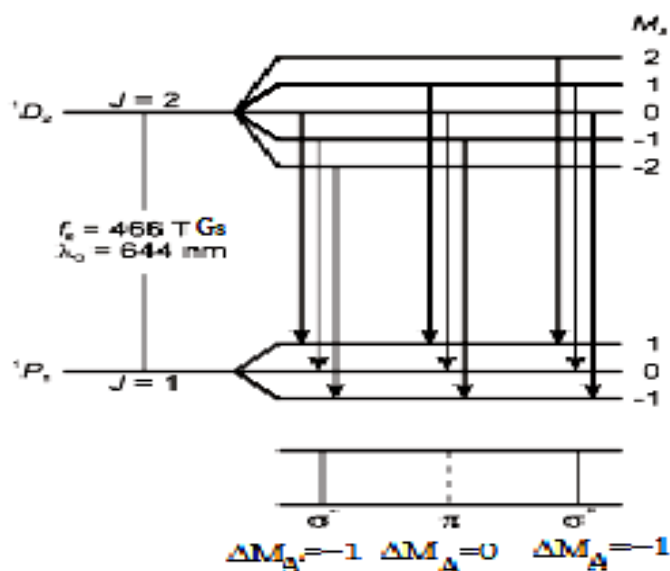
6-LABORATORIYA ISHI

Kadmiy qizil chizig'i ajralishining magnit maydon kattaligiga bog'liqligini Fabri-Pero spektrometrida o'lchash

Ishning maqsadi: VideoCom dan foydalanib Fabri-Pero interferometri yordamida Zeeman effektini kuzatish. Bor magnetonini μ_B va elektronning solishtirma zaryadini $\frac{e}{m_e}$ aniqlash.

Kerakli asboblari: Kadmiy lampasi, universal drossel karobkada, yuqori tokli energiya manbai, U-simon o'zak, g'altaklar 10 A, 480 o'ram, Fabri-Pero etaloni, namoyish optik stol 1 m, surg'ichlar asosi iplar bilan, 25 linzalar, interferensiyalar filtrlar uchun tutgich, interferensiyalar filtri, 644 nm, VideoCom USB, universal o'lchash asboblari, mobile-CASSY, combi-B-sensor S, kengaytuvchi kabel, 15-qutb, LD-ko'pqisqich, ulash simlari 100 sm.

Ishning nazariy qismi: Zeeman effekti atomning energetik sathlarining yoki spektral chiziqlarining tashqi magnit maydoni ta'sirida ajralish hodisasi hisoblanadi. Bu effekt birinchi marta 1895 yilda H.A.Lorens tomonidan uning elektronlarning klassik nazariyasining bir qismi sifatida oldindan aytib berilgan va bir necha yil keyinroq P.Zeeman tomonidan eksperimental ravishda amalga oshirilgan. Zeeman magnit maydoniga to'g'ri burchak ostida bitta spektral chiziq orniga triplet chiziqni va magnit maydoniga parallel bo'lganda duplet chiziqni kuzatdi. Keyinroq anomal Zeeman effekti deb nomlangan spektral chiziqlarning murakkabroq ajralishlari kuzatildi.



1-rasm. Atom energetik sathlarining tashqi maydon ta'sirida ajralishi

Bu hodisani tushuntirish uchun Goudsmit va Ulenbeklar elektron spini to'g'risida birinchi gipotezani 1925 yilda kiritishdi. Oqibatda, shu narsa aniqlandiki, anomal Zeeman effekti qoidalar doirasida bo'lib, "normal" Zeeman effekti odatdan tashqari effekt hisoblanar ekan. Normal Zeeman effekti faqat umumiy spini $S=0$ bo'lgan atom holatlari o'rtasidagi o'tishlarda kuzatiladi. Holatlarning umumiy burchak momenti $J=L+S$ u vaqtda orbital burchak momentga teng bo'lib qoladi ($J=L$). Unga mos keluvchi magnit moment esa, quyidagiga teng bo'ladi:

$$\mu = \frac{\mu_B}{\hbar} J \quad (1)$$

bu yerda

$$\mu_B = \frac{\hbar e}{2m_e} \quad (2)$$

(μ_B = Bor magnetoni, m_e = elektron massasi, e = elementar-zaryad, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, h = Plank doimiysi).

Tashqi magnit maydoni (B) da, magnit moment quyidagi energiyaga ega bo'ladi

$$E = -\mu \cdot B \quad (3)$$

Burchak momentining tashqi magnit maydon yo'nalishidagi komponentasining qiymatlari

$$J_z = M_J \cdot \hbar \text{ bilan } M_J = J, J-1, \dots, -J \quad (4)$$

Shuning uchun, burchak momenti J bo'lgan term $2J+1$ ta teng masofali va qiymatlari M_J ga farq qiluvchi Zeeman komponentlariga ajraladi. M_J va M_{J+1} qo'shni komponentlarning energiya intervallari quyidagicha bo'ladi

$$\Delta E = -\mu_B \cdot B \quad (5)$$

Normal Zeeman effektini kadmiyning qizil spektral chizig'ida ($\lambda_0 = 643,8 \text{ nm}$, $\nu_0 = 465,7 \text{ TGs}$) kuzatish mumkin. U beshinchi qobiqdagi elektronning 1D_2 ($J=2$, $S=0$) $\rightarrow$ 1P_1 ($J=1$, $S=0$) o'tishlariga mos keladi. Magnit maydonda 1D_2 sath beshta Zeeman komponentlariga ajraladi va 1P_1 sath esa uchta Zeeman komponentlariga ajraladi va ular (5) tenglama bo'yicha hisoblangan joylarni egallaydi. Bu sathlar o'rtasidagi optik o'tishlar faqat elektr dipoli nurlanishi ko'rinishida bo'lishi mumkin. Holatlarning magnit kvant sonlari M_J uchun quyidagi tanlash qoidalarini o'rinli bo'ladi:

$$\Delta M_J = \pm 1 \quad \sigma \text{ komponentlar uchun}$$

$$\Delta M_J = 0 \quad \pi \text{ komponentlar uchun}$$

Shunday qilib, biz umumiy uchta spektral chiziqlarni kuzatamiz(1-rasm); π komponent siljimagan va ikki σ komponentlar asosiy chastotaga nisbatan

$$\Delta\nu = \pm \frac{\Delta E}{h} \quad (6)$$

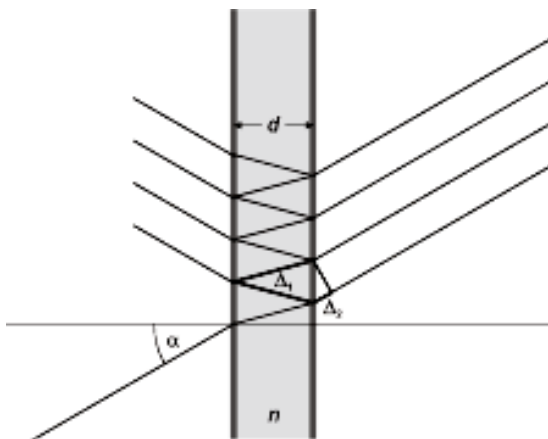
qiymatga siljigan. Bu tenglamada ΔE teng masofali energiya ajralishi bo'lib u (5) ga asosan hisoblangan. Zeeman effekti turli xil qutblangan komponentlarni spektroskopik ajratish imkonini beradi. Ammo bu siljishni ko'rsatish uchun bizga juda yuqori ajratish qobiliyatiga ega bo'lgan spektral qurilma kerak bo'ladi, chunki qizil kadmiy chiziqlarining ikki σ komponentlari $B=1T$ magnit oqimi zichligida faqat $\Delta\nu = 14$ GGs ga, yoki unga mos $\Delta\lambda = 0,02$ nm ga siljigan bo'ladi.

Tajribada Fabri-Pero etalonidan foydalaniladi. Bu har ikkala tomoni alyuminiy bilan qoplangan, shisha plastinkadan iborat. Optik o'qqa perpendikulyar to'g'rilangan etalonga kichik burchak ostida yorug'lik kiradi va bir necha marta orqaga qaytadi. Har qaytganda bir qismi tashqariga chiqadi. Alyuminiy qoplamasi tufayli bu chiqayotgan qism kam, chiqayotgan nurlar interferensiyalanishi mumkin. Etalonning ortida chiqayotgan nurlar linza yordamida linzaning fokal tekisligiga fokuslanadi. Okulyar yordamida λ to'lqin uzunlikli nurlar konsentrik doiraviy polosalar manzarasini kuzatish mumkin. Doiraning diafragmaviy burchagi Fabri-Pero etalonidan chiqayotgan nurlarning chiqish burchagi α bilan bir xil bo'ladi. α_k burchak ostida chiqayotgan nurlardan bir-biriga qo'shni bo'lgan ikkitasi quyidagi interferensiya shartini qanoatlantirsa bir-biri bilan konstruktiv holda interferensiyalashadi:

$$\Delta = 2d \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha_k} = k \cdot \lambda$$

(Δ = optik yo'llar farqi, d = etalon qalinligi, n = shishaning qaytarish koeffitsiyenti, k = interferentsiyaning tartibi).

To'lqin uzunligining o'zgarishi $\delta\lambda$ diafragma burchagining $\delta\alpha$ ga o'zgarishi kabi ko'rinadi. Linzaning fokus masofasidan bo'g'liq bo'lgan holda, diafragma burchagi α radius r ga mos keladi va burchakning $\delta\alpha$ ga o'zgarishi radiusning δr ga o'zgarishiga mos keladi. Agar spektral chiziq $\delta\lambda$, masofali bir necha komponentlarga ega bo'lsa, har bir doiraviy polosa radial masofasi δr bo'lgan bir nechta komponentlarga ajraladi. Demak, doiraviy polosadagi spektral chiziq dupleti duplet struktura bilan va spektral chiziq tripleti triplet struktura bilan tushuntirilishi mumkin.



2-rasm. Fabri-Pero etaloni interferentsion spektrometr sifatida. Nurning yo'li optik o'qqa nisbatan $\alpha > 0$ burchak ostida chizilgan. Ikki qo'shni chiquvchi nurlar o'rtasidagi optik yo'llar farqi $\Delta = n \cdot \Delta_1 - \Delta_2$ ga teng

Tajribada, kadmiy qizil chizig'ining Zeeman ajralishi magnit maydoni (B) ning funksiyasi sifatida o'lchanadi. Triplet komponentlarning energiya intervali

$$E = \frac{h}{4\pi} \frac{e}{m_e} \cdot B \quad (7)$$

elektronning solishtirma zaryadini hisoblash uchun foydalanildi. Qizil kadmiy spektral chizig'ining Zeeman komponentlarini spektroskopik ajratishga erishish uchun, Fabri-Pero interferometrining optik doiraviy sistemasi Video-Com CCD ustiga tasvirlovchi linzalardan foydalanib o'rnatilgan. CCD optik doiraviy sistema orqali diametral kesimni ko'ra oladi.

Texnika xavfsizligi

Kadmiy lampasidagi va elektrodlardagi elektr simlar ochiq holda joylashgan va osongina tegish mumkin. Tok oqayotgan birorta ham qismga tegmang. Mahkamlanmagan ferromagnit buyumlar elektromagnit tomonidan kuchli tortilishi va kadmiy lampasining kvarts qismini ishdan chiqarishi mumkin.

Elektromagnitga tokni ulashdan oldin uning qutb bo'laklari yaxshi mahkamlanganligiga ishonch hosil qiling. Elektromagnitga tok ulangandan keyin kadmiy lampasining yaqiniga ferromagnit buyumlarni yaqinlashtirmang. Kadmiy lampasi uning qobig'idagi ifloslanishlar tufayli qizib ketishi natijasida kvarts lampochka ishdan chiqishi mumkin. Kadmiy lampasining kvarts lampochkasini hech qachon ochiq qo'l bilan almashtirmang.



3-rasm. Normal Zeeman effektini kuzatish qurilmasining umumiy ko'rinishi

To'liq eksperimental qurilmaning kesimli konfiguratsiyasi 3-rasmda tasvirlangan.

Mexanik qurilma:

Ipli sterjenni surg'ichning asosiga burab mahkamlang. U-simon o'zakni ipli sterjen ustidan surg'ichning asosiga shunday mahkamlangki u erkin aylana olsun va uni g'altaklar ustiga qo'ying. Qutb bo'laklari va kadmiy lampasining tutgich platasini qisqichlar yordamida shunday mahkamlangki, qutb bo'laklari va tutgich platasi ochgichlari orasida taxminan 10 mm masofa qolsin. Qisqichlarning vintini hozircha mahkamlamay turing.

Kadmiy lampasini ehtiyotlik bilan qutblar orasiga o'rnatish. Kadmiy lampasi qutblarning aniq o'rtasiga joylashganligiga, lampochkaning payka qilingan nuqtasi orqa tarafda ekanligiga, va manba simlari nurning yo'lidan imkoni boricha uzoqroqdan o'tganligiga ishonch hosil qiling.

Kadmiy lampasini tutgich platasi bilan siljitib olish va qo'yish magnit maydonini o'lchashga xalaqit bermasligi lozim. Qisqich vintlari yordamida qutb bo'laklarini va tutuvchi platani mahkamlang. B-sensor S ni shtativ materiallari yordamida shunday mahkamlangki, tangensial namunani qutb bo'laklari orasining o'rtasiga joylashtirish mumkin bo'lsin,

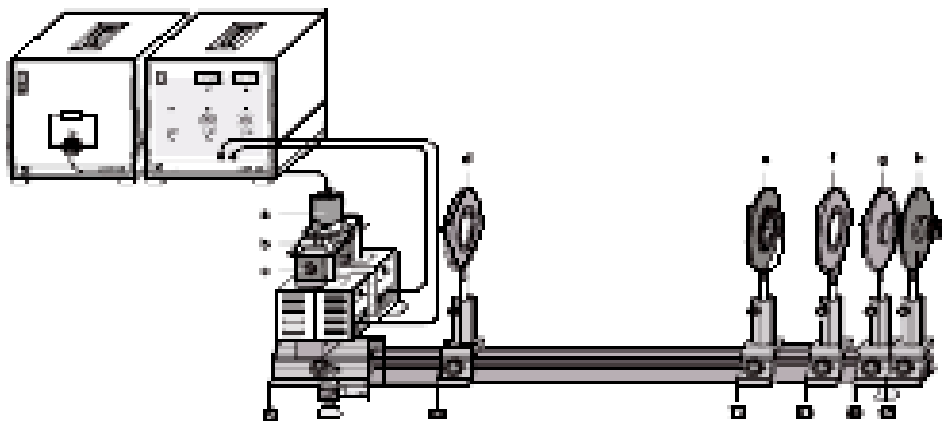
Elektr ulash:

Elektromagnitning g'altaklarini ketma-ket ulang va yuqori tokli energiya manbayiga ulang. B sensorni Fizika universal o'lchash asboblari yoki Mobile CASSYga ulang. Kadmiy lampasini universal drosselga ulang. VideoCom ni kompyuterga ulang.

Kuzatish optik sistemasini to'g'rilash:

Optik komponentlarni 4-rasmga muvofiq mahkamlang. Universal drosselni qo'shgandan keyin yorug'lik chiqarish yetarlicha kuchli bo'lguncha 5 min kuting. Iloji bo'lsa, halqa

sistemasining yaxshi tasvirini hosil qilish uchun dastlab okulyardan foydalaning. Keyin tasvir joylashgan optik tekisligiga joylashtirilishi lozim.



4-rasm. Zeeman effektini kuzatish uchun eksperimental qurilma. Optik surg'ichlar chap uchidagi holatlari sm larda berilgan.

- a -Tutgich platasi bilan kadmiy lampasi
- b -Qisqichlar
- c -Qutb bo'laklari
- d -Musbat linzalar, $f = 150$ mm (Yig'uvchi linzalar)
- e -Fabri-Pero etaloni
- f -Musbat linzalar, $f = 150$ mm (tasvir linzalari)
- g -Interferensiyalar filtri tutgichi bilan
- h -VideoCom (To'g'rilash uchun okulyardan foydalanish yaxshi natija beradi).

VideoCom:

Maksimumlar intensivligi taxminan 50% bo'lguncha ekspozitsiya vaqtini optimallashtirish mumkin. CCD tasvir linzasining fokal tekislikda joylashganligiga ishonch hosil qilish uchun, tasvir linzasini optik o'q bo'ylab kuzatilayotgan grafikning maksimumlari aniq va maksimum intensivlikka erishguncha siljiting. Halqa sistemasining markazi CCD chizig'ining ustida joylashishi lozim. Buning uchun, siz yoki VideoCom optik o'qqa perpendikulyar siljitishingiz yoki etalonni to'g'rilash vintlari yordamida to'g'rilashingiz lozim. Siz halqa sistemasining markazini topgan bo'lasiz, agarda keyingi to'g'rilashlar boshqa maksimumlarni hosil qilmasa va (halqalarning chap va o'ng kesimlari) ikki markaziy maksimumlar bir biridan maksimal uzoqda joylashsa. Yig'uvchi linzani CCD chizig'ining mumkin bo'lgan bir jinsli to'la ko'rinishini hosil qilguncha siljitingki, o'rtadagi maksimumlar bir xil intensivlikka erishsin.

VideoCom ni kalibrovka qilish

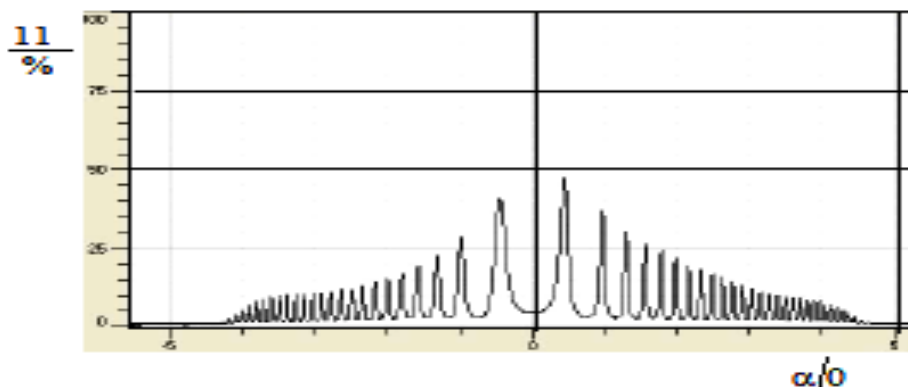
Burchakni kalibrovka qilish uchun, tasvir linzasining fokus masofasida qo'llaniladi (bu yerda $f=150$ mm). Nol nuqtani siljitish uchun, "Calculate Peak Center" funksiyasidan foydalanib ikki markaziy maksimum o'rtasidagi burchakni aniqlang va ikki maksimum markazlarining o'rtacha manfiy qiymatlarini kiriting. Bu doiraviy sistemaning markazini burchak shkalasida 0° ga o'rnatadi.

Tajribalarni o'tkazish

a) Magnit maydonini o'lchash Kadmiy lampasi o'rnatilmagan holda, tangensial namunani qutb bo'laklari markaziga vertikal holda joylashtiring. G'altaklardagi tok kuchini o'rtira borib, magnit maydonining tokga bog'liqligini o'lchang. 1-Jadvalga qarang.

b) Kadmiy chiziqlarining ajralishini o'lchash Kadmiy lampasini, qutb bo'laklari orasidagi masofani o'zgartirib yubormasdan, ehtiyotlik bilan ular o'rtasiga joylashtiring. (Mexanik qurilmaga qarang). "VideoComInt" dasturini ishga tushiring va optik kuzatishlarni to'g'rilang.

Intensivlik maksimumi taxminan 50 % bo'lsin (Cd lampasining yorug'ligi magnit maydonda o'zgarsa uni agar lozim bo'lsa to'g'rilang).



5-rasm. Magnit maydoni bo'lmaganda intensivlikning burchakka bog'liqlik grafigi

“Zeeman” jadvalni baholash uchun lozim bo'ladi, bu jadvalga tegishli knopkani bosing. Bu jadval B magnit maydoni uchun, siljimagan chiziqli burchagi α_1 (π -komponent) uchun, siljigan chiziqlar burchagi α_2 (σ^+ yoki σ^-) uchun, va mos to'lqin uzunligi va energiya siljishlari uchun qiymatlarga ega. Oxirgi ikki qiymatlar α_1 va α_2 larni kiritilgandan avtomatik ravishda hisoblanadi

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} - 1 \text{ bilan } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n = 1.46 \quad \text{etalon uchun}$$

$$\Delta E \approx \frac{-\Delta\lambda}{\lambda} \cdot E = -hc \cdot \frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} \text{ bilan } \lambda = 643.8 \text{ nm } \text{ Cd uchun}$$

Baholashni “Calculate Peak Center” bilan maksimumni belgilab boshlang. Bu qiymatni “Zeeman” jadvaliga jadvalning α_1 ustunidan ko'chiring. Diagrammada koordinata boshini aniqlash uchun qiymatni α_2 ustunga ham ko'chiring va B ustunga 0 ni kiriting (Magnit maydonisiz va siljimagan halqa).

Keyin, halqaning magnit maydonida ajralishini tekshiring (σ^+ yoki σ^-). Yana bir marta, siljish burchagi α_2 ni “Calculate Peak Center” dan foydalanib tekshiring va uni "Zeeman" jadvalining α_2 ustuniga ko'chiring. Siljimagan burchak α_1 o'zgarmasdan qoladi (siz uni "drag and drop" dan foydalanib oldingi o'lchashlardan ko'chirib olishingiz mumkin) va B magnit oqimi zichligini kiriting. Bu qiymatlardan foydalanib, dastur to'lqin uzunligining va energiyaning siljishlarini hisoblaydi. Qo'shimcha ravishda, diagrammaga mos nuqtalar qo'yiladi. (Effektini boshqa halqalar uchun ham bir xil oqim zichliklari uchun tasdiqlash uchun, yoki turli oqim zichliklari uchun mashq qilish uchun maksimumni har safar bir xil komponentlar (σ^+ yoki σ^-) uchun tekshirish lozim. Chiziqlar ajralishidagi gradiyentni olish uchun o'lchangan nuqtalar orqali to'g'ri chiziqli o'tkazing.

O'lchash misollari

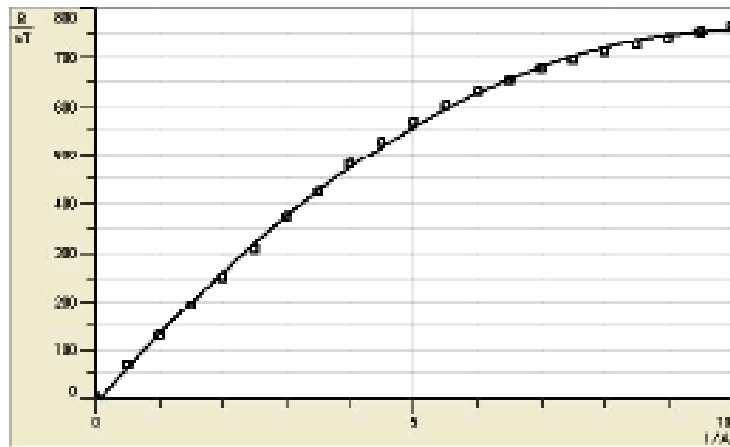
a) Magnit maydonini o'lchash

1-jadval: Magnit maydoni B va tok kuchi I ning mos qiymatlari

1-jadval

$\frac{I}{A}$	$\frac{B}{mT}$	$\frac{I}{A}$	$\frac{B}{mT}$
0.0	0		
0.5	68	5.5	601
1.0	127	6.0	631
1.5	194	6.5	655
2.0	249	7.0	678
2.5	307	7.5	695
3.0	373	8.0	713

3.5	423	8.5	728
4.0	479	9.0	739
4.5	528	9.5	752
5.0	569	10.0	765



B magnit maydonining I tok kuchiga bog'liqlik grafigi

b) Kadmiy chiziqlarining ajralishini o'lchash

Baholash

Grafiklarning σ^+ yoki σ^- komponentlari uchun gradiyent A :

$$A = 56.7 \frac{\mu\text{eV}}{T} \quad \text{va} \quad A = -58.8 \frac{\mu\text{eV}}{T}$$

Bor magnetonining o'rtacha qiymati:

$$\mu_B = 57.8 \frac{\mu\text{eV}}{T} = 9.26 \cdot 10^{-24} \frac{\text{Js}}{T}$$

bu yerda $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$;

$$\frac{e}{m_e} = \frac{4\pi\mu_B}{h} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$$

Adabiyotlardagi qiymatlar:

$$\mu_B = 57.9 \frac{\mu\text{eV}}{T}$$

$$\frac{e}{m_e} = 1.759 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$$

Nazorat savollari

1. Zeeman effektini tushuntiring
2. Zeeman komponentalari nechta?
3. Fabri-Pero interferometrini ishlash prinsipini tushuntiring
4. Zeeman magnit maydoniga to'g'ri burchak ostida bitta spektral chiziq o'rniga qanday chiziqlar kuzatiladi?

YADRO VA ELEMENTAR ZARRALAR FIZIKASIDAN LABORATORIYA ISHLARI

1-LABORATORIYA ISHI

Radioaktiv namunalarning alfa (α) spektroskopiyasi

Ishning maqsadi: Ameritsiy (Am-241) preparatining α spektrini o'lchash va oldindan ma'lum chiziqlar yordamida energiyani kalibrovka qilishdan iborat.

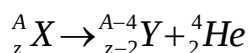
Kerakli asboblari: Sensor-CASSY, CASSY Lab 2, Ameritsiy (Am-241) preparati, alfa spektroskopiya kamerasi, yarim o'tkazgich detektor, diskriminator qo'shib ajratgich, ko'p simli kabellar to'plami, 6-qutb, aylanuvchi vakuum nasos, T-qismli DN 16 KF, markazlovchi doira DN 10/16 KF, havo ochuvchi ventil DN 10 KF, markazlovchi doiralari to'plami DN 16 KF, qisuvchi doiralari DN 10/16 KF, shlangli kichik 16 KF, vakuum trubka, PC Windows XP/Vista/7/8.

Qo'shimcha tavsiyalar: Ikki kanalli ossilloskop tajribani Pocket-CASSY bilan ham o'tkazish mumkin.

Ishning nazariy qismi: Alfa-yemirilish yadroviy kuchlar ta'sirida barcha saqlanish qonunlarining bajarilishi bilan ro'y beradi. Alfa zarralar xossalari o'rganish zaryadi $Z=2$, massa soni $A=4$, bog'lanish energiyasi $E=28$ MeV, spini $I=0$, magnit momenti $\mu=0$ bo'lgan yalang'och geliy atomi ekanligini ko'rsatdi.

Tabiiy radioaktiv alfa-yemirilish faqat davriy sistemaning oxiridagi $Z>82$ vismutdan keyin joylashgan og'ir element izotoplarida kuzatiladi. Sun'iy ravishda nuklonlar soni $A=140-160$ sohada yotuvchi nodir yer elementlarida ham alfa aktiv izotoplar hosil qilinadi.

Alfa-yemirilgan yadro zaryadi $\Delta Z=2$, massa soni $\Delta A=4$ ga kamayadi, davriy sistemada ikki katak oldinga siljiydi:



Alfa-yemirilish energetik jihatdan mumkin bo'lishi uchun ushbu shart bajarilishi lozim:

$$M(A, Z) > M(A-4, Z-2) + M({}^4_2He) \quad (1)$$

ya'ni dastlabki ona yadroning massasi (energiyasi) hosilaviy yadro va alfa-zarra massalari (energiyalari) yig'indisidan katta bo'lishi kerak.

Energiyalar farqiga α -yemirilish energiyasi E_α deyiladi. Yemirilish energiyasi bo'laklarga (α -zarra va hosilaviy yadrolarga) kinetik energiya berishga sarf bo'ladi.

$$E_\alpha = [M(A, z) - M(A-4, z-2) - M({}^4_2He)]c^2 = T_\alpha + T_{h.ya.} \quad (2)$$

bu yerda $T_\alpha, T_{h.ya.}$ -lar α -zarra va hosilaviy yadrolar kinetik energiyalari.

Agar yemiriluvchi yadro nisbatan tinch holatda $P(A, Z)=0$ bo'lsa, alfa zarra (P_α) va hosilaviy yadro ($P_{h.ya.}$) impulsar tengligidan α -zarra va hosilaviy yadrolar tepki energiyasini topish mumkin

$$\vec{P}(A, Z) = P_\alpha + P_{h.ya.} \quad (3)$$

$$\vec{P}(A, Z) = 0; \quad \left| \vec{P}_\alpha \right| = \left| \vec{P}_{h.ya.} \right| \quad (4)$$

$$M_\alpha T_\alpha = M_{h.ya.} T_{h.ya.}; \quad T_{h.ya.} = \frac{M_\alpha}{M_{h.ya.}} T_\alpha$$

(2) shartdan

$$E_\alpha = T_\alpha + T_{h.ya.} = T_\alpha + \frac{M_\alpha}{M_{h.ya.}} \cdot T_\alpha = \left(1 + \frac{M_\alpha}{M_{h.ya.}} \right) T_\alpha$$

$$T_{\alpha} = \frac{M_{h.ya.}}{M_{\alpha} + M_{h.ya.}} \cdot E_{\alpha} \quad (5)$$

Xuddi shuningdek

$$T_{h.ya.} = \frac{M_{\alpha}}{M_{\alpha} + M_{h.ya.}} \cdot E_{\alpha} \quad (6)$$

Shunday qilib, α -yemirilish energiyasi E_{α} ning asosiy qismi α -zarra kinetik energiyasiga, ozgina ($\sim 2\%$ ga yaqin) qisminigina hosilaviy yadro tepki energiyasiga sarf bo'lar ekan.

Masalan, ${}^{212}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^{208}_{81}\text{Tl} + \alpha$ yemirilishda $E_{\alpha} = 6,203 \text{ MeV}$.

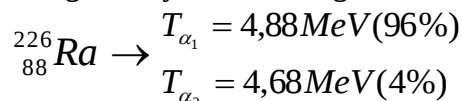
(5) va (6) formulalarga ko'ra:

$$T_{h.ya.} = \frac{M_{\alpha}}{M_{\alpha} + M(\text{Tl})} \cdot E_{\alpha} = \frac{4}{4 + 208} \cdot 6,2 \text{ MeV} = 1,117 \text{ MeV}$$

$$T_{\alpha} = \frac{208}{4 + 208} \cdot 6,2 \text{ MeV} = 6,08 \text{ MeV}$$

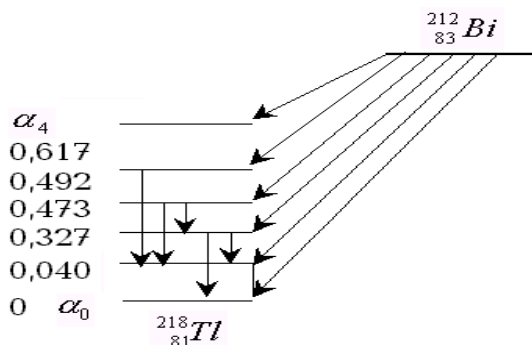
Alfa-yemiriluvchi yadrolar bo'yicha tajriba xulosalari:

- 1) Ko'pgina yadrolardan chiquvchi α -zarralar energiyasi monoxromatik.
- 2) Ayrim hollarda energiyalari bir-birlariga yaqin bo'lgan bir necha monoxromatik α -zarralar chiqarishadi, bunga alfa-yemirilishning nozik strukturasi deyiladi. Masalan,



Qavs ichida α -zarralar intensivligi foiz hisobida keltirilgan.

Alfa-yemirilishning nozik strukturasi dastlabki yemiriluvchi ona yadroning hosilaviy yadroning uyg'ongan holatlarida yemirilishi tufayli hosil bo'ladi. Hosilaviy yadro asosiy holatiga uyg'ongan holatidan gamma-kvantlar chiqarish bilan asosiy holatga o'tadi (1-rasm).



1-rasm. Berilliy ${}^{212}_{83}\text{Bi}$ izotopining α -zarralarni chiqarib ${}^{218}_{81}\text{Tl}$ tellur izotopini hosil bo'lish sxemasi

Alfa spektr nozik strukturasi hosilaviy yadroning uyg'ongan holatlari va energiyalarini ya'ni yemirilish sxemasini aniqlash imkoniyatini beradi.

Texnika xavfsizligi:

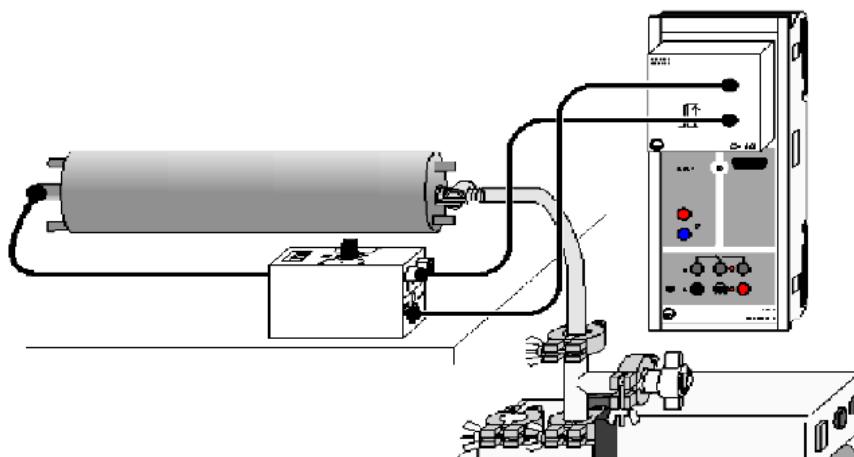
Radioaktiv preparatlar bilan ishlayotgan vaqtda radiatsiyadan himoyalaniшни boshqarishga qo'shimcha ravishda, davlat maxsus talablari va ta'lim normalari ham kuzatilishi lozim va o'quv darslari davomidagi xavfsizlik direktivalari kuzatilishi lozim. Bu tajribada foydalaniladigan preparatlar StrLSchV (StrLSchV – Strahlen schutz verordnung) talablar bo'yicha sinovdan o'tkazilgan. Shuning uchun bu holda tajribalarni o'tkazishda preparatlardan foydalanishda radiatsiya bo'yicha maxsus tayyorlangan xodimlar talab qilinmaydi. Foydalaniladigan preparatlar ionlovchi radiatsiya chiqarishi tufayli, quyidagi xavfsizlik qoidalariga rioya qilinishi lozim:

- Ruxsat etilmagan shaxslarning preparatlar bilan ishlashi taqiqlanadi.

- Preparatlardan foydalanishdan oldin ularning buzilmaganligiga ishonch hosil qiling.
- Ularni ekranlash maqsadida preparatlarni xavfsiz konteynerlarda saqlang.
- Minimum ekspozitsiya vaqti va minimum aktivlikka erishish uchun preparatlarni xavfsiz konteynerlardan faqat tajriba o'tkazish uchun zarur bo'lgan vaqtdagina chiqarib oling.
- Maksimal masofani saqlash uchun preparatlarni metall tutgichlarning yuqorigi oxirida tuting.

Tajribani o'rnatish (chizmaga qarang)

Preparat va detektor alfa spektroskopiya kamerasida joylashgan. Detektor diskreminatorni kuchaytirgichiga kabel yordamida ulangan. Diskreminator kuchaytirgichi karobkaga ulangan. Vakuump nasos alfa spektroskopiya kamerasiga ulangan.



2-rasm. Alfa spektroskopiya tajriba qurilmasining sxemasi

Tajribalarni o'tkazish

Dasturlarni yuklash:

- Alfa spektroskopiya kamerasida vakuum hosil qiling.
- Tajribalarni knopkani bosish bilan boshlang.
- Karobkaning regulyatorini spektri barcha kanallarni qoplab olguncha o'zgartiring. Tipik holda bu regulyatorning qiymatining 3chi ko'rsatgichida yuz beradi.
- Har bir o'zgartirishdan keyin, o'lchangan spektr boshqa spektrlar bilan aralashib ketishidan saqlanish uchun tajriba natijalari saqlanib, yangidan tajriba davom ettiriladi va o'lchash vaqti qayta boshlanishi lozim.
- O'rnatilgan o'lchash vaqti tugaganda o'lchashlar to'xtatiladi.

Hisoblashlar

Ameritsiy ($Am-241$) izotopi α zarrachalar chiqarib neptuniy ($Np-237$) izotopiga parchalanadi. Neptuniy bir nechta uyg'ongan holatga ega bo'lishi mumkinligi tufayli bu parchalanish davomida turli energiyali α zarrachalar chiqariladi. 100 parchalanishlarda 5486 keV energiyali 84 α zarracha va 5443 keV energiyali 13 α zarracha chiqariladi. Ikki parchalanishdagi energiya farqi juda kichik, ammo tajribalar davomida ochiq (qoplamasiz) preparatdan foydalanilsa va diskreminator kuchaytirgichdan foydalanilsa buni hal qilish mumkin. Qoplangan preparat qoplamasidan α - zarrachalar o'tganda ularning energiyasini haddan ziyod xiralashtirib yuboradi. O'lchashlardan keyingi spektr hali kalibrovka qilinmagan. Uni energetik spektrga aylantirish uchun energetik kalibrovka amalga oshirilishi lozim. Ochiq Ameritsiydan foydalanilganda, Ameritsiyning spektral chiziqlarining biridan foydalanib bir nuqtali kalibrovka qilish mumkin. Qoplangan preparatlardan foydalangan holda esa radiyning $Ra-226$ ikki spektral chiziqlaridan foydalanib kalibrovka qilish mos keladi. Energiya kalibrovkasida faqat Ameritsiyning qoplangan preparatlaridan foydalanishda sezgirlik yetishmaydi.

Izoh: Preparatlarning qoplamasi tufayli, energiyada kuchli siljish mavjud bo'ladi. O'lchanayotgan spektr faqat 1-2 MeV energiyadan boshlanadi. Energiyasi kichikroq bo'lgan zarrachalar detektorga yetib borguncha to'xtab qoladi. O'lchash mobaynida vakuum nasos to'xtovsiz ishlab turishi lozim yoki spektroskopiya kamerasining ventili vakuum hosil bo'lgandan bir necha minutdan keyin yopib qo'yilishi va nasos o'chirilib qo'yilishi lozim. Rezina trubka vakuum nasosdan moy vakuum kameraga qayta kirib ketmasligi uchun kirish ventili yordamida mahkamlab qo'yilishi lozim.

Nazorat savollari

1. Alfa-zarra xususiyatlarini tushuntiring
2. Alfa-yemirilish qonunlarini tushuntiring
3. Geyger-Nettol formulasi va ahamiyatini tushuntiring
4. Alfa-yemirilish energiyasi nimaga bog'liq?
5. Alfa-yemiriluvchi yadrolar bo'yicha qanday tajriba xulosalarini bilasiz?
6. Alfa-yemirilishning nozik strukturasi qanday hosil bo'ladi?
7. Spektroskopiya deganda nimani tushunasiz?

2-LABORATORIYA ISHI

Polistiren, glitserin va teflonda yadro magnit rezonansi

Ishning maqsadi: Suyuq va qattiq namunalar yadro magnit rezonansi (YMR), fluorin rezonans chiziqlarining kengligini aniqlash, protonlar va fluorinning Lande faktori (g)ni aniqlashdan iborat.

Kerakli asboblari: Yadro magnit rezonansi (YMR)-namuna yacheykasi, YMR-manba, U-simon o'zak, g'altaklar 10 A, 480 o'ram, DC-energiya manbayi 0...16 V, 0...5 A, analog ossilloskop HM 303, BNC kabellar, sensor CASSY USB, CASSY Lab, ekranli kabellar BNC/4mm, xavfsiz ulash simlar.

Qo'shimcha tavsiya etiladi: Fizikaning universal o'lchash asbobi, Kombi B-Sensor S, kengaytiruvchi kabel.

Ishning nazariy qismi: Yadro Magnit Rezonansi (YMR) 1945 yilda Blox va Parsellar tomonidan kashf etilgan. YMR spektroskopiyasi hozirgi kunda kimyoda va biologiyada muhim standart metod hisoblanadi. Tibbiyotda qo'llanishi bo'yicha YMR magnit rezonans tasvirlash (MRT) deb nomlangan va u klinik tahlil qilish uchun rentgen nurlari va ultra tovush yordamida skanerlash texnikasiga qo'shimcha ravishdagi tasvirlash metodi sifatida qo'llaniladi. Bu tajriba suyuq va qattiq namunalarda YMR ning bazaviy hodisa ekanligini namoyish qiladi, kimyo va biologiyada spektroskopik qo'llanishning birinchi qadamini beradi. YMR yadrolarning magnit xossalriga asoslangan yadro spini (I) ga ega bo'lgan yadroli atom quyidagi munosabatdan topiladigan μ_n magnit momentiga ega bo'ladi

$$\mu = -\mu_n g I \quad (1)$$

μ_n -yadro magnetoni, g -Lande faktori

Yadro magnit momenti μ statik magnit maydon B_0 ga nisbatan faqat alohida yo'nalishlarda oriyentatsiyalangan bo'lishi mumkin. Har bir spin oriyentatsiyasi quyidagicha aniqlanadigan xususiy energetik sathga mos keladi:

$$E_k = -g \cdot \mu_n \cdot B_0 \cdot k \quad (2)$$

bu yerda $k = -I \div I$

Namuna B_0 statik magnit maydonga joylashtirilganda yadroning spinlari energetik sathlar bo'yicha Bolsman tenglamasiga asosan taqsimlanadi:

$$\frac{N_k}{N_{k-1}} = \exp\left(\frac{E_{k+1} - E_k}{k_B T}\right) \quad (3)$$

k_B - Bolsman doimiysi, N_k - k sathdagi spinlar soni.

Namuna B_0 statik maydonga perpendikulyar bo'lgan ν yuqori chastotali B_1 magnit maydonga joylashtirilganda, spinlar E_k qo'shni energetik sathlarga o'tish uchun uyg'otilishi mumkin. Shuning uchun chastota ν energetik tirqishga aniq mos kelishi lozim. Bu hodisaga rezonans deyiladi ($k = 1$):

$$h\nu = E_{k+1} - E_k = -g\mu_n \cdot B_0 \quad (4)$$

h - Plank doimiysi

Bu tajribada Vodorod yadrosi (proton) va fluorin yadrosining YMR signallari kuzatiladi. Har ikkala yadro $I = S$ spinga ega va shuning uchun (2) tenglamaga muvofiq ular B_0 magnit maydonga nisbatan ikki mumkin bo'lgan oriyentatsiyaga ega bo'ladi. Bu ikki energetik sathlar o'rtasidagi spin o'tishlarni kuzatish uchun, namuna bir jinsli magnit maydon B_0 bo'lgan g'altak ichiga joylashtiriladi. Qo'shimcha ravishda B_0 statik magnit maydon ikki modulyatsiyalovchi g'altaklar yordamida doimiy ν chastotada modulyatsiyalanadi.

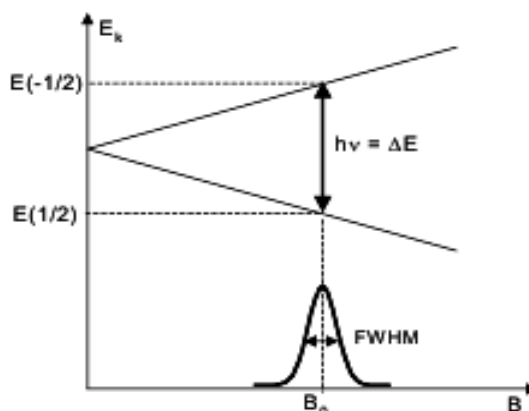
Shunday qilib bu qurilmada rezonans signal magnit maydonidan bog'liq holda kuzatiladi. Har safar rezonans sharti bajarilganda, spin o'tishlar tufayli g'altakda energiya yutiladi. YMR signali namunadagi spinlar soni N ga proporsional bo'ladi.

Misol uchun, vodorod yadrosi uchun magnit maydonida rezonans chastota 42.5 MGs lar atrofida qiymatga ega. Aniq qiymat vodorod atomining kimyoviy atrof - muhitiga bog'liq, ya'ni tashqi magnit maydoni B_0 ning qiymatiga qo'shimcha ravishda yaqin atrofdagi elektronlarning va yadrolarning ichki lokal maydoni ham vodorod yadrosiga ta'sir qiladi.

Bu hodisaga kimyoviy siljish deyiladi va YMR ni kimyo va biologiya uchun muhim spektroskopik metodga aylantiradi.

YMR rezonans chizig'ining kengligi atrofini o'rab turgan elementlarning tabiatiga va temperatura ta'siriga bog'liq bo'ladi. Chiziq kengligini bu faktorlar funksiyasi sifatida tahlil qilish turli namuna komponentlarining kimyoviy va fizikaviy xarakteristikalarini to'g'risida to'la ma'lumot beradi. Yarim maksimumning to'la kengligi ba'zi hollarda relaksatsiya vaqti T_2 uchun o'lchov hisoblanadi:

$$\Delta B \sim \Delta \nu \sim \frac{1}{T_2} \quad (5)$$

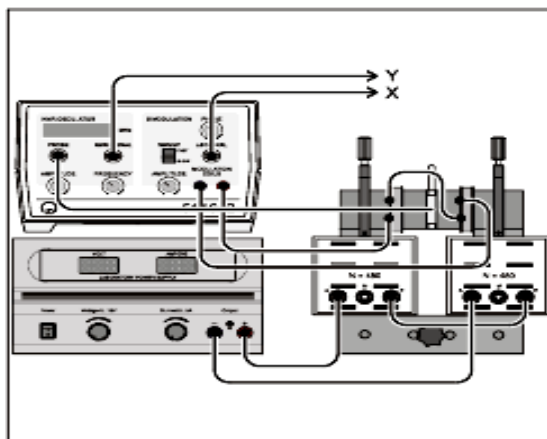


1-rasm. B_0 magnit maydonda $I = \frac{1}{2}$ S li yadro energiyasining bo'linishi

Qurilma

- Ikki g'altakni U-simon o'zakka o'rnatish.
- Modulyatsiyalash g'altaklarini qutbga kiritish va YMR namunasini U-simon o'zakka tekis o'rnatish.
- Ikki g'altakni ketma-ket holda DC manbaga 2-rasmga muvofiq holda ulash.
- Modulyatsiyalash g'altaklarini YMR manbayining "MODULATION"-chiqishiga ketma-ket ulash.
- YMR - namunasini YMR manbayining "PROBE" -kirishiga ulash.

- “SIGNAL” chiqishini ossillooskopning vertikal og'dirish kanaliga va “SIGNAL” chiqishini gorizontal og'dirish kanaliga ulang.



2-rasm. YMR tajribasining elektrik qurilmasining ko'rinishi

Tajribalarni o'tkazish

Suyuq va qattiq namunalarda proton bilan YMR

- Ossillooskopni xy - rejimga o'rnatish.
- Tez aylanishini tanlang va modulyatsiya amplitudasini katta qiymatga o'rnatish.
- Chastota qiymatini maksimal qiymatga o'rnatish.
- HF amplitudasini qizil LED yonguncha va chastota 19 MGs larni ko'rsatguncha sekin o'rttirish.
- Chastota qiymatini taxminan 18.5 MGs gacha kamaytirish.
- Glitserin namuna trubkasini namuna o'lchash kamerasining taxminan markaziga joylashguncha siljiting.
- Namuna trubkasini ehtiyotlik bilan o'lchash kamerasiga kiritish.
- Izoh: agar namuna trubkasi burchak ostida katta kuch bilan kiritilsa rf g'altak zararlanadi
- Ossillooskop ekranida YMR signali paydo bo'lgunicha 10 A li g'altak orqali o'tayotgan tokni sekin o'rttirish, HF amplitudasini asta o'zgartira borib YMR signalini optimallashtirish.
- YMR signalini ossillooskop ekranining markaziga magnit toki yoki chastotani o'zgartirib siljiting va modulyatsion amplitudani to'g'rilang.
- Signal fazasini yuqori va pastki signal aylanishlari mos tushguncha siljiting
- **Izoh:** Agar siz signallarni yozib olishni xohlasangiz, qurilmani Sensor CASSY ga ulang.
- Tajribani suv namunasi, polistiren namunasi va politetrafluoretilen namunalari uchun takrorlang.

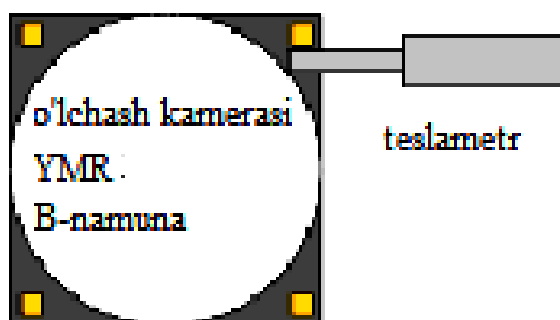
- Qattiq namunalarda Fluorin yadrosi bilan YMR
- Tajribalarni qismlarda takrorlang: a) politetra fluoretilen namuna uchun (PTFE)
- Dastlab ossillooskop ekranida qancha birlik gorizontal og'ish chastota birligiga mos kelishini aniqlang (x-o'qining boshqa o'qqa nisbatan). Buning uchun YMR signalining maksimumini chastota knopkasi bilan shkala belgisiga siljiting (x-o'qini belgilang) va chastotani belgilang. Keyin signalni navbatdagi shkala belgisiga siljiting va yana chastotani belgilang.
- Rezonans chizig'ining yarim maksimumida chiziq kengligini ossillooskop ekrani birliklarida o'lchang.
- Kimyoda qo'llanishi (YMR Spektroskopiyasi) YMR kimyoda qo'llanishiga kirish sifatida qo'l kremining YMR signalini tadqiq etish mumkin. Qo'l kremi tabiatan ko'p miqdorda glitseringa ega va qo'l kremining tipiga bog'liq holda suvga ham ega.
- Glitserin molekulasi yodod yadrosi spinlari glitserin namunasi bilan YMR qurilmasini birinchi optimallashtirish yordamida tajribaning a qismiga muvofiq detektrlash mumkin va keyin qo'l kremining signali bilan taqqoslash mumkin.

- Taxminan 50 mm uzunlikdagi somon cho'p bo'lagini tayyorlang va uning taxminan 10mm dan 15 mm gacha balandlikda qo'l kremi bilan to'ldiring.
- Somon cho'pni yaxshilab tozalang, xususan, somon cho'pning pastki qismida qo'l kremi yo'qligiga ishonch hosil qiling, bu o'lchash kamerasining ifloslanmasligi uchun zarur.
- Somon cho'p ustida O-halqani shunday siljitingki, namuna taxminan o'lchash kamerasining o'rtasida joylashsin.
- Keyin YMR qurilmasini glitserin namunasi uchun tajribaning a qismiga muvofiq optimallashtiring.
- Glitserin namunasini o'lchash kamerasidan ehtiyotlik bilan chiqarib oling va qo'l kremi namunasi solingan somon cho'pni ehtiyotlik bilan kiriting.
- Agar lozim bo'lsa chastotani sozlang va signalni kuzating.

Namunaning miqdoriga bog'liq holda ham chastotani sozlash lozim bo'lishi mumkin. Biologiyada qo'llanishi (Spektroskopiya) YMR biologiyada qo'llanishiga kirish sifatida olma yoki o'simlikning YMR signalini tadqiq etish mumkin. Olmalar, yashil qalampir kabi mevalar tabiatan ko'p suvga ega bo'ladi. Misol uchun, xuddi shunday gullar ham ko'p suvga ega bo'ladilar.

Suv molekulasining vodorod yadrosining spinlarini suv namunasi bilan YMR qurilmasini birinchi optimallashtirish yordamida tajribaning a) qismiga muvofiq detektorlash mumkin va keyin olma yoki o'simlik signali bilan taqqoslash mumkin.

- Taxminan 50 mm uzunlikdagi somon cho'p bo'lagini tayyorlang va uning taxminan 10 mm dan 15 mm gacha balandlikda olma mevasi bilan to'ldiring.
- Somon cho'pni yaxshilab tozalang, xususan, somon cho'pning pastki qismida olma bo'laki yo'qligiga ishonch hosil qiling, bu o'lchash kamerasining ifloslanmasligi uchun zarur.
- Somon cho'p ustida O-halqani shunday siljitingki, namuna taxminan o'lchash kamerasining o'rtasida joylashsin.
- Keyin YMR qurilmasini suv namunasi uchun tajribaning a) qismiga muvofiq optimallashtiring.
- Suv namunasini o'lchash kamerasidan ehtiyotlik bilan chiqarib oling va olma namunasi solingan somon cho'pni ehtiyotlik bilan kiriting.
- Agar lozim bo'lsa chastotani sozlang va signalni kuzating. Namunaning miqdoriga bog'liq holda ham chastotani sozlash lozim bo'lishi mumkin.
- Xuddi shunday, protonlarning YMR signali o'simliklar poyasida ham kuzatilishi mumkin. O'simlik poyasi o'rtacha diametrga ega bo'lishi lozimligiga ahamiyat bering.
- g-faktorni aniqlash (Teslametr lozim bo'ladi)
- YMR qurilmasini tajribaning a) qismga muvofiq glitserin namunasi uchun taxminan 18 MGs ga sozlang va chastotani o'lchang.
- Namunani o'lchash kamerasidan ehtiyotlik bilan chiqaring va o'lchash kamerasidagi magnit maydonni tangentsial B-sensor bilan o'lchang.
- Tangentsial B- sensorni 3-rasmga muvofiq qutblar o'rtasiga joylashtiring va magnit maydonni o'lchang.

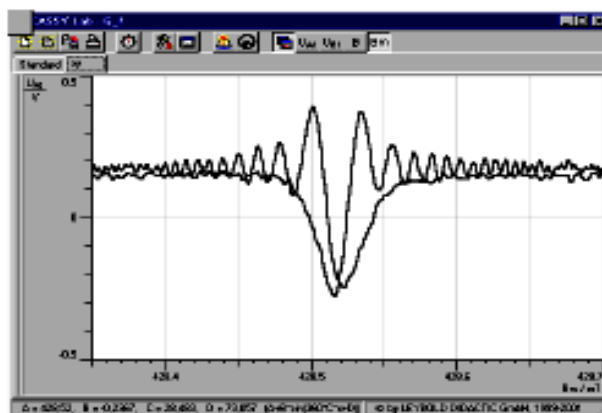


3-rasm. Tangentsial B - sensorni magnit qutblari o'rtasiga joylashtirish

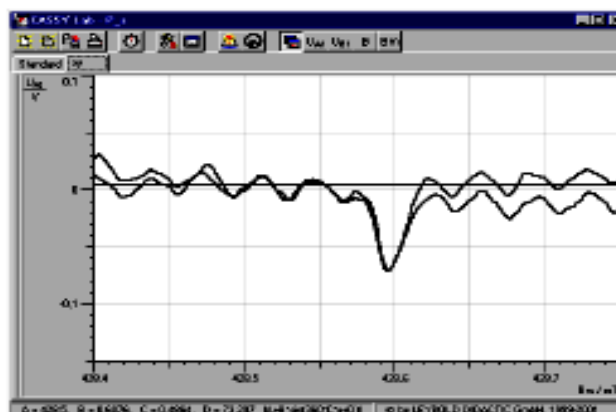
- YMR qurilmasini suv namunasi uchun pastroq va balandroq chastotalar uchun 10 A lik ga'ltak orqali o'tayotgan tokni o'zgartirish bilan sozlang, chastotani va magnit oqimi zichligini o'lchang.
- Tajribani politetrafluoretilen namunasi (PTFE) uchun takrorlang.

O'lchash misollari

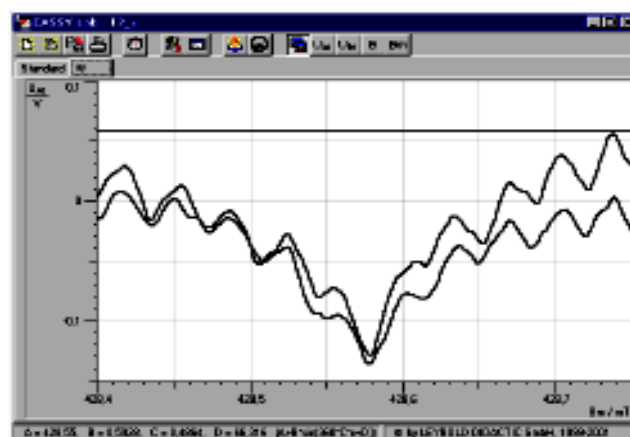
a) Protonli suyuq va qattiq namunalarda YMR



4-rasm. Glitserin $\nu = 18.25$ MGs, $I = 3.6$ A, XY-display



5-rasm. Polistiren $\nu = 18.25$ MGs, $I = 3.6$ A, XY-display



6-rasm. Politetrafluoretilen $\nu = 17.17$ MGs, $I = 3.6$ A, XY-display

b) Qattiq va suyuq namunalarda fluorin bilan YMR chastota birliklarida ossilloskop birligi $\Delta\nu$:
 $\Delta\nu = \nu_1 - \nu_2 = 18.2921 \text{ MGs} - 18.2763 \text{ MGs} = 7.9 \text{ kGs}$ bo'lib, Politetrafluoretilen uchun chastota birliklarida $\Delta\nu = 6 \text{ kGs}$ ni beradi.

c) Kimyoda qo'llanishi (YMR Spektroskopiyasi) Signalning formasi va holati taxminan glitserin namunasidagidek bo'lib 4-rasmda ko'rsatilgan. Intensivlik tadqiq qilingan namunalardagi vodorod yadrolarining miqdoriga bog'liq bo'ladi.

d) Biologiyada qo'llanishi (Spektroskopiya) Signalning formasi va holati taxminan suv namunasidagidek bo'ladi. Intensivlik tadqiq qilingan namunalardagi vodorod yadrolarining miqdoriga bog'liq bo'ladi.

e) g-faktorni aniqlash (Teslametr lozim bo'ladi)

1-jadval: Glitserin namunasi uchun rezonans chastota (ν) va magnit oqimi (B_0)

1-jadval

$B_0(mT)$	$\nu(MGs)$
358	16.01
369	16.50
384	17.02
396	17.51
409	18.01
420	18.50
433	19.01
442	19.47

Oqim zichligining qiymatlari o'lchash kamerasidagi qiymatga mos ravishda to'g'rilangan.

2-jadval: Politetrafluoretin namunasi uchun rezonans chastota (ν) va magnit oqimi (B_0)

2-jadval

$B_0(mT)$	$\nu(MGs)$
372	16.00
386	16.50
396	17.01
409	17.50
422	18.01
434	19.01
445	19.00
459	19.48

Oqim zichligining qiymatlari o'lchash kamerasidagi qiymatga mos ravishda to'g'rilangan.

Baholash va natijalar

a) Suyuq va qattiq namunalarda protonlar bilan YMR. Agar namunada vodorod yadrolari mavjud bo'lsa YMR signalini kuzatish mumkin. Namuna suyuq yoki qattiq (kukun) namuna bo'lishi mumkin. Ammo, namunaning strukturasi tufayli vodorod yadrosining YMR signali uchun kuzatilgan chiziq kengligida sezilarli farq bo'lishi mumkin, ya'ni glitserin namunasi (suyuq) polistiren namunasi (qattiq) bilan taqqoslaganda kichikroq chiziq kengligiga ega.

b) Qattiq namunalar fluorin yadrosida YMR. Fluorin rezonans chizig'ining yarim maksimumida chiziq kengligi quyidagicha aniqlanishi mumkin: $\Delta\nu \approx 6$ KGs. Chiziq kengligi asosan tartibi 3 kGs (80 μ T) bo'lgan bir jinsli B_0 magnit maydonida aniqlangan.

c) Kimyoda qo'llanishi (YMR Spektroskopiyasi) Glitserin va qo'l kremi uchun YMR signali taxminan bir xil rezonans chastotasida kuzatilishi fakti va magnit maydoni YMR kimyoviy elementlarni tekshirishda foydalanilishi mumkinligini isbotlaydi. Rivojlangan YMR spektroskopiyasi bundan molekularning kimyoviy guruhlarining tipi va sonini aniqlashda foydalanadi.

d) Biologiyada qo'llanish (Spektroskopiya) Olma namunasining shaffofligiga (ko'p vodorod yadrolari) bog'liq holda intensiv signal kuzatilishi mumkin. Bu esa YMR biologik namunalar uchun ham qo'llanishi mumkinligini ko'rsatadi. Bu fakt zamonaviy YMR texnikasining biologik organizm tasvirlarini olishga imkon beradi va shuning uchun rentgen nurlar va ultratovushga qo'shimcha muhim tahlillash metod bo'lishiga imkon yaratadi.

e) Lande faktor (g)ni aniqlash. Rezonans shartiga muvofiq glitserin va politetra fluoretilenning Lande faktor- g

$$g = \frac{h}{\mu_n} \cdot \frac{\nu}{B_0}$$

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} J \cdot s$$

$$\mu_n = 5.051 \cdot 10^{-27} \frac{J}{T}$$

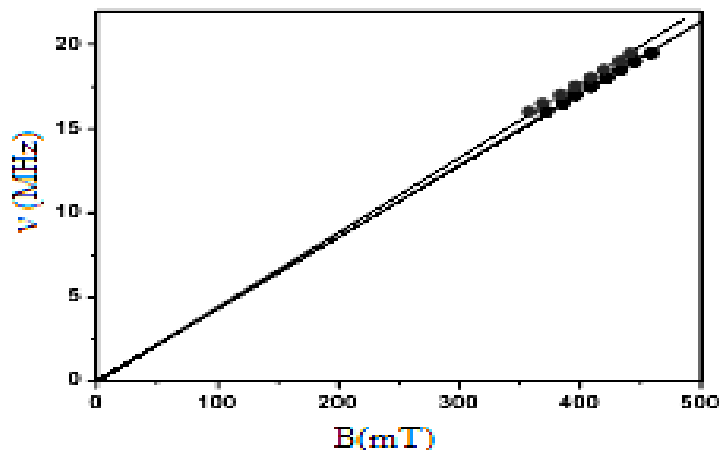
rezonans chastotasining magnit maydoni funksiyasi sifatidagi grafigining qiyaligini ν/B_0 aniqlash yordamida baholanishi mumkin (7-rasm).

Vodorod uchun: $g_H = 5.8$

Adabiyotda: 5.5857

Fluorin uchun $g_F = 5.6$

Adabiyotda: 5.2567



7-rasm. Glitserin (kulrang) va PTFE (qora) uchun rezonans chastotaning magnit maydoni B_0 ning funksiyasi sifatida grafikdan Lande faktori (g)ni aniqlash

Qo'shimcha ma'lumotlar

Protonning yadroviy spini magnit maydoniga nisbatan ikki usuldan biri bo'yicha oriyentatsiyalanishi mumkin. Bir oriyentatsiyaning (energetik holat) boshqasiga nisbatan qulayligining kattaligi kichik yadroviy magnitning kuchidan (giromagnit nisbatga proporsional $l=2\pi \cdot g \cdot \mu_n/h$) va B_0 magnit maydonning kuchidan bog'liq bo'ladi.

Magnit maydonida joylashgan namunada yetarlicha ulkan miqdordagi (Avagadro soniga yaqin) yadrolar mavjud bo'ladi. Yadrolarning, yadroviy spin sistemasi biror energiya yordamida g'alayonlanmaganlik sharti bilan, turli energetik holatlar bo'yicha taqsimoti (ya'ni yadroviy spinlar oriyentatsiyasi) Bolsman tenglamasidan foydalanib baholanishi mumkin. Xona temperaturalarida protonlar uchun pastki va yuqorigi holatlar o'rtasidagi farq (spin holatlarning band bo'lishi) $B_0 = 1 \text{ T}$ da taxminan 10^{-6} . Pastki energetik holatda yadrolar sonining bu kichkina ortiqcha miqdorisiz YMR signalini payqab bo'lmaydi.

Shu sababga ko'ra YMR spektroskopiyasining zamonaviy qo'llanishlarida B_0 maydonning kattaroq qiymatlaridan va rezonans shartiga muvofiq kattaroq chastotalardan foydalaniladi. Bu esa namunaning turli yadrolari tufayli YMR spektrida hosil bo'ladigan har xil rezonans chiziqlarini ajratish imkonini beradi. Bundan tashqari signal vaqt bo'yicha nozik impulsli YMR texnikalari yordamida ham o'lchanadi. YMR spektri tez garmonik o'zgarish (Fast-Fourier-Transformation) FFT yordamida ham olinmoqda. Shunday qilib, YMR spektroskopiyasi ko'p sohalarda (yonilg'i, kosmetika, dorishunoslik industriyasi) molekullarning tuzilishini aniqlash uchun va namunaning tarkibini analiz qilishda muhim qurol bo'lib qolmoqda.

Tibbiyot sohasida foydalanilayotgan 3D-YMR tasvir hosil qilish texnikasida impulsli YMR texnikasiga qo'shimcha ravishda namunaning ichida turli qo'shimchalarning spinlarining YMR signalini ajratib olish uchun maydon gradiyenti ham zarur bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Yadro Magnit Rezonansi (YMR) qachon va kim tomonidan kashf etilgan?
2. Magnit rezonans tasvirlashni tushuntiring
3. Yadro Magnit Rezonansi yadroning qanday xossalarga asoslanadi?
4. Vodorod yadrosi (proton) va fluorin yadrosining qanday signallari kuzatiladi?
5. Kimyoviy siljish deb nimaga aytiladi?

3-LABORATORIYA ISHI

Sanash tezligini aniqlashdagi statistik chetlanishlar

Ishning maqsadi: Radioaktiv preparatning Δt vaqt intervalidagi yemirilishlar sonini, o'rtacha qiymat μ atrofida chastota taqsimoti $H(x)$ ni ko'p marta individual o'lchashlar o'tkazish yo'li bilan hosil qilish, chastota taqsimotini Puasson taqsimoti bilan taqqoslashdan iborat.

Kerakli asboblari: Sensor-CASSY, CASSY Lab 2, GM box oynali schyotchik bilan, GM schyotchik trubkasi S, radioaktiv preparatlar to'plami, katta qisqichli vilka, kichik qisqichli vilka, ulash sterjenlari, egarsimon asoslar, Windows XP/Vista/7/8.

Sensor-CASSY bilan qo'shimcha ovoz chiqishi, reproduktor, egarsimon asoslar, kabellar juft-qizil va ko'k rangli 50 sm.li.

Ishning nazariy qismi: Yadroning spin bilan bog'liq bo'lgan muhim xarakteristikasi statistik xususiyatidir. Statistika bir necha aynan bir xil zarralarning kollektiv xususiyatidir.

Bir xil mikrozzarralar masalan, ikkita proton barcha xususiyatlari bilan aynan bir xil bo'lib, bir-birlaridan farqlanmaydilar. Aynan bir xil ikki zarra o'zaro joylari almashtirilsa holat xususiyatlari hech ham o'zgarmaydi. Bundan bir xil zarralarni almashtirishlik yangi holatga olib kelmaydi.

Demak, ikkita bir xil a va b zarralardan biri tayinli a va ikkinchisi b holatda emas, balki ixtiyoriy a yoki b holatlarda tura oladilar.

Ma'lumki kvant mexanikasiga ko'ra zarra trayektoriyasini aniqlash mumkin emas, faqatgina to'liq funksiyasi amplitudasiga ko'ra zarrachani topish ehtimoliyatini beradi. Agar aynan bir xil a va b zarralar harakatlanib turishsa, qaralayotgan vaqtda qaysi birining sohaning qaysi joyida ekanligini aniqlab bo'lmaydi. Bu zarralarni qayd qiladigan bo'lsak hisoblagich qaysi birini qayd etayotganligini bilib bo'lmaydi, faqatgina ularning hisoblagichga kelib tushgan ehtimoliyatini aniqlash mumkin. Shunday qilib, mikroolamda aynan bir xil zarralar holati bu zarralar joyini o'zaro almashtirish bilan o'zgarmas ekan.

Kvant nazariyasiga ko'ra n -ta zarralardan iborat sistemaning koordinatalari $r_1...r_n$ va spin proyeksiyalari $m_1...m_n$ bo'lgan to'liq funksiyasi $\Psi_{m_1 m_2 ... m_n}(r_1 r_2 ... r_n)$. Bu sistemadagi ikkita zarra masalan, birinchi va ikkinchilarini o'zaro almashtirsak, sistema holati o'zgarmasligi kerak.

$$\Psi_{m_2 m_1 ... m_n}(r_2 r_1 ... r_n) = P_{12} \Psi_{m_1 m_2 ... m_n}(r_1 r_2 ... r_n) \quad (1)$$

bu yerda P_{12} -almashtiruvchi operator.

Almashtiruvchi operator P_{12} ni ikki marta qo'llab, funksiya oldingi holatiga keladi: $P_{12}^2 = 1$ ya'ni $P_{12} = \pm 1$.

Istalgan bir juft zarralar uchun yuqoridagidek mulohaza qilish mumkin. Ikkita bir xil zarralarni o'zaro almashtirish bilan to'liq funksiya o'zgarmasa zarralarga nisbatan simmetrik, agar o'zgarsa zarralarga nisbatan antisimmetrik.

Ko'rsatish mumkinki, zarralar almashtirishlarga nisbatan u yoki bu simmetriyaga tegishli bo'ladilar. Zarralarning almashtirishlarga nisbatan xususiyati statistika deb ataladi.

Agar zarralar istalgan juftini o'zaro almashtirish bilan to'liq funksiyasi simmetrik bo'lsa Boze-Eynshteyn statistikasiga bo'ysunadi:

$$\Psi_{m_1 m_2 ... m_n}(r_1 r_2 ... r_n) = \Psi_{m_2 m_1 ... m_n}(r_2 r_1 ... r_n) \quad (2)$$

Bu zarralarga boze-zarralar yoki bozonlar deyiladi.

Agar zarralar istalgan juftini o'zaro almashtirish bilan to'liq funksiyasi antisimmetrik bo'lsa, Fermi-Dirak statistikasiga bo'ysunadi.

$$\Psi_{m_1 m_2 ... m_n}(r_1 r_2 ... r_n) = -\Psi_{m_2 m_1 ... m_n}(r_2 r_1 ... r_n) \quad (3)$$

bu zarralarga fermi zarralari yoki fermionlar deb ataladi.

Fermi-Dirak statistikasidagi zarralar Pauli tamoyiliga bo'ysunadilar. Pauli tamoyiliga ko'ra har qanday yopiq sistemada bir xil xususiyatga ega bo'lgan hatto ikkita fermion joylasha

olmaydi. Pauli tamoyiliga ko'ra fermion n, l, I, m kvant sonlarining birortasi bilan farqlanishi lozim. Kvant mexanikasidan $\psi^{(1)}$ va $\psi^{(2)}$ holatlardagi ikki xil zarra to'liq funksiyasi $\psi^{(1)}\psi^{(2)}$ teng.

Ikkita fermion zarralar uchun (4) ga ko'ra ko'paytma antisimmetrik bo'ladi:

$$\Psi_{m_1 m_2}(r_1, r_2) = \Psi_{m_1}^{(1)}(r_1)\Psi_{m_2}^{(2)}(r_2) - \Psi_{m_2}^{(1)}(r_2)\Psi_{m_1}^{(2)}(r_1) \quad (4)$$

Agar $\psi^{(1)}$ va $\psi^{(2)}$ funksiya bir xil bo'lsa (4) ifoda nol bo'ladi. Pauli tamoyili bajariladi.

Pauli tamoyili olam tuzilishini tushuntirish uchun qo'llaniladi. Elementlar davriy sistemasini atom, yadro va kristallar strukturasini bu siz tushuntirib bo'lmaydi.

(4) ifoda ikkita bozon zarralar uchun simmetrik funksiya

$$\Psi_{m_1}^{(1)}(r_1)\Psi_{m_2}^{(2)}(r_2) + \Psi_{m_2}^{(1)}(r_2)\Psi_{m_1}^{(2)}(r_1) \quad (5)$$

(5) ifoda bir xil funksiyalar uchun nolga teng bo'lmaydi, ya'ni bir holatda istalgancha bozonlar tura oladi. Bozonlar Pauli tamoyiliga bo'ysinmaydi. Shunday qilib, elementar zarralar, toq yadrolar, spinlari yarim butun $I=1/2, 3/2, 5/2$ bo'lsa fermionlar bo'lib, Fermi-Dirak statistikasiga bo'ysunadi. Agar elementar zarralar juft yadrolar, spinlari butun $I=0, 1, 2$ bo'lsa bozonlar bo'lib, Boze-Eynshteyn statistikasiga bo'ysunadi.

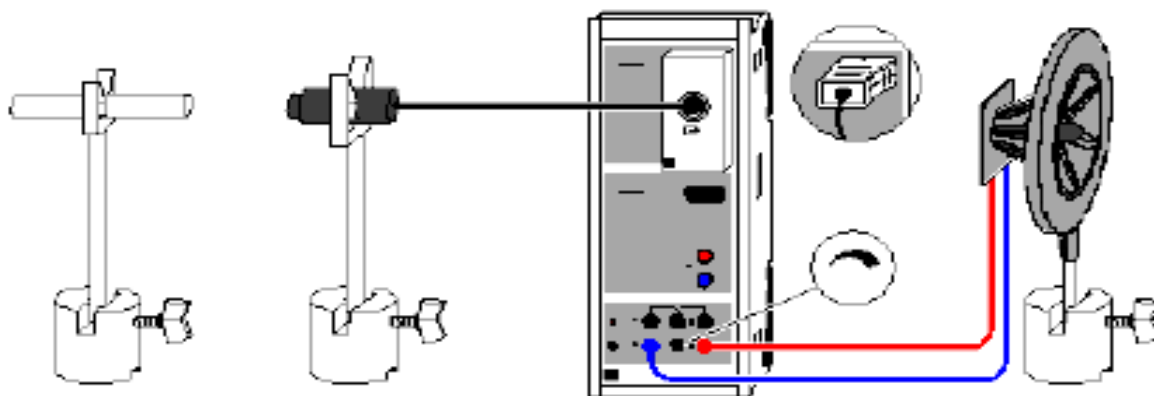
Sistema bir necha fermion-elementar zarralardan tashkil topgan bo'lsa, bu zarralar sonining toq yoki juftligiga ko'ra Fermi-Dirak yoki Boze-Eynshteyn statistikasiga mansub bo'lishligi mumkin.

Yadro nuklonlari fermion bo'lganligi uchun juft yadrolar (spinlari butun son) bozonlar bo'lib, Boze-Eynshteyn statistikasiga bo'ysunsa, toq yadrolar fermion bo'lib (spinlari $I=1/2-9/2$) Fermi-Dirak statistikasiga bo'ysunadi. Chunki nuklonlar to'liq funksiyasi har bir juft almashtirishlarga nisbatan antisimmetrik bo'lib, juft sondagi nuklonlar uchun to'liq funksiyasi ishorasini juft marotaba, toq sondagi nuklonlar uchun esa toq marotaba almashtirish lozim bo'ladi. Natijada juft nuklonlar simmetrik, toq nuklonlar antisimmetrik to'liq funksiyasiga ega bo'ladi.

Masalan, alfa-zarra (${}^4_2\alpha$) ikkita proton, ikkita neytrondan tashkil topgan. Ikkita deytrondan iborat deyishlik mumkin. Nuklonlarni to'la almashtirish uchun oldin protonlarni keyin neytronlarni xususiy funksiyaning ishorasini ikki marta almashtirish kerak, natijasida ishorasi o'zgarmay qoladi.

Radioaktiv preparatning Δt vaqt intervalidagi yemirilish hodisalarining soni x doimiy son emas. O'rtacha qiymati μ atrofida chastota taqsimoti $H(x)$ ni ko'p marta individual o'lchashlar o'tkazish yo'li bilan hosil qilish mumkin. Bu chastota taqsimotini Puasson taqsimoti bilan taqqoslash yo'li bilan, biz x o'rtacha qiymat μ atrofida Puasson taqsimotini ko'rsatishini tasdiqlashimiz mumkin.

Tajribani o'rnatish (chizmaga qarang). Oynali schyotchik Sensor-CASSY ning A kirishidagi GM karobkaga ulanadi. Schyotchik trubkasini va preperatlarni ehtiyotlik bilan o'rnatish.



1-rasm. Puasson taqsimotini ko'rsatish qurilmasi

Tajribalarni o'tkazish

Dasturlarni yuklash:

- Agar lozim bo'lsa tajribaning ishlash vaqtini o'zgartiring Δt .
- Agar lozim bo'lsa o'lchash rejimini oldindan o'rnatish. O'lchash sharti to'xtaganda tajriba nomerini kiritish.
- Tajribalarni  knopkani bosish bilan boshlang va o'lchash tugagandan so'ng yana  knopkani bosish bilan to'xtatish.

Baholash

Qiymatlarni baholashda siz o'lchangan chastota taqsimotini **Puasson taqsimoti** bilan taqqoslashingiz mumkin. μ ning o'rtacha qiymatining katta qiymatlari uchun **Puasson taqsimoti Gauss taqsimotiga** o'tadi.

Nazorat savollari

1. Statistika nima?
2. Nechta statistika mavjud?
3. Fermi-Dirak statistikasini tushuntiring
4. Boze-Eynshteyn statistikasini tushuntiring
5. Pauli tamoyili va qo'llanilishini tushuntiring
6. Qanday zarralarga boze-zarralar yoki bozonlar deyiladi
7. Qanday zarralarga fermi zarralari yoki fermionlar deb ataladi

4-LABORATORIYA ISHI

Seziy - 137 radioizotopining yarim yemirilish davrini aniqlash

Ishning maqsadi: Metastabil Ba-137 m izotoplarini Cs-137 preparatidan yuvib olish. Yuvish aktivligining vaqtdan bog'liqligini o'lchash va Ba-137m izotopining yarim yemirilish davrini aniqlashdan iborat.

Kerakli asboblari: Cs/Ba-137m izotop generatori, oynali hisoblagich, GM karobka, Sensor CASSY, V shakldagi 20 sm.li shtativ, 47 smli sterjen, Leybold ko'p tutgichi 0 ... 80 mm universal tutgichlar, 16 U 160 mm test trubkalar to'plami, 250 ml.li qattiq oynali menzurka.

Qo'shimcha talab qilinadi: PC Windows 95 /98 / NT yoki kattaroq versiyasi.

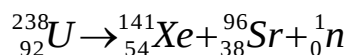
Ishning nazariy qismi: Radioaktivlik vaqtida bir yadro holatidan ikkinchi yadro holatiga o'tadi, bu bilan yadro o'z tarkibida bo'lgan va radioaktivlik vaqtida vujudga keluvchi zarralar (M: alfa, proton, beta,...) yengil yadrolar hamda fotonlarni chiqarishi mumkin. Buning natijasida yemirilayotgan yadrolarning tarkibi yoki ichki energiyasi o'zgaradi.

Radioaktivlik tabiiy sharoitda ro'y berib qolmay, sun'iy yo'l bilan ham hosil qilish mumkin. Ammo ikkala radioaktivlik orasida farq yo'q. Radioaktivlik qonunlari radioaktiv izotopning qanday olinishiga bog'liq emas.

Radioaktivlik yadroning ichki xususiyati bo'lib, har bir yadro o'ziga xos yemirilish turi, intensivligiga ega. Radioaktivlik xususiyati tashqi ta'sirlarga (temperatura, bosim, elektr yoki magnit maydon) bog'liq emas. Ko'pgina radioaktiv yadrolar nishon yadroni turli tezlashtirilgan zarralar bilan bombardimon qilishlik bilan hosil qilinadi.

Dastlabki radioaktiv nurlanishlar tahlili tabiiy radioaktivlik vaqtida alfa, beta zarralar va qisqa to'liqlik gamma fotonlar ekanligini ko'rsatdi.

1939 yilda G.N.Flerov, K.A.Petrjaklar og'ir yadrolarning ($A \geq 240$) o'z-o'zidan ikkita o'rtacha yadroga bo'linishligini kashf etdi.



Radioaktiv yemirilish statistik xususiyatga ega bo'lgan jarayondir. Yemirilayotgan yadrolardan qaysi birini qachon yemirilishini ayta olmaymiz. Lekin vaqt birligi ichida nechitasi

yemirilishligini aniqlash mumkin, shuning uchun radioaktivlikni yemirilish ehtimoliyatiga ko'ra o'rganish mumkin.

Radioaktiv yadrolar qarimaydi, yoshga ega emas, yemirilish intensivligi vaqt birligida yemirilgan yadrolar soniga bog'liq.

Vaqt birligida yemirilayotgan (dN) radioaktiv yadrolarning soni shu radioaktiv yadrolarning umumiy soni N ga proporsional. Masalan, dt vaqt oralig'ida dN ga kamayayotgan bo'lsa:

$$-dN = \lambda N dt \quad (1)$$

bo'ladi. Bu yerda λ -radioaktiv yemirilish doimiysi, o'lchami $[s^{-1}]$, Vaqt birligida yemirilishlar soni, nisbiy kamayish tezligini ifodalaydi: “-“ manfiy ishora vaqt o'tishi bilan radioaktiv yadrolar soning kamayishini ko'rsatadi.

(1) tenglamani yechish uchun quyidagicha yozamiz:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

integrallasak

$$\int \frac{dN}{N} = -\lambda \int dt; \quad \ln N = -\lambda t + \ln C$$

$t=t_0$ bo'lganda $N=N_0$;

$$\ln N = \ln C = \ln N_0 \quad N = N_0 = C$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t; \quad N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

formula radioaktiv yemirilish qonuni deyiladi

Agar biror namunada biror radioaktiv yadro mavjud bo'lsa har bir yadro uchun yemirilish ehtimoliyati bir xil bo'ladi. Ammo, qaysi bir yadro oniy ravishda yemirilayotganligini aytib bo'lmaydi. Agar namuna tarkibiga boshqa radioaktiv yadro qo'shilmasa, dastlabki turdagi radioaktiv yadrolar soni N berilgan vaqt intervali da quyidagicha qonuniyat bilan kamayib boradi.

$$dN = -\lambda N dt$$

λ -yemirilish doimiysi

Shuning uchun N soni uchun yemirilish qonuni quyidagicha bo'ladi.

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

N_0 - $t=0$ vaqtdagi radioaktiv yadrolar soni.

Bu qonun yarim yemirilish davri uchun quyidagi munosabatni o'rnatadi.

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

ya'ni, $t_{1/2}$ vaqtdan keyin radioaktiv yadrolarning faqat yarmi yemirilmasdan qoladi (1-rasmga qarang).

Namunaning aktivligi uchun, ya'ni birlik vaqtdagi yemirilishlar uchun quyidagini olamiz:

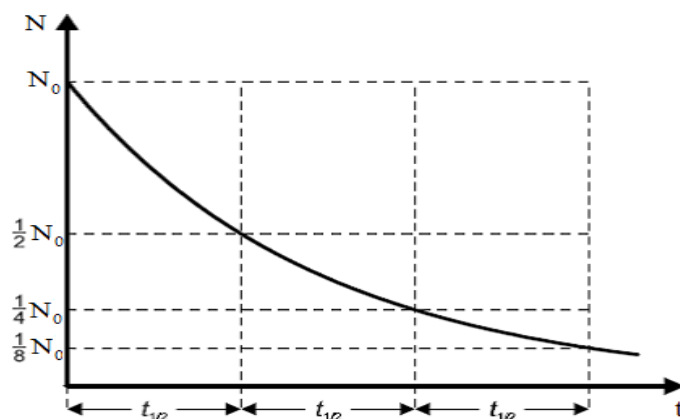
$$A(t) = \lambda \cdot N(t)$$

Bundan quyidagi kelib chiqadi:

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

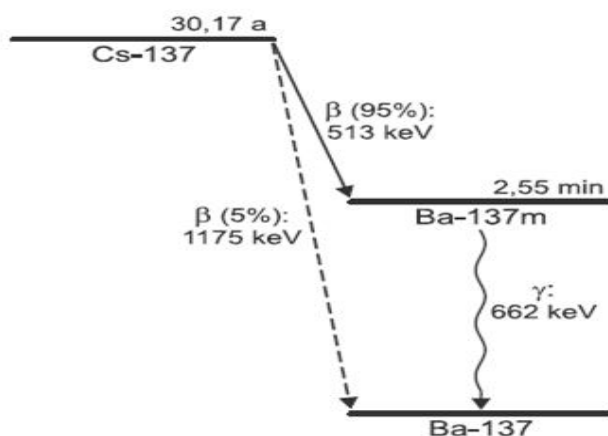
$$A_0 = \lambda \cdot N_0$$

ya'ni aktivlik ham yarim yemirilish vaqtidan keyin ikki marta kamayadi



1-rasm. Radioaktiv yemirilish (radioaktiv yadrolar soni N vaqtning funksiyasi sifatida)

Bu tajribada bariy ($Ba-137$) izotopining bariy ($Ba-137m$) metastabil holatining yemirilish grafigi o'lchanadi va yarim yemirilish davri aniqlanadi. $Ba-137$ uzoq vaqt, taqriban 30 yil yashovchi $Cs-137$ radioaktiv izotopining yemirilishi natijasida hosil bo'ladi. Seziy ($Cs-137$) o'zidan nurlar chiqarishi natijasida $Ba-137$ gacha yemiriladi. Yemirilishlarning 95 % da $Ba-137$ metastabil holatiga o'tiladi (2-rasmga qarang) va undan keyin yarim yemirilish davri 2.551 min. bo'lgan $Ba-137$ asosiy holatga yemirilish natijasida o'tadi.



2-rasm. Seziy ($Cs-137$)ning sodda yemirilishi

Texnika xavfsizligi

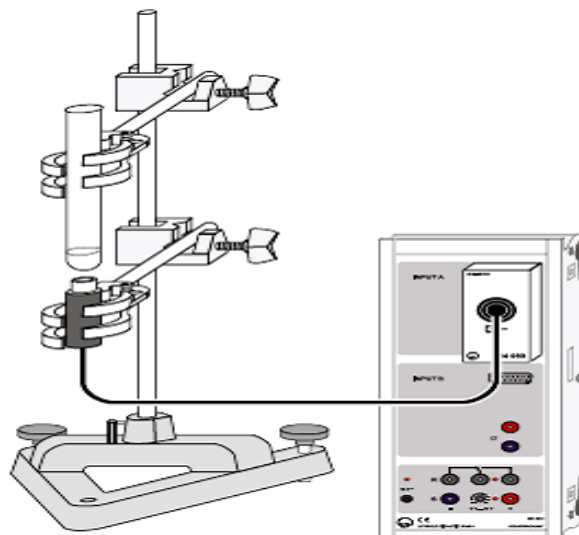
Radioaktiv preparatlar bilan ishlayotgan vaqtda Radiatsiyadan himoyalash normalari kabi davlat maxsus normalari kuzatilishi lozim. Bu tajribada foydalaniladigan radioaktiv moddalar ta'lim muassasalarida o'quv jarayoni uchun qo'yilgan talablar bo'yicha sinovdan o'tkazilgan. Ular o'zidan ionlashtiruvchi radiatsiya chiqarganligi uchun quyidagi xavfsizlik qoidalariga rioya qilinishi lozim. 1) $Cs/Ba-137m$ izotop generatorida ruxsat etilmagan shaxslarning ishlashi ta'qiqlanadi. 2) $Cs/Ba-137m$ izotopi generatoridan foydalanishdan oldin uning zararlanmaganligiga ishonch hosil qiling. 3) Ekranlash maqsadi uchun $Cs/Ba-137m$ izotop generatorini shkafda saqlang.

Minimum ekspozitsiya vaqti va minimum aktivlikka erishish uchun $Cs/Ba-137m$ izotop generatorini faqat $Ba-137$ ni yuvish paytida xavfsiz konteynerdan oling. $Ba-137$ ni yuvish paytida himoya qo'lqoplarini kiying. Taxminan 30 daqiqadan keyin yuvilgan $Ba-137$ ning aktivligi uning dastlabki aktivligining mingdan biriga teng. Yuvish paytida Seziy($Cs-137$) bilan zararlanish 50 Bk/ml dan kam, shu sababli yuvilganini joylashtirgich bilan konteynerga joylashtirishdan oldin taxminan yarim soat kuting.

Qurilma

Eksperimental qurilma 3-rasmda keltirilgan

- Universal qisqichlarni shtativga taxminan 6 sm masofada mahkamlang
- Oynali schyotchikni pastki universal qisqichga yuqoriga qaratib o'rnatish va himoya qopqog'ini siljitib oling.
- Tekshirish trubkasini yuqorigi universal qisqichga kirish oynasidan taxminan 0.5 sm masofada mahkamlang.
- Sensor-CASSY ni kompyuterning serial kirishiga (ya'ni COM1 ga) ulang, GM karobkaga ulang va oynali schyotchikni ulang.



3-rasm. CASSY yordamida bariy (Ba-137) metastabil izotopining yemirish grafisini o'lchash qurilmasi

Tajribalarni o'tkazish

O'lchash parametrlarini o'rnatish

-CASSY Lab dasturini chaqiring, dialog oynasining "Settings" dan "CASSY" registrida "Update Setup" ni bosing.

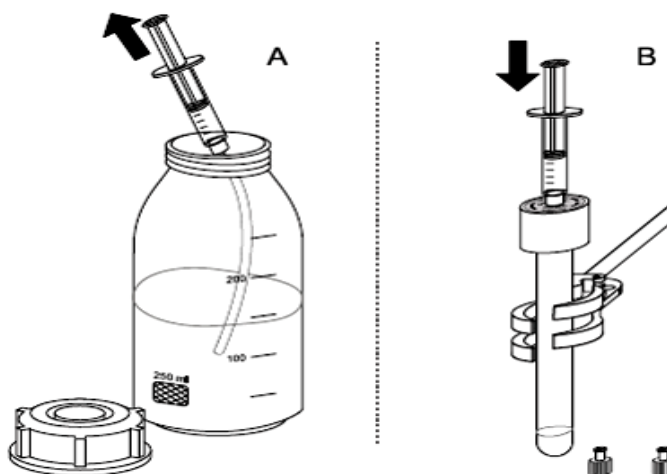
– GM karobkaning displeyiga bosing va quyidagilarni tanlang.

O'lchash qiymati: "Rate RA1", O'lchash diapozoni: "1001/s", O'lchash vaqti: 12 s

–Dialog oynasining "Settings" dan Display" registridan tanlang: x-axis: t, y-axis: RA1

– O'lchash parametrlarini tanlang:

– "Automatik Recording", "Interval: 100 ms"



4-rasm. Bariy (Ba-137m) ni Cs/Ba-137m izotop generatoridan yuvib olish

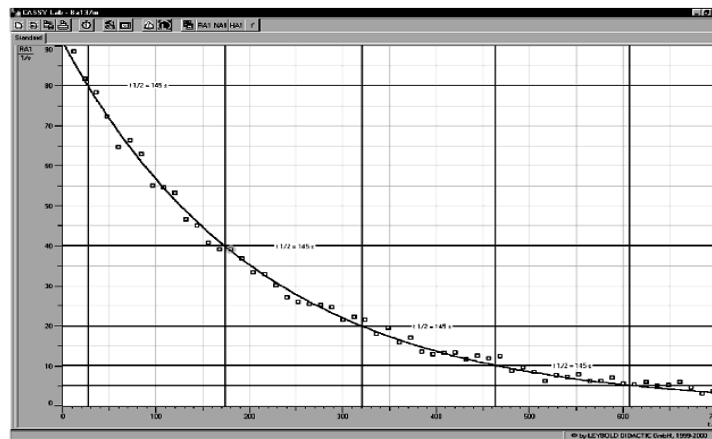
O'lchangan qiymatlarni yozish:

- O'lchangan qiymatlarni yozishni F9 kalitni bosib yoki knopkani bosish bilan boshlang va 700 s da to'xtating.
- knopka yordamida yoki F2 bilan o'lchash natijalarini saqlang (Faylning nomini tanish uchun esda saqlang).

Izoh: Cs-137 va qiz yadro Ba-137m o'rtasida radioaktiv muvozanat 20 daqiqalardan keyin tiklanadi, shuning uchun shu vaqtdan keyin boshqa yuvishni o'tkazish mumkin.

- Cs/Ba-137m izotop generatorining yashash vaqti uning ichiga kiruvchi yuvuvchi, erituvchilar va juda kichik teshikli filtrning ifloslanishi tufayli chegaralangan bo'ladi. Agar yuqori tozalikka ega bo'lgan yuvuvchi erituvchilardan foydalanilsa generatorni 500 -1000 marta qayta yuvish mumkin.

O'lchash misoli va baholash



5-rasm. Bariy (Ba-137m) ning yemirilish grafigi

5-rasmda Ba-137m ning yemirilish grafigi ko'rsatilgan. Yarim yemirilish davri $t_{1/2}$ ni keyingi baholash va aniqlashlar quyidagicha:

- Sichqoncha o'ng tugmasi bilan diagrammani bosing, menyu bo'limidan "Fit Function → Exponential function e^{-x} ", ni tanlang va ish diapozonining boshlanishi va oxirini sichqoncha bilan belgilang.
- Alt+W kalitlar kombinatsiyasi bilan gorizontaal chiziqni faollashtiring va uni sichqoncha bilan schyotchik tezligining yaxshi aniqlash qiymatiga (ya'ni 80 l/s) joylashtiring.
- Tanlangan qiymatning yarmiga, to'rttdan biriga, sakkizdan biriga gorizontaal chiziqlar joylashtiring
- Alt+S kalitlar kombinatsiyasi bilan vertikal chiziqlarni faollashtiring va ularni sichqoncha yordamida ish grafigi bilan gorizontaal chiziqlar kesmasiga joylashtiring.
- Alt+D kalitlar kombinatsiyasi bilan o'lchashlar farqini faollashtiring va ikki qo'shni vertikal chiziqlar farqi orqali yarim yemirilish $t_{1/2}$ davrini aniqlang.

5-rasmdan $t_{1/2} = 145.2 \text{ s} = 2.42 \text{ min}$ ni olish mumkin adabiyotlarda keltirilgan qiymatlar:

$t_{1/2} = 153.08 \text{ s} = 2.5514 \text{ min}$

Natijalar

Radioaktiv moddaning t vaqtda yemirilmay qolgan yadrolarining soni $N(t)$ va shu moddaning aktivligi $A(t)$ vaqtning funksiyasi sifatida eksponensial ravishda kamayadi. Bu kamayish yarim yemirilish davri $t_{1/2}$ bilan xarakterlanadi. Bu vaqtda dastlabki yadrolar soni va moddaning aktivligi ikki marta kamayadi.

Nazorat savollari

1. Radioaktivlik hodisasini tushuntiring
2. Radioaktivlik turlarini tushuntiring
3. Radioaktivlik yemirilish qonunini keltirib chiqaring
4. Radioaktivlik qonunini xarakterlovchi kattaliklarning fizik ma'nolarini tushuntiring
5. Aktivlik va o'lchov birliklarini tushuntiring

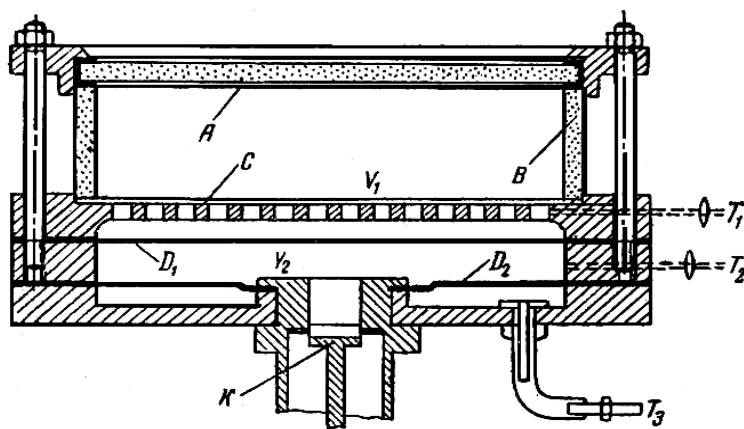
5-LABORATORIYA ISHI

α - zarrachalar izlarini Vilson kamerasi yordamida namoyish etish

Ishning maqsadi: Havo, suv va spirt bug'i aralashmasi o'ta to'yinishini Vilson bulutli kamerasida adiabatik kengayish orqali hosil qilish. α zarrachalarning izlarini nuqtaviy manbadan kuzatishdan iborat.

Kerakli asboblari: Vilson pufakli kamerasi, Vilson bulutli kamerasi uchun radiy yoki toriy radioaktiv preparat manbasi energiya manbai 450 V DC, lampalar 6 V/30 W, asferik kondensator, transformatorlar 6V AC, 12V AC/30VA, stol qisqichi, egarsimon asos, etanol, denaturat yoki metanol, kabellar jufti 1 m.li qizil va ko'k, distirlangan suv, qo'shimch tavsiya etiladi burama qopqoqli butilka ya'ni, polietilen butilka 250 ml.li.

Ishning nazariy qismi: Zaryadlangan zarralarning izlarini va yadro o'zgarishlarini kuzatishga imkon bergan asbob 1912 yilda ingliz fizigi Ch.Vilson tomonidan yaratilgan Vilson kamerasidir.



1-rasm. Vilson kamerasining ko'rinishi

Vilson kamerasining ishlash prinsipi ionlarning o'ta to'yingan bug' tomchilarining kondensatsiyalanish markazi bo'la olish xususiyatiga asoslangan. Agar bug' changdan va kondensatsiyani vujudga keltiradigan boshqa obyektlardan holi bo'lsa, kondensatsiya boshlanmaydi. Vilson kamerasi biror kondensatsiyalanmaydigan gaz (havo, vodorod, geliy, argon, azot) yoki suyuqlikning to'yingan bug'lari bilan ko'pincha suyuqliklar (suv va spirt aralashmasining bug'lari) bilan to'ldirilgan germetik yopiq V_1 (ishchi hajmi) hajmdan iborat. Kameraning devorlari shishadan yoki metallardan qilingan, kameraning o'zi esa, silindr yoki parallelepiped shakliga ega bo'lib, chiziqli o'lchamlari 10 sm dan 1 m gacha va undan ham katta bo'lishi mumkin. Hozirgi zamon kameralarida ishchi hajm yuzlarcha va minglarcha litr bo'lishi mumkin. Ishchi hajmda o'ta to'yingan bug' hosil qilish uchun devorlarning biror qismi qo'zg'aladigan qilinadi.

Gaz hajmini adiabatik ravishda V_2 hajmgacha kengaytirib, temperaturani quyidagi munosabatni qanoatlantiradigan qiymatgacha pasaytiramiz:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

Bu yerda $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ asosiy gaz issiqlik sig'imlarining nisbatidir. Temperaturaning yangi T_2

qiymatida bug' o'ta to'yingan bo'ladi va sezgirlik vaqti deb aytiladigan vaqt davomida shu holatda turadi. Agar shu vaqtda kameraning ishchi hajmi orqali qandaydir tez zarra uchib o'tsa u gazning o'z yo'lidagi atomlarini ionlashtiradi. Zarra trayektoriyalari bo'ylab vujudga kelgan ionlar o'ta to'yingan bug' kondensatsiyalanishining markazlariga aylanadi, natijada trayektoriya bo'ylab iz hosil bo'ladi. Kameraning mukammallashgan konstruksiyalarida bug'ning o'ta

to'yingan holatiga yordamchi hajmdan K klapan orqali siqilgan havoni tez chiqarib yuborish orqali erishiladi. Yordamchi hajmda bosimning kamayishi natijasida D_1 -diafragma tez tushadi va kameraning ishchi hajmida gaz adiabatik 25—30% ga kengayib, temperatura pasayadi va bug' o'ta to'yingan holga o'tadi.

Qisqasi ishchi hajmdagi gaz va bug'ning kengayishiga moslashtirish mumkin. Maxsus naycha siqilgan havoni yordamchi V_2 hajmga chiqarib yuborish uchun xizmat qiladi, bu esa har bir ish siklining oxirida diafragmani oldingi holatiga keltiradi. To'r D_2 -rezina diafragmaning yuqoriga qiladigan harakatini chegaralaydi. Kameraning ishchi hajmi B -shisha yon devorlari bilan, yuqori qismi - A tekis oyna va pastki qismi qora material bilan qoplangan (qorong'i fon bo'lishi uchun shunday qilinadi), C metall to'r bilan chegaralangan, ishchi hajmni yoritish uchun yon tomondan impulsli yorituvchi lampa qo'yiladi.

Kameradagi eski ionlarni yo'qotish maqsadida ko'pincha santimetriga bir necha 10 V/sm kuchlanganlikka ega bo'lgan tozalovchi elektr maydon qo'yiladi.

Kosmik nurlarni tekshirishda schyotchiklar bilan boshqariladigan Vilson kameralari ishlatiladi. Kameradan oldin va undan keyin moslashishlar sxemasi bo'yicha ulangan schyotchiklar joylashtirib qo'yiladi. Schyotchiklar orqali zarralar o'tganda ular ishlaydi va kamerani ishga solib o'tgan zarrani qayd qiladi.

Zarraning elektr zaryadi ishorasini, impulsini va energiyasini aniqlash uchun Vilson kamerasi kamera o'qiga parallel bo'lgan magnit maydoniga joylashtiriladi. Bu birinchi marta sobiq sovet fiziklari P.L.Kapitsa va D.V.Skobelsin tomonidan 1927 yilda α -zarralarni va kosmik nurlarni o'rganishda qo'llanilgan edi.

Zarraning uchish yo'nalishi - aniq bo'lsa, trayektoriyasining magnit maydonida egrilanishiga qarab zarra zaryadining ishorasini aniqlash mumkin.

Vilson kamerasi qulayligi va yuksak effektivligi bilan bir qatorda kamchiliklarga ham ega:

1. Zaryadlangan zarralar izlarini kuzatish vaqti, ya'ni kameraning sezgirlik vaqti ancha kam bo'lib, 0,1—1 sek ga teng.

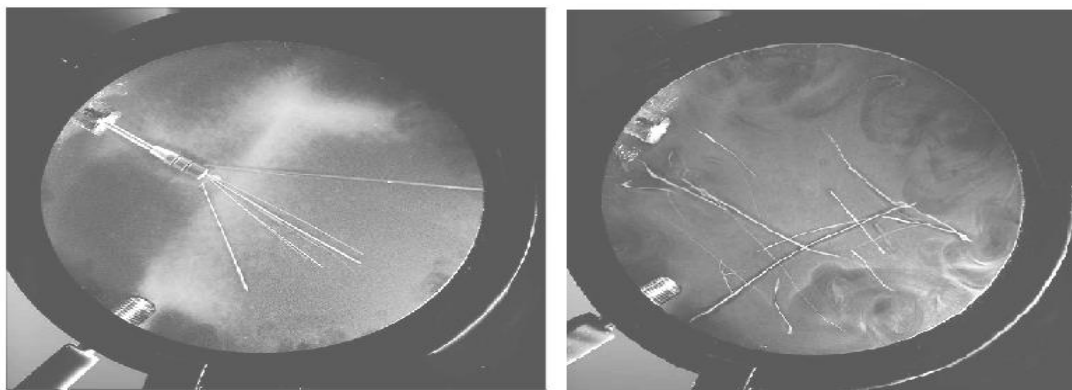
2. Kameraning ishchi hajmidagi modda kam bo'lgani uchun uning tormozlash qobiliyati kichik.

3. Bir suratda qayd qilingan hodisalar fotografiya protsessining davomiyligi qadar aniqlik bilan oniy deb hisoblanishi mumkin, bu esa yadro protsesslari uchun juda katta vaqtdir.

4. Vilson kamerasining o'lchamlari katta bo'lgani tufayli izlar chaplashganroq bo'ladi

α -zarrachalarning izlarini Vilson bulutli kamerasidan foydalanib ko'rinadigan qilish mumkin. α - radiatsiya bilan taqqoslaganda, har ikkala β va γ radiatsiyalar juda kam ionlashtiruvchi hisoblanadi, shuning uchun bu tajribada foydalanilmaydi. Vilson bulutli kamerasida havo, suv va spirt aralashmasining to'yingan bug'lari sovutiladi va vakuum nasos yordamida hosil qilinadigan adiabatik kengayish tufayli o'ta to'yingan holatga o'tadi. Bu esa bug'ning kichik tuman tomchilari shaklida kondensatsiyalanishiga sabab bo'ladi, bu effekt kondensatsiyalanish markazlari yordamida amalga oshiriladi. Vilson kamerasida α -zarrachalarning gaz molekullari bilan to'qnashishida hosil bo'lgan ionlar xususiy holda bunday kondensatsiya markazlari bo'lishi mumkin.

Har safar vakuum nasos aktivlashganda, alfa zarrachalar izlari bo'ylab o'ta to'yingan bug'lar birdaniga kondensatsiya markazlari atrofida kondensatsiyalanadi va bulut tomchilari hosil qiladi, ular esa illyuminatorda bir yoki ikki sekund ko'rinib turadi. Elektr maydoni kameradagi qoldiq ionlarni tozalaydi. Bu tajribada siz radiy yoki toriy preparatidan α - zarralar manbayi sifatida foydalanishingiz mumkin. Ra_{226} preparati Vilson bulutli kamerasi ichiga joylashtiriladi. Preparat bir tomonida teshigi bo'lgan, ichi bo'sh silindr ichiga joylashtiriladi α zarrachalar bu teshikdan xuddi nuqta tipidagi manbadan chiqqanday chiqib keladi. Ra_{226} yarim yemirilish davri 1390 yil bo'lgan N-222 gacha energiyasi $E=4.78$ MeV bo'lgan alfa zarrachalar chiqarib yemiriladi.



a)

b)

2-rasm. α -zarrachalarning Vilson bulutli kamerasidagi izlari.

a) nuqtaviy manbadan (radiy preparati), b) butun kamera bo'yicha taqsimlangan manbadan (toriy preparati)

Texnika xavfsizligi

Mamlakatimizda radioaktiv preparatlar bilan ishlashda qo'llaniladigan barcha qonunlar, normalar va ko'rsatmalarga amal qiling. Bu tajribalarda foydalaniladigan radioaktiv preparatlar Germaniya ta'lim muassasalari uchun qat'iy German normalariga muvofiq tasdiqdan o'tgan. Ammo, bu preparatlar ionlashtiruvchi radiatsiya chiqarganligi uchun, siz hamma vaqt quyidagi xavfsizlik qoidalariga rioya qilishingiz lozim.

Preparatlarga ruxsat etilmagan kishilarning teginishidan qo'riqlang. Preparatlardan foydalanishdan oldin ularning zararlanmaganligiga ishonch hosil qiling. Eng qisqa ekspozitsiya vaqtiga erishish uchun radiy preparatini uning himoya konteyneridan faqat tajribalar o'tkazish paytidagina chiqaring; agar siz toriy manbayidan foydalanmoqchi bo'lsangiz, toriy tuzi solingan idishdagi shlang qisqichini faqat tajribalar o'tkazish paytidagina oching. Radioaktiv preparatdan mumkin bo'lgan maksimal masofani ta'minlash uchun uni faqat tutgich yordamida ushlang. Radiy preparatini ekranlash maqsadida uni hamma vaqt faqat himoya konteynerida saqlang. Minimum aktivlikni ta'minlash uchun faqat tegishli tajribaga kerak bo'lgan preparatnigina laboratoriya stoli ustida saqlang. Toriyni yemirilish mahsuloti Rn_{220} gazsimon bo'lib, Vilson kamerasiga ventil yordamida kiritiladi va butun kamera bo'yicha tekis taqsimlanadi. Turli yo'nalishlar bo'yicha tarqalayotgan zarrachalarning izini ko'rish mumkin. Rn_{220} yemirilishi natijasida yarim yemirilish davri 55.2 s bo'lgan Po_{216} hosil bo'ladi, bunda dominant energiyasi $E=6.28$ MeV bo'lgan α -zarrachalar chiqariladi.

Qurilma

Spirt-suv aralashmasini tayyorlash:

– Polietilen butilkada taxminan 200 ml 50 % metanol yoki etanol va 50 % toza suv aralashmasini tayyorlang.

Izoh: Kengaytirish bilan hosil qilingan to'yingan bug'ning kondensatsiyalanishi faqat α - zarrachalar yordamida hosil qilingan ionlar tufayli bo'lishi mumkin va kamera ichiga qandaydir kirib qolgan boshqa zarralar tufayli kondensatsiyalanish hosil bo'lmaydi. Kameraning ichini changlardan toza tuting, agar lozim bo'lsa uni distillangan suv bilan yuving. Qurilmani 3-rasmda ko'rsatilgandek o'rnatish.

– Stol qisqichini turg'un laboratoriya stoliga mahkamlang va Vilson kamerasini yo'naltiruvchi truba bilan stol qisqichiga shunday mahkamlangki, vakuum nasosni o'rnatish mumkin bo'lsin.

– Kamera qopqog'ini bir qo'lingiz bilan mahkam ushlang va boshqasi bilan qisqichlarni oching, keyin qopqoqni olib qo'ying va pastki plastinkani olib qo'ying.

– Pastki plastinkaning jun qoplamasini spirt-suv aralashmasi bilan yaxshilab namlang, ammo aralashma ichiga solmang

– Pastki plastinkani uning oyoqlari bilan rezina O-halqa ustiga qo'ying. Rezina O-halqa kamera pastki qismining uchlariga bir tekis joylashganligiga ishonch hosil qiling.

Variant a) radiy preparatidan foydalanish

- Barcha xavfsizlik choralariga rioya qilgan holda, Vilson kamerasi uchun radiy preparatini uning shisha konteyneridan oling va uni asosiy plataning preparat tutgichiga kiriting.
- Kamera qopqog'ini rezina prokladka ustiga to'g'ri joylashganiga ishonch hosil qilib joylashtiring va uni qisqichlar bilan mahkamlang. Kamera mahkamligini vakuum nasosni qisqa muddat qo'shib tekshirib ko'ring (kengayishga kam qarshilik yoki tovush chiqishi teshik borligini ko'rsatadi), rezina prokladkani vakuum smazka bilan yaxshilab moylang va kamerani qayta yoping.
- Kamerani deionizatsiyalash uchun 150 V yoki kattaroq doimiy kuchlanishdan foydalaning.

Lampani o'rnatish:

Izoh: Kamerani kuchli bir tomonlama qizdirish konveksiya oqimi hosil bo'lishiga, tajriba bilan interferensiyalashishiga sabab bo'ladi, lampani Vilson bulutli kamerasiga juda yaqin qo'ymang.

- Lampani va asferik kondensorni asosga mahkamlang va uni Vilson bulutli kamerasidan taxminan 15 sm masofaga o'rnatish. Lampani bulutli kameraning kuzatish oynasi sathida joylashadigan qilib sozlang.
- Lampani transformatorga ($U=6$ V) ulang.
- Lampa spiralini gorizontal ravishda to'g'rilang va parallel yoki kuchsiz sochilgan yorug'lik nuri hosil qiling va uni bulutli kameradan perpendikulyar ravishda o'tadigan qilib to'g'rilang.

Variant a) radiy preparatidan foydalanish:

- Lampani shunday o'rnatishki, kameraning ichi zarrachalarning kutilayotgan yo'li bo'ylab yoritilgan bo'lsin.

Tajribalarni o'tkazish

- Kamerani yopgandan keyin birinchi tajriba siklini boshlashdan oldin taxminan 10 min atrofida kuting, chunki havo, suv va spirt aralashmasi kamera ichida bulut hosil qilishi lozim.

Variant b) toriy preparatidan foydalanish:

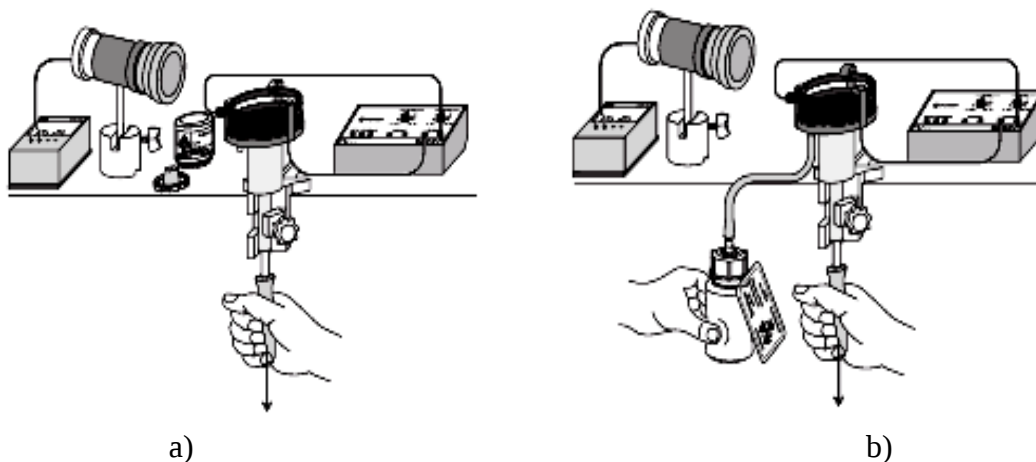
- Toriy manbasidan rezina yopgichni oling va shlangni shlangga ulang.
- Vilson bulutli kamerasi ustidagi ventillyatsion ventil qopqog'ini olib qo'ying va toriy manbasini ventil birlashtiruvchi vintidan mumkin qadar uzoqroqda joylashtiring (2-rasmga va Vilson bulutli kamerasi ko'rsatmalar kitobiga qarang.).
- Asosiy qisqichni oching va bulutli kamera ichiga radon gazini kiritish uchun plastik butilkani bir necha marta kuchli qising (siz bu jarayonga vakuum nasosni kameraga ehtiyotlik bilan qo'shib ham yordam berishingiz mumkin).

Radonning qisqa yarim yemirilish davriga ega ekanligini hisobga olgan holda quyidagi bosqichlarini tez bajaring:

- Asosiy qisqichni yoping, shlangni ventillyatsion ventildan oling va qopqoqni ventilga burab kiriting.
- Vakuum nasos ruchkasini bir marta kuchli bosing, uni oxirgi holatida ushlab turing va zarrachalarning tomchi izlarini ustidan kuzatish oynasi orqali kuzating.

Variant a) radiy preparatidan foydalanish:

- Vakuum nasos ruchkasini bir marta kuchli bosing, uni oxirgi holatida ushlab turing va zarrachalarning tomchi izlarini ustidan, kuzatish oynasi orqali kuzating.
- Agar lozim bo'lsa, kamera ichidagi bug' yaxshi to'yingan holatga o'tishi uchun aralashmani bir necha marta ko'paytiring.
- Tajribalarni qayta o'tkazish uchun kamida 1-2 min kuting, chunki tajribani qayta o'tkazish uchun bug' aralashmasi muvozanat holatga kelishi lozim.
- Tajribalar tugaganda bulutli kameraning qopqog'ini ochib qo'ying va kamera pastki qismidagi nam jun gilamchaning qurishiga imkon bering.
- Kamerani changlardan imkoni boricha toza tuting.



3-rasm. Tajriba qurilmasi. a) radiy preparatidan foydalanish, b) toriy preparatidan foydalanish

Qo'shimcha ma'lumotlar

Toriy manbasi bilan ishlash variantida, kameradagi radon gazni tarkibini orttirish toriy manbayini ulangan holatda qoldirib vakuum nasosni qo'shishingiz mumkin. Bu variant kengaytirish paytida kattaroq chaqqonlikni talab qiladi, chunki bu holda ventillyatsion vintni yopish imkoniyati yo'q.

Nazorat savollari

1. (n, γ) reaksiyasi nima va qayerlarda ishlatiladi?
2. Pufakchalar kamerasining tuzilishi va ishlash prinsipi haqida ma'lumot bering
3. Birlamchi zarralar to'g'risida ma'lumot bering
4. Dastali (fon) treklar nima va ular qanday aniqlanadi?
5. Neytral yulduzchalarning hosil bo'lish mexanizmi nima?
6. Zaryadli zarraning proton bilan bo'ladigan ikkilamchi o'zaro ta'siri nima?

6-LABORATORIYA ISHI

Ssintillyatsion schyotchik yordamida gamma nurlanishni aniqlash

Ishning maqsadi: Seziy (Cs-137) izotopi yordamida ssintillyatsion schyotchik bilan γ nurlanishni aniqlash.

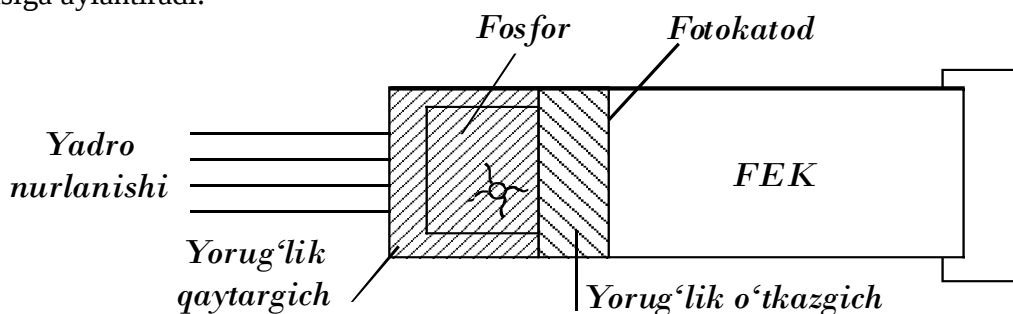
Kerakli asboblari: Sensor-CASSY, CASSY Lab 2, MCA karobka, aralash preparat α , β , γ , ssintillyatsion schyotchik, chiqish detektor, yuqori kuchlanish manbayi 5 kV, ssintillyator ekranlash rozetkasi shtativ 47 sm.li, leybold ko'putgich, universal tutgich 0...80 mm.li, PC Windows XP/Vista/7/8.

Qo'shimcha tavsiya: Ikki kanalli ossilloskop 400

Ishning nazariy qismi: Lyuminessensiyalanish xususiyatiga ega bo'lgan muhitdan zarra o'tganda, qisqa muddatli kuchsiz yorug'lik nuri paydo bo'ladi. Bu yorug'lik nuri ssintillyatsion schyotchikda qayd qilinadi. Bu usulni 1903 yilda Vilyam Kruks taklif qilgan. Gaz to'ldirilgan detektorda asosiy rolni yadro nurlanishi ta'sirida vujudga keladigan elektr zaryadlari o'ynasa, Ssintillyatsiya schyotchigida nurlanishni qayd qilish o'tgan zarra yo'lidagi atom va molekullarning uyg'onishiga asoslanadi. Uyg'ongan atomlar juda qisqa vaqt (10^{-6} – 10^{-8} s) yashaydi va elektromagnit nur chiqarib, asosiy holatiga qaytadi. Fosforda bu nurlanish chastotasi spektrining bir qismi yorug'lik sohasiga to'g'ri keladi. Shuning uchun zaryadlangan zarra bu muhitdan o'tganda kuchsiz yorug'lik nuri tarqaladi. Shular asosida ssintillyatsiya schyotchiklari yasaladi.

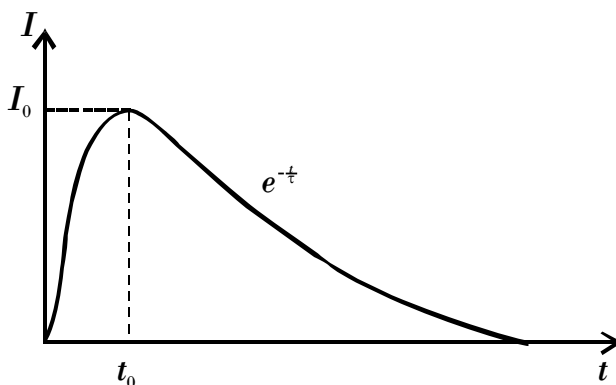
1934 yilda L.A.Kubent'skiy tomonidan yaratilgan fotoelektron kuchaytirgich (FEK) mazkur schyotchiklarda ishlatila boshlagach, schyotchiklarning afzalligi ortib ketdi. Zamonaviy ssintillyatsion schyotchikning qanday qismlardan tuzilganligi 1-rasmda ko'rsatilgan.

ssintillyatsiya schyotchiklarining sifati va qo'llanilishi sohasi ko'p jihatidan unda ishlatiladigan fosfor-kristallning muayyan xossasiga, chunonchi, konversiya xususiyatiga, boshqacha aytganda, yutilgan zarra energiyasini yorug'lik energiyasiga aylantira olish xususiyatiga bog'liq. Fosfor-kristall yutilgan zarra energiyasining bir qismini yorug'lik energiyasiga aylantiradi. NaI(Tl) kristalining bu qobiliyati kuchliroq, u yutilgan energiyaning o'ndan bir qismini yorug'lik energiyasiga aylantiradi.



1-rasm. Ssintillyatsiya schyotchigining tuzilishi

Fosforning yorug'lik chiqarish darajasining yutilgan har xil zarralar energiyasiga bog'liqligi katta ahamiyatga ega. Ko'pchilik fosforlar yutilgan energiyaga proporsional ravishda yorug'lik energiyasi chiqaradi. Ammo bunday proporsionallikning og'ir zarralarga daxli yo'q masalan, α -zarra uchun bunday bog'lanish chiziqli bo'lmagan qonunga buysunadi. Fosforning yorug'lik chiqarish intensivligi (I) vaqtga bog'liq (2-rasm).



2-rasm. Fosfordagi yorug'lik intensivligining vaqt bo'yicha o'zgarishi

Fosfor-kristalga zarra tushgan sari uyg'ongan atomlar yig'ila boradi. Zarra kristall ichida batamom to'xtamasdanoq atomlarning bir qismi fotonlar chiqarib, asosiy holatiga qaytadi. Zarra sekinlashgan sayin uyg'ongan atomlar soni va fosforning nurlanish intensivligi tobora ortadi. Taxminan $t_0=10^{-12}$ s dan keyin yorug'lik intensivligi eng yuqori darajaga yetadi. Bu vaqt ichida zarra batamom to'xtaydi. Uyg'ongan atomlar sonining kamayishi yorug'lik intensivligining nisbatan sekin pasayishiga olib keladi. Bu jarayon $t>t_0$ vaqtga to'g'ri keladi (2-rasmga qarang). Umuman intensivlik quyidagicha ifodalanadi:

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

bu yerda t – ma'lum t_0 momentdan so'ng boshlanadigan vaqt; τ – uyg'ongan atomlarning o'rtacha yashash vaqti u fosforning *yorug'lik tarqatib bo'lish vaqti* deb ataladi. τ ning qiymati qanchalik kichik bo'lsa, fotoelektron ko'paytirgichda hosil bo'ladigan impuls shunchalik qisqa, binobarin, schyotchikning ajratish qobiliyati shunchalik yaxshi bo'ladi. Fosforning qayd qilish effektivligi har xil zarra uchun har xil. Masalan, zichligi va atom nomeri katta bo'lgan fosfor γ -nurlarni yaxshi qayd qiladi-yu, tez neytronlar uchun yaramaydi.

Fosfordagi yorug'likni tok impulsiga aylantirish uchun fotoelektron ko'paytirgichdan foydalaniladi. FEK elektro-vakuum asboblardan bo'lib, elektronlar oqimini fotoeffekt hodisasiga asoslangan holda kuchaytiriladi. Fotokatod va turli kuchlanish ostida bo'lgan bir qancha elektrod

(dinod) yordamida dastlabki elektronlar tezlashtiriladi, natijada ular dinodlar yuzasidan urib chiqarilgan ikkilamchi, uchlamchi va hokazo elektronlar bilan birgalikda kuchli elektron oqimi – tokni hosil qiladi. Hosil bo‘lgan barcha elektronlar FEK ning oxirgi elektrod (anod)ida to‘planib, tok impulsini vujudga keltiradi. FEK larda elektronlar sonining ortishi kuchaytirish koeffitsiyenti bilan ifodalanadi. To‘la kuchaytirish koeffitsiyenti $K=k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots \cdot k_n$ bo‘ladi, bu yerda $k_1, k_2, \dots, k_n$ – birinchi, ikkinchi va hokazo ketma-ket dinodlardagi kuchaytirish koeffitsiyentlari.

Gamma-nurlarni qayd qilish. Gamma-nurlarni qayd qilishda ssintillyatsion schyotchiklar boshqa detektorlarga, masalan, Geyger-Myuller schyotchiklariga qaraganda yaxshiroq natija beradi. Shuning uchun ular bu ishda juda keng qo‘llanilmoqda. γ - kvantlarning fosfor moddasi bilan o‘zaro ta’siri elektronlarning zichligi va γ - kvantning energiyasi orqali belgilanadi. Ana shuning uchun ham γ - kvantlarni qayd qilishda katta zichlikka ega va o‘rtacha tartib nomeri (Z) katta bo‘lgan fosforli ssintillyatsion schyotchiklar ishlatiladi.

Texnika xavfsizligi

Radioaktiv preparatlar bilan ishlayotgan vaqtda, radiatsiyadan himoyalaniшни boshqarishga qo‘shimcha ravishda, davlat maxsus talablari va ta’lim normalari ham kuzatilishi lozim, ya’ni Germaniya Federal Respublikasida juda kam radiatsiyadan himoyalaniш normalari (StrlSchV - Strahlenschutzverordnung) va o‘quv darslari davomidagi xavfsizlik direktivalari kuzatilishi lozim. Bu tajribada foydalaniladigan preparatlar StrlSchV (2001) talablar bo‘yicha sinovdan o‘tkazilgan. Shu sababli express ruxsatnomasiz ham ular bilan ishlash mumkin. Foydalaniladigan preparatlar ionlovchi nurlanish chiqarishi tufayli, quyidagi xavfsizlik qoidalariga rioya qilinishi lozim:

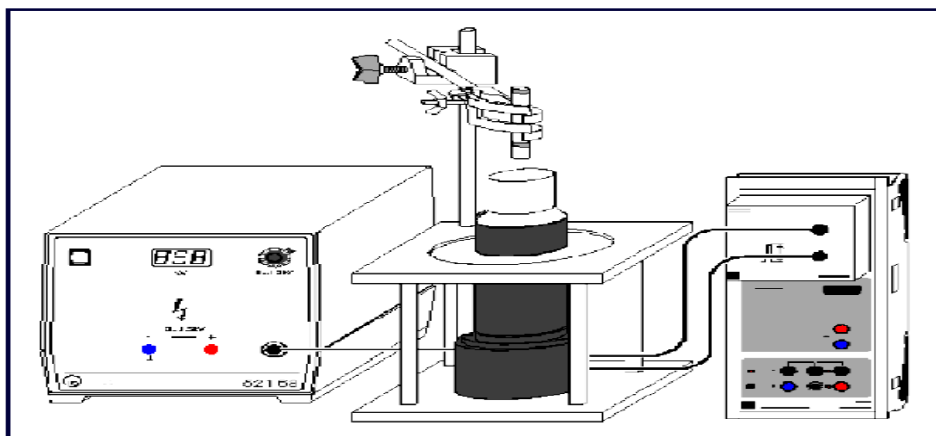
- **Ruxsat etilmagan shaxslarning** preparatlar bilan ishlashi taqiqlanadi
- Preparatlardan foydalanishdan oldin ularning **buzilmaganligiga** ishonch hosil qiling
- Ularni **ekranlash** maqsadida preparatlarni xavfsiz konteynerlarda saqlang.
- **Minimum ekspozitsiya vaqti** va **minimum aktivlikka** erishish uchun, preparatlarni xavfsiz konteynerlardan faqat tajriba o‘tkazish uchun zarur bo‘lgan vaqtdagina chiqarib oling
- **Maksimal masofani** saqlash uchun preparatlarni metall tutgichlarning yuqorigi oxirida tuting

Tajribaning tavsifi

- Aralash preparatlar (Cs-137, Am-241, Sr-90) γ spektri o‘lchanadi va energiyani kalibrlash ma’lum bo‘lgan chiziqlar bo‘yicha amalga oshiriladi.

Tajribani o‘rnatish

- Ssintillyatsion schyotchikning chiqish kaskadi MCA karobkaga va yuqori kuchlanish manbayiga ulanadi. Preperat ssintillyatsion schyotchik ustki qismiga tutgich material yordamida bir necha santimetr masofada joylashtiriladi.
- Ssintillyatsion schyotchikni tushib ketishdan himoyalash uchun, o‘rnatish uchun rozetkadan foydalanish tavsiya etiladi. Bu rozetka shtativga mahkamlash moslamasiga ega.



3-rasm. Ssintillyatsion schyotchik yordamida γ -nurlanishlarni aniqlash ishinin umumiy ko‘rinishi

Dasturlarni yuklash

- Yuqori kuchlanish manbayini nolga o'rnatish va uni ulang.
- Tajribalarni knopkani bosish bilan boshlang
- Yuqori kuchlanish bo'lmaganda ssintsillyatsion schyotchik impulsini sanamasligi lozim.
- Kuchlanishni spektr mumkin bo'lgan kanallarni qoplab olguncha asta sekin 700-900 V gacha o'ttirib boring.
- Har safar yuqori kuchlanish o'zgartirilganda o'lchanayotgan spektr boshqa spektrlar bilan aralashib ketmasligi uchun yozib olinishi lozim. Tajriba davom ettiriladi va o'lchash vaqti qayta boshlanishi lozim
- O'rnatilgan o'lchash vaqti tugaganda o'lchashlar to'xtatiladi.

Hisoblashlar

Ikki izotop *Cs-137* va *Am-241* aralash preparatlar γ nurlanish chiqaradi va u ssintsillyatsion schyotchik yordamida qayd etiladi. *Am-241* preparati 59.5 keV da bitta chiziqli chiqaradi va *Cs-137* preparati 662 keV da bitta chiziqli chiqaradi. O'lchangan spektr shu ikki chiziqlar o'rtasidagi ba'zi xususiyatlarni (details) namoyon qiladi. Bular preparatlarda va detektorda Kompton effektining mavjudligi tufayli yuzaga keladi. O'lchashlardan keyingi spektr hali kalibrovka qilinmagan. Uni energetik spektrga aylantirish uchun energetik kalibrovka amalga oshirilishi lozim. Buning uchun spektrdagi ikki ma'lum chiziqlardan (59.5 va 662 keV) foydalaniladi.

Izohlar: Tajribalar o'tkazish uchun preparatlar bevosita detektorning ustiga o'rnatilmasligi, balki undan bir necha santimetr masofaga joylashtirilishi lozim. Agar preparat detektorga juda yaqin bo'lsa, sanash tezligi shu qadar katta bo'ladiki, individual impuls ham qo'shilib ketadi. Qolgan dastlabki impuls bilan bu qo'shilish chiziqlarni yuqori energiya tomon siljitadi. Ssintsillyatsion schyotchik keyingi uchidagi NaI(Tl) kristali mexanik ta'sirlarga juda sezgir. Bundan tashqari NaI(Tl) kristali temperaturadagi tez o'zgarishlarga ham juda sezgir bo'lib, bu o'zgarishlar ularni tanlash jarayonida karobkani ochish paytida ham kuzatilishi mumkin. Har ikkala holda ham kristalning yorilishi yuz berishi, va sezgirlikning kamayishiga olib kelishi va eng yomoni sochilish tufayli energiya bo'yicha ajratish qobiliyatining yomonlashishiga olib kelishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Ssintsillyatsion schyotchik bilan γ nurlanishni aniqlashni tushuntiring
2. *Cs-137* preparati 662 keV da qanday chiziqli chiqaradi?
3. *Cs-137* va *Am-241* izotoplar xossalari tushuntiring

Glossariy

Optika – grekcha soʻz boʻlib, «**Opticos**» - koʻraman degan maʼnoni bildiradi

Yorugʻlik dispersiyasi-moddaning sindirish koʻrsatkichini yorugʻlik toʻlqin uzunligiga bogʻliqligidan yuz beradigan hodisalar

Interferensiya - yorugʻlikni toʻlqin tabiatini namoyon boʻlishi. Ikkita kogerent toʻlqinlarni qoʻshilishi natijasida kuzatiladi

Yorugʻlik difraksiyasi - yorugʻlikning toʻgʻri chiziq boʻylab tarqalish qonunidan chetlanishlar tufayli yuz beradigan hodisalar

Fraunhofer difraksiyasi - parallel nurlar difraksiyasi

Difraksion panjara - bir-biridan barobar uzoqlikda joylashgan va bir xil kenglikdagi parallel tirqishlar sistemasi

Golografiya - kogerent nurlar dastalarining difraksiya va interferensiya hodisalariga asoslanib yorugʻlik toʻlqinlarining strukturasi yozib olish va uni (asl) oʻz holiga qayta tiklash usuli

Fakon - Yorugʻlik tarqalish yoʻnalishi boʻylab diametri kamayuvchi tola

Afakon - Yorugʻlik tarqalishi yoʻnalishida diametri oshib boradigan tola

Dispersiya – lotincha soʻz boʻlib dispergo – sochaman degan maʼnoni anglatadi

Abberatsiyalar - Yupqa linza koʻpgina kamchiliklarga ega, yuqori sifatli tasvir olish uchun tasvirni buzilishga olib keladigan kamchiliklar

Sferik aberratsiya - optik sistemalarda paraksial boʻlmagan abaksial nurlardan foydalanish tufayli vujudga keladi, yaʼni sferik aberratsiyani hosil boʻlishiga asosiy sabab sirtning shaklidir

Xromatik aberratsiya - optik sistemalarda monoxromatik boʻlmagan nurlardan foydalanish tufayli vujudga keladi. Moddaning sindirish koʻrsatkichi yorugʻlik toʻlqin uzunligiga bogʻliqdir

Distorsiya - optik sistema yordamida hosil qilingan tasvir linzadan oʻtgan nurlar sinishi va bitta nuqtada yigʻilmasligi hisobiga, geometrik oʻxshashliklarni buzilishi tufayli vujudga keladi. Koʻrish maydoni chegarasida linzaning chiziqli kattalashtirishi bir xil boʻlmasligi tufayli tasvir buziladi

Koma - optik sistemalarda manbadan qiya nurlar tushganda kuzatiladigan nosimmetrik tasvir. Komaning hosil boʻlishiga sabab linzaning kattalashtirishi markaziy va chetki yorugʻlik nurlari uchun bir xil emas

Mikroskop - Mikroskop juda kichik obyektlarni kattalashtirib kuzatish uchun xizmat qiluvchi qurilma

Polyarizator - qutblangan yorugʻlik olish uchun ishlatiladi qutblovchi plastinka

Analizator - yorugʻlikni qutblanganligini tekshirish uchun ishlatiladigan plastinka

Absolyut oq jism - jismga tushayotgan nur toʻla qaytadi

Absolyut qora jism - jismga tushayotgan nur toʻla yutiladi

Modda dispersiyasi – to‘lqin uzunligini o‘zgarishiga qarab sindirish ko‘rsatkichini qanchalik tez o‘zgarishini ko‘rsatuvchi miqdor

Frenel difraksiyasi – to‘lqin fronti sferik bo‘lgan nurlar difraksiyasi

Paraksial nur – optik o‘q bag‘irlab yo‘nalgan nur

Abaksial nur – optik o‘qdan uzoqda yo‘nalgan nur

Asosiy holat – yadroning eng pastki energetik holati

Defekt massa – proton va neytronlarning mustaqil va yadroga massalari orasidagi farq

Elementar zarralar – ichki tuzilishga ega bo‘lmagan zarralar

Gamma – yuqori energiyali fotonlar

Izobar - massalari bir xil yadrolar

Izotop – protonlar soni bir xil yadrolar

Ko‘zguli yadrolar – protonlar va neytronlar soni almashtirilgan yadrolar

Kvadrupol moment – deformatsiyalanishning ikkinchi darajasi

Massa – yadro og‘rligi

Neytron - zaryad jihatdan neytral zarra

O‘tanozik struktura – yadroga spin va orbital momentlar o‘zaro ta’siri tufayli vujudga keladigan holat

O‘yg‘ongan holat – yadroning asosiy holatidan energiyasi katta bo‘lgan holatlar

Postulat – isbotsiz qabul qilingan qoida

Proton – musbat zaryadlangan zarra

Qisqa masofada ta’sirlashuv – yadro kuchlarining xususiyatlaridan biri

Radioaktivlik – nur chiqarish qobiliyati

Solishtirma bog‘lanish energiyasi – har bir nuklonga to‘g‘ri keladigan bog‘lanish energiyasi

Spin – xususiy moment

To‘yinish – yadro kuchlarining xususiyati

Yadro magnetoni – nuklonlar harakat miqdori momenti

Yadro modellari – yadroni strukturasini ifodalovchi modellar

Yadro reaksiya – yadroga ta’sir etib holatini o‘zgartirish

Beta-spektr – beta zarralarning energetik taqsimoti

Betatron – beta zarralarni tezlatuvchi qurilma

Deytron – vodorod yadrosi izotopi

Detektorlar – yadroviy nulanishlarni qayd qiluvchi qurilma

Izotopik spin – yadroning izotopik invariantligini bildiruvchi kattalik

Ionizatsiya – zaryad jihatdan neytrallikning buzilishi

Qizil chegara – fotoeffekt hodisasining boshlanish chegarasi

Kompaund – oraliq holatning mavjudligi

Kritik massa – zanjir reaksiyasining boshlanish chegarasi

Kuchsiz ta'sirlashuv – kuchli o'zarota'sirga nisbatan sekin kechadigan o'zarota'sir

Mikrotron – elektronlarni tezlashtiruvchi qurilma

Neytrino – ichki tuzilishga ega bo'lmagan neytral elementar zarra

Oje elektron - Ichki konversiya tufayli uyg'ongan holatga o'tib qolgan atomning o'yg'onish energiyasi atom qobig'idagi tashqi elektronlarning birortasiga berilishi va elektron chiqib ketishi mumkin, bu elektronga Oje elektron deyiladi.

Pauli tamoyili – Pauli tomonidan aytilgan tamoiil: atomda 4 ta kvant soni bir xil bo'lgan ikkita zarra bo'lishi mumkin emas.

Radiatsion nurlanish – yuqori energiyali yadroviy nurlanishlar

Sinxrofazotron – protonlarni tezlatadigan qurilma

Termoyadroviy sintez – yengil yadrolarning qo'shilishi

To'lqin funktsiya – zarralarni to'lqin holatini ifodalovchi funktsiya

Fermi nazariyasi – beta parchalanish nazariyasi

Foton – yorug'lik kvanti

Fotoeffekt – yorug'lik ta'sirida elektronlarning ajralish hodisasi

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ландсберг Г.С. Оптика. Т.: «Ўқитувчи». 1981.
2. Калитевский Н.И. "Волновая оптика" М.1971. М. 2006.
3. Каримов Р., Отажонов Ш., Эшжанов Б., Бурибаев. Оптикадан масалалар ва лаборатория ишлари тўплами Ўқув қўлланма, Тошкент, 2012.
4. Сивухин Д.В. «Оптика» «Физмат» М. 2005.
5. Qo'lyliyev B.T. "Optika" "Fan va texnologiya" T. 2014. -272 b.
6. Mencuccini C., Silvestrini P., Fisica II, Elektromagnetismo-Optica, Liguori Editore.
7. Отажонов Ш. Эшчанов Б.Х. Оптика. Ўқув-услубий мажмуа, ЎЗМУ, 2015.
8. Тухватуллин Ф.Х., Жумабоев А., Файзуллаев Ш.Ф., Ташкенбаев У.Н., Муродов Ғ. "Оптика". Ўқув қўлланма, Самарқанд, СамДУ, 2004. -140 b.
9. Хабибуллаев П.Қ., Назиров Э.Н., Отажонов Ш., Назиров Д. «Физика изохли лўғати» Ўзбекистон Миллий Энциклопедия нашириёти, 2002.
10. Бутиков Э.И. «Оптика». Москва. ВШ. 1986. -511 с.
11. И. Дорошенко, Г. Пицевич, В. Шаблинскас. Кластерная структура жидких спиртов: исследование методами колебательной спектроскопии. – LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Germany. 2012. 288 с.
12. Отажонов Ш. «Молекуляр оптика» Т.1994.
13. Qo'lyliyev B.T. va boshqalar. Optikadan laboratoriya ishlarini bajarishga doir o'quv-uslubiy qo'llanma. 2016. 163 b.
14. Фейнмановских лекции по физике. Т.2, Гл.33. Addison-Wesley.1964.
15. Maciej Lewenstein, Anna Sanpera, Matthias Pospiech. Quantum Optics an Introduction. University of Hannover, Germany July 21, 2006
16. Барсуков В.И., Дмитриев О.С. Волновая и квантовая оптика. Изда-во Тамбовский государственный технический университет. Т.: 2012. -132 с.
17. Maciej Lewenstein, Anna Sanpera, Matthias Pospich. Quantum Optics. University of Hannover, Germany 2006.-86 p.
18. Джанколи Д. Физика. М.: «Мир». Том II. 1989. -665 с.
19. Иверонова В.И. тахрири остида. Физикадан практикум. Электр ва оптика. Т.: «Ўқитувчи». 1979. 822 б
20. Звелто О. Принципы лазеров М.: 1989. -320 с
21. Qo'lyliyev B.T. va boshqalar. Optika elektron o'quv qo'llanma.T.- 2015. 21 b.t.
22. Axmedova G., Mamatqulov O.B., Xolbaev I. Atom fizikasi. O'quv qo'llanma. T.: Istiqolol, 2013. 415 b.
23. Колмаков Ю.Н., Пекар Ю.А., Лежнева Л.С., Семин В.А. Основы квантовой теории и атомной физики, Учеб. пособие, Тула, 2003. -144 с.
24. FOOT. C. J. Atomic Physics. Department of Physics. University of Oxford. Oxford University Press 2005.
25. Шпольский Э.В. Атомная физика, в Т.2. Т.1. Введение в атомную физику. М.: Наука, 1984. - 552 с. Т.2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. М.: Наука, 1984. - 438 с.
26. Корнюшкин Ю.Д. Основы современной физики (Квантовая механика, физика атомов и молекул, физика твердого тела, ядерная физика) Учебное пособие. Санкт-Петербург, 2005.-326 с.
27. Анищенко И.А., Задерновский А.А., Зверев М.М., Любезнова Т.Ю., Магницкий Б.В., Фетисов Ю. К. Оптика и атомная физика, Учебное пособие, Москва 2002. -234 с.
28. Полвонов С.Р., Каноков З., Караходжаев А., Рузимов Ш.М. Атом физикасидан масалалар тўплами. Ўқув қўлланма. Т.: ЎЗМУ, 2006.
29. Каноков З., Караходжаев А., Нариддинов К., Полвонов С.Р. Атом ва ядро физикасидан лаборатория ишлари. Ўқув қўлланма. Т.: ЎЗМУ, 2006.-148б.
30. Матеев А.Н. Атомная физика, М.: Высшая школа, 1989.

31. Милантьев В.П. Атомная физика, М.: Изд-во Университета дружба народов, 1999. -373 с.
32. Muminov T.M., Xoliqov A.B., Xolmurodov Sh.X. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. T.: O'zbekiston faylasuflar jamiyati, 2009.
33. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учебник. В 3-х тт. Т.1. Физика атомного ядра. 7-е изд., стер.-СПб.: Изд-во «Лань», 2009. -384 с.
34. Krane K.S. Intoductory nuclear physics. Oregon State University, John Wiley and Sons, Nev York, 1988, -872 p.
35. Бекжонов Р.Д. Атом ядроси ва зарралар физикаси. Т.:Ўқитувчи,1995.-575 б.
36. Полвонов С.Р., Бозоров Э.Х. Амалий ядро физикаси. Ўқув-услубий қўлланма. Т.: ЎзРФА ЯФИ, 2017. -208 б.
37. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика, М.: Наука, 1980. – 728 с.
38. Тешабоев Қ.Т. Ядро ва элементар зарралар физикаси. Т.:Ўқитувчи, 1992.
39. Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарних частиц. М.: Просвещение, 1984.
40. Жуковский Ю.Г., Сергеев В.О., Антоньев Н.М. Практикум по ядерной физике. М., «Высшая школа», 1975. – 197 с.
41. Qosimov A., Jo‘rayev Sh., Qo‘ylijev B. Umumiy fizikadan laboratoriya ishlari. Termiz.: 2019. -194 b.
42. Murodov G‘., Xushvaqtov H. Spektroskopiya asoslari. “Voris”, T. 2015. 191 b.
43. Куйлиев Б.Т. Спектры спонтанного комбинационного рассеяния низко-молекулярных углеводов. «Чулпон», Т. 2018. -160 с.

Internet saytlar

- <http://www.bo.infn.it/herab/people/zoccoli/did.html>
- www.nuu.uz
- www.ziyonet.uz
- www.infomag.ru
- <http://journals.aip.org/>
- <http://www.e-library.ru/defaultx.asp>
- <http://www.iop.org/EJ/main/-list=current/>
- www.jstor.org
- <http://www.opticsinfobase.org/>
- <http://spiedigitallibrary.org/>
- <http://onlinelibrary.wiley.com/>
- <http://www.maik.ru/cgi-bin/list.pl?page=optrus>
- www.fundamental-research.ru
- www.optica4all.ru
- www.twirpx.com
- www.physics.ru
- <http://www.phys.msu.ru>
- <http://nuclphys.sinp.msu.ru>
- <http://cdfc.sinp.msu.ru/index.ru.html>

MUNDARIJA

KIRISH.....	4
 OPTIKADAN LABORATORIYA ISHLARI	
1. Linzalardagi sferik aberratsiyani o'rganish.....	14
2. Oq yorug'likning dispersiyasi va rekombinatsiyasi bo'yicha Nyuton tajribalari	18
3. Qo'sh tirqishda va ko'p sonli tirqishda difraksiyani - VideoCom vositasida qayd qilish va hisoblash.....	21
4. He-Ne lazeri bilan Lloydning akslantirish tajribasini o'rganish.....	28
5. Geliy-neon lazeri yordamida Frenel ko'zgusida interferensiya hodisasini o'rganish.....	32
6. O'tgan va qaytgan oq yorug'likda Nyuton halqalari.....	35
7. Maykelson interferometrini lazerli optik tayanch plitaga o'rnatish.....	40
8. Maykelson interferometri yordamida He-Ne lazerining to'lqin uzunligini aniqlash.....	43
9. Maxa-Zender interferometrini lazerli optik tayanch plitaga o'rnatish va interferension manzarani kuzatish.....	47
10. Maxa-Zender interferometri yordamida havoning sindirish ko'rsatkichini aniqlash.....	51
11. Lazer yordamida optik plitada o'tuvchi yorug'likda gologrammani hosil qilish.....	57
12. Frenelning qaytish qonunini o'rganish.....	64
13. Qand eritmasida qutblanish tekisligi aylanishini o'rganish.....	69
14. Stefan-Bolsman qonuni tekshirish: mutloq qora jism nurlanish intensivligini temperaturaga bog'liqligini aniqlash.....	71
15. Prizmalı spektrometr yordamida inert gaz va metall bug'larini chiziqli spektrlarini o'rganish	76
16. Нурланиш spektral chiziqlarini ўрганиш uchun difraksion spektrometrni yig'ish.....	83
17. Rangli suyuqlikning yutilish spektrini o'rganish	91
18. Suyuqliklarni sindirish ko'rsatkichini va dispersiyasini aniqlash.....	97
19. Chorak to'lqinli va yarim to'lqinli plastinka.....	101
 ATOM FIZIKASIDAN LABORATORIYA ISHLARI	
1. Plank doimiysini aniqlash.....	108
2. Frank - Gers tajribasi	113
3. Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash.....	117
4. Vodorod atomining Balmer seriyalarining to'lqin uzunligini aniqlash.....	123
5. Elementar elektr zaryadi kattaligini Milliken usuli bilan aniqlash.....	129
6. Kadmiy qizil chizig'i ajralishining magnit maydon kattaligiga bog'liqligini Fabri-Pero spektrometrda o'lchash.....	134
 YADRO VA ELEMENTAR ZARRALAR FIZIKASIDAN LABORATORIYA ISHLARI	
1. Radioaktiv namunalarning alfa (α) spektroskopiyasi.....	141
2. Polistiren, glitserin va teflonda yadro magnit rezonansi.....	144
3. Sanash tezligini aniqlashdagi statistik chetlanishlar.....	151
4. Seziy - 137 radioizotopining yarim yemirilish davrini aniqlash.....	153
5. α - zarrachalar izlarini Vilson kamerasi yordamida namoyish etish.....	158
6. Ssintillyatsion schyotchik yordamida gamma nurlanishni aniqlash.....	162
GLOSSARIY.....	166
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR	169