

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
ZAHIRIDDIN MUHAMMAD BOBUR NOMIDAGI
ANDIJON DAVLAT UNIVERSITETI
Fizika kafedrası

Qo'lyozma huquqida

Azizov Mashrabjon Abduraxim o'gli

**KASB-HUNAR KOLLEJLARI FIZIKA KURSIDA “KVANT FIZIKASI
ELEMENTLARI” BOBINING MAZMUNI VA UNI INTERFAOL
USULLAR YORDAMIDA O'QITISH**

5140200 – fizika

ta'lim yo'nalishi bo'yicha

bakalavr akademik darajasini olish uchun yozilgan

BITIRUV MALAKAVIY ISH

Ish rahbari: fizika-matematika fanlari nomzodi,

X.M.Madaminov

Andijon – 2017 yil

MUNDARIJA

KIRISH.....	
1-BOB. O'RTA MAXSUS TA'LIM TIZIMIDA FIZIKA FANINI O'QITISHNING TASHKILIY VA DASTURIY JIHATLARI	
1.1. O'rta maxsus ta'lim tizimida fizika fanidan o'quv dasturi	
1.2. O'rta maxsus ta'lim tizimida fizika fanidan darslik va o'quv qo'llanmalar	
Bob yuzasidan qisqacha xulosalar.....	
2-BOB. "KVANT FIZIKASI ELEMENTLARI"GA DOIR MAVZULARNING MAZMUNI	
2.1. Fotoeffekt muammosi	
2.2. Fotoeffektga doir F.Lenard tajribalari	
2.3. Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi	
2.4. Milliken tajribasi va Plank doimiysini aniqlash	
2.5. Tashqi fotoeffektga asoslangan asboblari. Fotoelementlar	
2.6. Yarimo'tkazgichlardagi ichki fotoeffekt asosidagi asboblari ...	
2.7. Yorug'lik dualizmi	
2.8. Mikrozararlari dualizmi. De-Broyl g'oyasi	
2.9. De-Broyl formulasi. De-Broyl to'lqinlari	
2.10 De-Broyl nazariyasining eksperimental tasdig'i	
Bob yuzasidan qisqacha xulosalar.....	
3-BOB "KVANT FIZIKASI ELEMENTLARI"GA DOIR MAVZULARNI INTERFAOL USULLAR YORDAMIDA O'QITILISHI	
3.1. Bobni interfaol o'qitishga doir umumiy mulohazalar	
3.2. "Fotoeffekt va uning qonunlari" mavzusini interfaol o'qitish .	
3.3. "Fotoeffektning qo'llanilishi" mavzusini interfaol o'qitishga doir tavsiyalar	
3.4. Foton va uning xossalari. Kompton effekti mavzusini interfaol o'qitishga doir tavsiyalar	
3.5. Kasb-hunar kollejlari fizika kursida "Kvant fizikasi elementlari"ga doir mavzularni interfaol usullar yordamida o'qitish texnologiyasi.....	
3.6. Pedagogik sinov-tajriba ishlarining mazmuni va uni o'tkazish Bob yuzasidan qisqacha xulosalar.....	
ASOSIY XULOSALAR	
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	

KIRISH

Mavzuning dolzarbligi. O'zbekiston Respublikasi Oliy Majlisi VI sessiyasida "Kadrlar tayyorlashning Milliy dasturi" qabul qilinib, unda ta'lim sohasida tub o'zgarishlar qilish vazifalari qo'yiladi. Ushbu dasturning maqsadi, ta'lim sohasini tubdan isloh qilish, uni o'tmish kamchiliklaridan holi qilish, rivojlangan demokratik davlatlar darajasidagi, yuksak ma'naviyatli, ahloqiy, yuqori malakali kadrlar tayyorlash milliy tizimini yaratishdan iboratdir.

O'zbekiston Respublikasining "Ta'lim to'g'risida"gi qonuni, "Kadrlar tayyorlash milliy dasturi" hamda Prezidentimiz asarlari mamlakatimiz xalq xo'jaligining barcha tarmoqlarini rivojlangan mamlakatlar darajasiga ko'tarish dastur-amalidir.

Umumiy o'rta maxsus va kasb-xunar ta'limining fizika kursi dasturidagi yakunlovchi bo'lim "Kvant fizikasi elementlari" deb ataladi. Bu bo'lim nurlanish va atomning kvant xossalarini va yadro fizikasi elementlarini o'z ichiga olgan. Bularning barchasini tushuntirishda kvant tasavvurlarga asoslaniladi. Bo'limdagi ko'lamli katta va murakkab o'quv materialli asosiy g'oya – mikrodunyodagi hodisa va kattaliklarning kvantlanganligi g'oyasi atrofiga birlashtiriladi.

Bo'limdagi material, falsafiy bilish nazariyasi nuqtai nazaridan katta ahamiyatga ega. Bu yerda 6-sinfdan boshlab, maktab fizika kursi va 8-sinfdan boshlab esa maktab kimyo kursi darslarida shakllantirib kelinayotgan mikrodunyo, atom va molekulalar dunyosi to'g'risidagi dastlabki tasavvurlar umumlashtiriladi. Bu hodisalarga yangicha kvant nuqtai nazaridan qarash, olamning fizik manzarasini shakllantirishga muhim hissa qo'shadi. Avval yuzaki bayon qilingan ko'pgina masalalar, jumladan, rentgen nurlanishi va atom nurlanishi endilikda kvant nazariyasi asosida batafsil bayon qilinadi.

Kvant fizikasini o'rganish ilmiy dunyoqarashni shakllantirishga sezilarli hissa qo'shadi. Dastlab, bir qator misollar orqali insoniyatning sezgi organlari yordamida bevosita sezishga ojiz bo'lgan mikrodunyoga kirib borishi qaraladi. Bizni o'rab turgan dunyoning cheksizligi va uni bilish mumkinligi g'oyasi, bilish

jarayonini chegarasiz ekanligi mustahkamlanadi. Keyinchalik esa qator misollar orqali amaliyot, tajriba bilim manbai ekanligi, hamda ular – yaratilgan nazariyalar qanchalik to'g'ri yoki noto'g'ri ekanligini aniqlab berishi ko'rsatiladi. Kvant tasavvurlari, atom va yadro fizikasining rivojlanish tarixiga asoslanib, bilish metodi – yangi ilmiy dalillarning paydo bo'lishi va tajriba ma'lumotlarining to'planishi, farazlarni ilgari surish, ulardan xulosalar chiqarish va natijalarni tajribada tekshirish, izchil nazariya yaratish, nazariyaning evristik kuchi va u yordamida yangi, noma'lum hodisalarni ochish, yaratilgan fizik nazariya asosida yangi texnika yaratish mumkin ekanligi ko'rsatiladi.

Yorug'lik va modda zarralarining korpuskulyar-to'lqin dualizmi (ikkiyoqlama xossasi) misolida bilish nazariyasining umumiy qonunlaridan bo'lgan – qarama-qarshiliklar kurashi va birligi qonunining mohiyati ochib beriladi. Fotonlarning moddalar bilan o'zaro ta'siri misolida, ob'ektning miqdoriy va sifat xarakteristikalarining bog'liqligi ko'rsatiladi.

Shunday qilib, fizikaning bu bo'limi falsafa kursi bilan amaliy predmetlararo bog'lanishni joriy qilishga imkon yaratadi. Chunki, o'quvchilar kvant fizikasini o'rganishni boshlashga qadar, qator falsafiy kategoriyalar bilan tanishib bo'lishgan, shuning uchun fizika o'qituvchisi kvant g'oyalarini umumlashtirib, o'quvchilarga tanish bo'lgan atamalardan foydalanib dunyoning moddiyligi, uni bilish mumkinligi, tabiat hodisalari va bilish jarayonining nazariyasi haqidagi tasavvurlarni rivojlantirishi lozim. Bu materialdan falsafa o'qituvchisi bilan birgalikda sinfdan tashqari amalga oshiriladigan ishlarda ham foydalansa bo'ladi. Bularga, ilmiy anjumanlar, o'quvchilarning ma'ruzalari, referatlari va boshqalar kiradi. Albatta, bunda ham fizikaga, ham falsafaga taaalluqli adabiyotlardan foydalanish mumkin.

Kvant fizikasining rivojlanish tarixi va bu fanni rivojlantirishga ulkan hissa qo'shgan vatanimiz va chet el olimlarining faoliyati bilan tanishtirish muhim tarbiyaviy ahamiyatga ega.

Bo'limda M.Plank, A.Eynshteyn, A.G.Stoletov, P.N.Lebedev, E.Rezerford, N.Bor, I.V.Kurchatov, N.G.Basov, A.M.Proxorov, Ch.Tauns va boshqalarning

asosiy g'oyalari qaraladi. Ularning g'oyalarini, materiyaning ichiga kirib borish jarayonini, kvant nazariya va uning zamonaviy yutuqlarini asta-sekin shakllanishini tahlil qilish, o'quvchilarning fikrlash qobiliyatini o'stiradi, fizika faniga bo'lgan qiziqishlarini kuchaytiradi.

Nihoyat, kvant fizikasini o'rganish, muhim amaliy ahamiyatga ega. Bu erda o'quvchilar, fotoelektrik effektini amalda qo'llanilishi – fotoelementlar, fotorezistorlar, fotorele, yorug'likning fotoximiyaviy ta'siri bilan tanishishadi. Atom fizikasini o'rganishga taalluqli bo'limda esa spektral tahlil usullari, lazer texnikasi va texnologiyalari bayon qilinadi. Yadro fizikasini o'rganishda bo'lsa, radioaktiv izotoplarining xalq xo'jaligida qo'llanishi, yadro energetikasining asoslari, yadro energetikasining yutuqlari va rivojlanish yo'nalishlari qaraladi.

Umumiy o'rta maxsus va kasb-xunar ta'limida kvant fizikasini bayon qilish darajasi va mazmuni, fizika fanining bu bo'limga taalluqli tushuncha va qonuniyatlarning barchasini to'la aks ettira olmaydi. Shunga qaramasdan, maktab fizika kursi, kvant fizikasining asosiy hodisalari va qonuniyatlarini, ularning amaliy tadbqiqini tushunishga etarli asos yaratadi.

Yuqorida aytilganlarga asosan, fizika kursining bu bo'limi muhim ta'lim va tarbiyaviy hamda o'stirish jihatlariga ega ekanligidan dalolat beradi. Shuning uchun ham, o'rta maktabda fizika o'qitishning yakunlovchi bosqichida kvant fizikasining asosiy tushuncha va qonunlarini shakllantirishga jiddiy e'tibor berishni taqozo qiladi.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Mavjud adabiyotlar va mavzuga oid maqolalarini o'rganish borasidagi izlanishlar shuni ko'rsatdiki, keyingi o'n-o'n besh yil davomida kvant nazariyasi elementlarini o'qitish masalasiga bag'ishlangan uslubiy xarakterdagi maqolalar deyarli uchramadi. Mavjud darslik va qo'llanmalarda bayon qilingan fikrlar esa kamida yigirma yil ilgari aytilgan fikrlar bo'lib, bugungi kun talabiga umuman javob bermaydi.

Yuqoridagi aytib o'tilganlardan foydalanib turli qurilmalar olish mumkinligi qator tajriba va dalillarda o'z tasdig'ini topdi. Shularni e'tiborga olgan holda, **mazkur bitiruv malakaviy ishining maqsadi** – kasb-hunar kollejlari fizika

kursida kvant fizikasi elementlarini interfaol usullar yordamida o'qitishni o'rganishdan iborat qilib belgilandi.

Bitiruv malakaviy ishining vazifasi: kvant fizikasi elementlarini interfaol usullar yordamida o'qitish masalasiga bag'ishlangan uslubiy tadqiqotlarni olib borish va unga bag'ishlangan mavzularni o'qitish usullarini o'rganishdan iboratdir.

Bitiruv malakaviy ishining amaliy ahamiyati shundaki, unda olib borilgan uslubiy tadqiqotlar natijalaridan, toplangan materiallardan va tayyorlangan o'quv vositalaridan umumta'lim maktablari va o'rta-maxsus ta'lim muassasalari fizika o'qituvchilari o'qitish jarayonida foydalanishlari mumkin.

Bitiruv malakaviy ishining predmeti: kvant fizikasi elementlariga doir mavzularning mazmuni, ko'lami va izchilligini ta'minlanish darajasini o'rganish, bu mavzularni interfaol usullar yordamida o'qitish masalasiga bag'ishlangan uslubiy tadqiqotlarni olib borish va bu tadqiqotlarni tahlil qilishdan iborat.

Bitiruv malakaviy ishining obyekti: o'rta maxsus ta'lim tizimida kvant fizikasi elementlariga doir mavzularning mazmuni va bu mavzularni interfaol usullar yordamida o'qitish masalalarini o'rganishdan iborat.

Bitiruv malakaviy ishining ilmiy-farazi va yangiligi: ishda fizikada kvant tushunchasining kashf etilishidan boshlab, uning optika va kvant fizikasidagi ahamiyatigacha bo'lgan barcha masalalar o'rganilib, ularni o'quvchilarga tushuntirish bo'yicha uslubiy tavsiyalar va maslahatlar bayon qilingan.

Bitiruv malakaviy ishining tadqiqot metodlari: ilmiy, ilmiy-uslubiy va pedagogik-eksperimental metodlardan iboratdir.

Bitiruv malakaviy ishining metodologiyasi fizika o'qitish metodikasining falsafiy va milliy-tarixiy asoslaridan iborat.

Bitiruv malakaviy ishining tuzilishi: BMI kirish, uchta bobdan iborat bo'lgan - asosiy qism, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati, asosiy hulosalar va ilovalardan iborat. Kirish qismida muammoning qo'yilishi, mavzuning dolzarbligi, ishning o'rganilganlik darajasi, ishning maqsadi va vazifalari, ishining amaliy ahamiyati, ishining predmeti, ishining obyekti va yangiliklari bayon etilgan.

1 BOB. O'RTA MAXSUS TA'LIM TIZIMIDA FIZIKA FANINI O'QITISHNING TASHKILY VA DASTURIY JIHATLARI

1.1. O'rta maxsus ta'lim tizimida fizika fanidan o'quv dasturi

Fizika fanidan o'quv dasturi barcha yo'nalishdagi akademik litseylar va kasb-hunar kollejlari uchun majburiy bo'lgan umumiy ta'lim dasturi sifatida etirof etiladi.

Fizika o'quv fanidan ta'lim berishning II bosqichida akademik litsey, kasb-hunar kollejlari umumiy ta'lim predmeti sifatida o'qitiladigan fizika kursining maqsadi umumiy o'rta ta'lim negizida fizikadan fundamental bilim berish, fizik hodisalar va olamning fizik manzarasini ilmiy asosda tushuntirish orqali o'quvchilarning ilmiy dunyoqarashi va falsafiy mushohada yuritish qobiliyatini rivojlantirish, nazariya va amaliyotning dialektik bog'liqligini ochib berish, tabiatda va texnikadagi fizik jarayonlarni idrok etish salohiyatlarini oshirish, olgan bilimlarini kundalik hayotiy ehtiyojlarida va xalq ho'jaligidagi faoliyatlari uchun tayyorlash, ta'lim olishni davom ettirish uchun zamin yaratishni ta'minlashdan iborat.

Dasturning asosiy vazifasi:

- akademik litsey va kasb-xunar kollejlari fizika kursining o'qitilish izchilligini ta'minlash;
- fizik tushuncha, hodisa va qonunlarni o'qitish ketma-ketligida oddiydan murakkablikka qarab borish tizimini saqlash;
- oliy o'quv yurtiga kirish uchun zaruriy bilim, ko'nikma va malakalar bilan qurollantirish;
- o'qituvchilar tomonidan ta'lim berish jarayonining bir me'yorda bo'lishiga erishish;
- o'qituvchining ish rejalarini tartibga tushirishdan iboratdir.

Dasturni tuzishda quyidagi g'oyalar asos qilib olindi:

- umumiy o'rta ta'limning 6-9 - sinflarida fizikaning ma'lum darajada mantiqan yakunlangan kursining yuzaga kelganligi, bu bosqich bitiruvchilarini akademik litsey, kasb-xunar kollejlarida fizika predmetidan bilim olishning uzluksizligi va uzviyligini ta'minlash zaruriyati;

- o'quvchilarni hozirgi zamon fizika bilimlari bilan qurollantirish, uning amaliy tatbiq'iga doir tajribalar o'tkazish, tajriba natijalarini qayta tahlil qilib, xulosalar chiqarish, tabiat va texnikada sodir bo'ladigan fizik jarayonlar mohiyatini bilish, ularning texnik tatbiqlarini o'rganishlari zarurligi;

- fizika kursini o'qitishni hozirgi zamon talablari darajasiga ko'tarish va rivojlangan mamlakatlar andozasiga yaqinlashtirish kerakligi.

Dasturning tarkibi va mazmuni shu davrgacha amal qilib kelgan o'n bir yillik umumta'lim maktablarining fizika dasturi tarkibi va mazmuniga yaqindir. Bunda 6-9 - sinflarda o'rganilgan fizik bilimlarning akademik litsey, kasb-hunar kollejlarida aynan takrorlanmasligiga, ta'lim mazmunining uzluksizligi va uzviyligiga alohida e'tibor qaratildi.

Ushbu o'quv dastur materiali 144 dars soatiga mo'ljallangan. Ajratilgan soatlar, har bir bosh mavzu mazmunini o'zlashtirishga, shu mavzular bo'yicha ma'ruza o'qishga, ko'rgazma va tajribalarni namoyish etishga, laboratoriya ishlarini bajarishga, masala va test topshiriqlarini yechishga, o'quvchilarning olgan bilim, ko'nikma va malakalarini baholashga mo'ljallangan.

Mazkur dasturga ko'ra, 17 ta laboratoriya ishlarini bajarish rejalashtirilgan bo'lib, ta'lim muassasasining ichki imkoniyatlaridan kelib chiqqan holda * belgisi bilan keltirilgan laboratoriya ishlariga almashtirish mumkin. Masalalar yechish, laboratoriya ishlarini tashkillashtirish, ekskursiyaga borish, umumlashtirish va takrorlash darslarini uyushtirish o'qituvchi ixtiyoriga beriladi.

O'qituvchi fizika darsini tashkil qilishda o'qitish usulining turli shakllaridan (ma'ruza, ogzaki bayon qilish, masalalar yechish, amaliy ish, ko'rgazmalilik va boshqa shakllardan) foydalanishi mumkin. Shuningdek, darslarni o'tishda dars

berishning turli noan'anaviy usullaridan - bahs-munozara, bayon, boshqotirmalar, elektron qo'llanmalar va multimediyalardan foydalanish tavsiya etiladi.

1-jadval

O'rta mahsus ta'lim muassasalarining o'quv rejasida fizika faniga ajratilgan soatlar miqdori va ularni dars turlari bo'yicha taqsimoti

№	Fan bo'limlari va mavzular	Umumiy yuklama, soat							
		Dars turlari bo'yicha soatlar taqsimoti							
		Xammasi	Jami	Nazariy (ma'ruza)	Amaliy	Laboratoriya	Seminar	Kurs ishi	Mustaqil ish
1.	Kirish	1	1	1		-			-
2.	Kinematika	10	7	5		2			3
3.	Dinamika	9	6	6		-			3
4.	Saqlanish qonunlari	4	2	2		-			2
5.	Tebranish va to'lqinlar	10	8	6		2			2
6.	Molekulyar-kinetik nazariya asoslari	9	6	4		2			3
7.	Suyuklik xossalari	6	4	2		2			2
8.	Qattiq jism xossalari	9	6	4		2			3
9.	Termodinamika asoslari	12	8	8		-			4
10.	Elektr maydon	12	8	6		2			4
11.	O'zgarmas tok qonunlari	12	8	6		2			4
12.	Turli muxitlarda elektr toki	16	12	8		4			4
13.	Takrorlash	2	2	2		-			-
14.	Magnit maydoni	9	6	4		2			3
15.	Elektromagnit induksiya	9	6	4		2			3
16.	Elektromagnit tebranishlar	22	16	14		2			6
17.	Elektromagnit to'lqinlar	12	8	6		2			4
18.	Optika	20	14	10		4			6
19.	Takrorlash	2	2	2		-			-
20.	Nisbiylik nazariyasi	6	4	4		-			2
21.	Kvant fizikasi elementlari	12	8	4		4			4
22.	Atom va yadro fizikasi	10	7	7		-			-
23.	Takrorlash	2	2	2		-			-
24.	Yadro energetikasi	8	6	6		-			2
25.	Olamning zamonaviy fizik manzarasi	1	1	1		-			-
26.	Umumiy takrorlash	2	2	2		-			-
	Jami:	227	16	126		34			67

Bugungi kunda Respublikamizda 4 xil yo'nalishga ega bo'lgan akademik litseylar va 5 xil turdagi kasb-hunar kollejlari faoliyat ko'rsatib kelmoqda.

Quyidagi jadvalda akademik litseylar va kasb-hunar kollejlari fizika fanidan o'quv dasturida ko'rsatilgan umumiy dars soat va dars turlari bo'yicha soatlarning taqsimoti berilgan.

2-jadval

O'rta mahsus ta'lim muassasalarining o'quv dasturida ko'rsatilgan umumiy dars soat va dars turlari bo'yicha soatlarning taqsimotlari

№	Akademik litsey yo'nalishlari	soati	ma'ruza	laboratoriya	Mustaqil
1.	Aniq fanlar	720	620	100	88
2.	Boshqa yo'nalishlar	144	110	34	67
3.	Kollejlar	144	110	34	67

Respublikamizda akademik litseylarning umumiy soni 80 dan ortiq. Yuqoridagi ikkala jadval tahlil qilinsa, aniq fan yo'nalishlarining soni faoliyat ko'rsatayotgan barcha akademik litseylarning taqriban to'rtidan bir qismiga to'g'ri keladi. Demak, aniq fan yo'nalishi bo'yicha 720 soatli dastur asosida fizika fanini o'qiydigan o'quvchilar soni nisbatan juda ham kam. Aynan shu holda asosiy e'tibor 154 soatli dastur bilan ish ko'radigan kasb-hunar kollejlari va akademik litseylarga qaratilmog'i kerak bo'ladi. Buning uchun umumta'lim fizika o'quv fanlari mazmuni hozirgi sharoitda bo'lajak ixtisoslik o'quv fanlari mazmuni bilan o'zaro aloqada bo'lishligi, nafaqat fizika o'quv materiallarini o'zlashtirishni osonlashtiradi, balki bu fanga bo'lgan qiziqishni ham oshiradi. Shu munosabat bilan barcha turdagi kasb-hunar kollejlari turli mutaxassisliklari uchun fizika o'quv dasturini ishlab chiqish ehtiyoji yuzaga keladi.

1.2. O'rta maxsus ta'lim tizimida fizika fanidan darslik va o'quv qo'llanmalar

Ta'limning barcha bosqichlarida o'quv jarayonini yuqori saviyadagi hamda jahon standartlariga javob beruvchi o'quv adabiyotlari bilan ta'minlash dolzarb muammoli masala hisoblanadi.

Bugungi kunga kelib akademik litsey va kasb-hunar kollejlari talabalari uchun fizika fanidan ko'pgina darslik va o'quv qo'llanmalar nashrdan chiqarilgan. Darslik va o'quv qo'llanmalarda har bir mavzuning boshida qisqacha mazmuni, oxirida esa sinov savollari keltirilgan. O'quvchilarning oldindan mavzuning mazmuni haqida ma'lumotga ega bo'lishlari ularning mavzuga qiziqishlarini orttiradi. Sinov savollariga to'la javob topish esa mazkur mavzuning o'zlashtirilganligiga kafolat bo'la oladi. Har bir mavzu kichik mavzuchalarga ajratilgan bo'lib, ular mavzuning o'qitishdan ko'zlangan maqsadni va zaruratni aniqlashtirishga, javobni esa konkretlashtirishga imkon beradi. Har bir bobdan keyin tegishli mavzularga aloqador mashqlar, darslik oxirida esa zarur ma'lumotlar keltirilgan.

Bundan tashqari talabalar ixtiyorida laboratoriya ishlarini bajarish, praktikumlar va masalalar yechish uchun alohida o'quv qo'llanmalari bor. Bu o'quv qo'llanmalaridan praktikum va laboratoriya ishlarining ilmiy uslubiy ko'rsatmalari, har bir o'rganilayotgan mavzuning nazariy asoslari, uni o'rganish texni-kasi, laboratoriya ishini bajarish uslubi, fizik kattaliklarni hisoblash, ularni aniqlash xatoliklar hamda tajriba natijalarini umumlashtiruvchi hisob jadvallari shaklida berilgan. Qo'llanmadan o'quvchilarning laboratoriya ishlari bo'yicha hisobot tayyorlashi va topshirishlarini osonlashtirish uchun nazorat savollari ham keltirilgan.

Masalalar to'plami kitobidan fizikaning har bir bo'limiga tegishli formulalar va qonuniyatlar, masala yechish namunalari va mustaqil yechish uchun masalalar keltirilgan. Bu masalalar orasida maktabda ishlanadigan va bir formula ishlatish yo'li bilan yechiladigan masalalardan tortib, chuqur fikr yuritishni talab etuvchi olimpiada masalalari ham bor.

Shuningdek, o'qituvchilar uchun "Elektrodinamika" hamda "Tebranishlar va to'lqinlar" bo'limi bo'yicha yaratilgan ma'ruzalar matni kitobi tavsiya etilgan. Bu kitob 46 ta ma'ruza matnini o'z ichiga oladi.

Bugungi kunga kelib akademik litsey va kasb-hunar kollejlari talabalari uchun fizika fanidan darslik va o'quv qo'llanmalar ta'limiga joriy qilingan. Ushbu

darslik va o'quv qo'llanmalarining ilmiy-uslubiy tahlili ularda umumta'lim maktablari adabiyotlaridagidek quyidagi muammolar mavjud ekanligini ko'rsatdi:

1. Ushbu o'quv adabiyotlari biri ikkinchisini takrorlaydi, ya'ni bir darslikdagi mavzu boshqa darsliklarda ham qisman berilgan;
2. O'quv adabiyotlarining nashr etilishi bo'yicha sifatini halqaro andozalarga moslashtirish maqsadga muvofiqdir;
3. O'zbek tilidagi yagona fizik terminlarga o'tish to'la hal qilinmagan;
4. O'quv adabiyotlaridagi mavzular matnini qiziqarliroq va mazmunan chuqurroq shaklda yozish maqsadga muvofiqdir.

Kvant optikasi elementlari (8 soat)

Kvant fizikasining paydo bo'lish tarixi. Istalgan jismning nurlanishi. Plank gipotezasi. Fotoeffekt va uning qonunlari. Yorug'lik kvantlari. Fotoeffekt tenglamasi. Yorug'likning kimyoviy ta'siri. Vakuum va yarim o'tkazgichli fotoelementlar. Fotoeffektdan texnikada foydalanish. Fotonlar. Korpuskulyar-to'lqin dualizmi. O'zbekistonda quyosh energiyasidan foydalanish va uning rivojlanish istiqbollari.

Ko'rgazma va tajribalar

1. Fotoeffektni kuzatish.
2. Vakuumli va yarim o'tkazgichli fotoelementlar..
3. Fotoelementlar yordamida fototokni hosil qilish.

Laboratoriya ishlari

16. Fotoelementli relening tuzilishi va ishlashini o'rganish.
17. Fotoeffekt hodisasini o'rganish.

Bobga doir qisqacha xulosalar

1. Respublikamizda akademik litseylarning umumiy soni 80 dan ortiq. Demak, aniq fan yo'nalishlarining soni faoliyat ko'rsatayotgan barcha akademik litseylarning taqriban to'rtidan bir qismiga to'g'ri keladi, aniq fan yo'nalishi

bo'yicha 720 soatli dastur asosida fizika fanini o'qiydigan o'quvchilar soni nisbatan juda ham kam. Aynan shu holda asosiy e'tibor 144 soatli dastur bilan ish ko'radigan kasb-hunar kollejlari va akademik litseylarga qaratilmog'i kerak bo'ladi. Buning uchun umumta'lim fizika o'quv fanlari mazmuni hozirgi sharoitda bo'lajak ixtisoslik o'quv fanlari mazmuni bilan o'zaro aloqada bo'lishligi, nafaqat fizika o'quv materiallarini o'zlashtirishni osonlashtiradi, balki bu fanga bo'lgan qiziqishni ham oshiradi. Shu munosabat bilan barcha turdagi kasb-hunar kollejlarining turli mutaxassisliklari uchun fizika o'quv dasturini ishlab chiqish ehtiyoji yuzaga keladi.

2. Bugungi kunga kelib akademik litsey va kasb-hunar kollejlari talabalari uchun fizika fanidan darslik va o'quv qo'llanmalar ta'limiga joriy qilingan. Ushbu darslik va o'quv qo'llanmalarning ilmiy-uslubiy tahlili ularda umumta'lim maktablari adabiyotlaridagidek quyidagi muammolar mavjud ekanligini ko'rsatdi:

- a. Ushbu o'quv adabiyotlari biri ikkinchisini takrorlaydi, ya'ni bir darslikdagi mavzu boshqa darsliklarda ham qisman berilgan;
- b. O'quv adabiyotlarining nashr etilishi bo'yicha sifatini halqaro andozalarga moslashtirish maqsadga muvofiqdir;
- d. O'zbek tilidagi yagona fizik terminlarga o'tish to'la hal qilinmagan;
- e. O'quv adabiyotlaridagi mavzular matnini qiziqarliroq va mazmunan chuqurroq shaklda yozish maqsadga muvofiqdir;

2 BOB. “KVANT FIZIKASI ELEMENTLARI”GA DOIR MAVZULARNING MAZMUNI

2.1. Fotoeffekt muammosi

Yorug'likning korpuskulyar tabiatini bevosita tasdiqlovchi eksperimentlardan biri fotoeffektidir. Yorug'lik nurlanishi ta'sirida metall sirtidan elektronlarning ajralib chiqishiga fotoeffekt hodisasi yoki fotoelektron effekt deb ataladi. Fotoeffekt eksperimenti qonuniyatlarini klassik fizika tarafida turib tushuntirib bo'lmaydi. Klassik nazariya bu hodisani tushuntirishda mutlaqo ojizlik qiladi.

Xo'sh, nima uchun klassik nazariya fotoeffekt jarayonini tushuntirishga qurbi etmaydi, axir uning nuqtai nazaridan ham bu hodisa joizku. Birinchi qaraganda fotoeffektni to'lqin nazariya asosida sifatli tushuntirish mumkinga o'xshab ko'rinadi. Maksvellning elektromagnit to'lqinlari nazariyasiga binoan issiqlik nurlanish inson ko'ziga ko'rinadigan sohadagi to'lqin uzunlikka ega bo'lgan elektromagnit nurlanish - yorug'likdir va uning strukturasi elektr va magnit maydonlardan tuzilgan. Nurlanishni elektr maydoni amplitudasining kvadrati yorug'likni intensivligini xarakterlaydi. Shunday ekan, tushayotgan elektromagnit nurlanishining amplitudasi metall sirtidagi elektronlarni tebranishga majbur qiladi, agar elektronning xususiy tebranishi davri bilan tushayotgan to'lqinning tebranish davri mos kelganda rezonans ro'y beradi, elektronning tebranish amplitudasi keskin ortib ketadi va oqibatda u metall sirtini tashlab tashqariga chiqib ketadi. Darvoqe, bunday manzara o'rinli bo'lsa, u holda metall sirtidan ajralgan elektronlarning kinetik energiyasi tushayotgan yorug'likning intensivligiga bog'liq bo'lishi kerak. Tushayotgan yorug'likning intensivligi ortsa unga mos holda metall sirtidan ajralayotgan elektronlarning kinetik energiyasi ham ortishi kerak.

Afsuski, juda ko'p sonda qilingan tajribalar natijasi shuni ko'rsatadiki, fotoeffektda metall sirtidan ajralgan elektronlarning kinetik energiyasi tushayotgan yorug'likning intensivligiga mutlaqo bog'liq emas; metall sirtini bir vattli lampochka yoki 1000 vattli lampochkaning monoxromatik nurlanishi bilan

yoritamizmi, unga baribir, uning sirtidan chiqayotgan elektronlarining kinetik energiyasi o'zgarishsiz qolaveradi; yorug'lik intensivligini ortishi faqat sirtidan chiqayotgan elektronlar sonining ortishiga olib keladi xolos.

Metall sirtidan ajralayotgan elektronlarning kinetik energiyasini tushayotgan yorug'lik nurlanishi intensivligiga bog'liq bo'lmasligi juda ham ajablanarli hol edi. Eksperiment - oliy hakam. Eksperimentning mazkur natijasi fotoeffektning birinchi muammosi edi va u to'g'ridan-to'g'ri yorug'lik to'lqin nazariyasini rad etardi. Shu sababdan bu natija klassik fizikaning ham muammosi edi.

Klassik nazariyaga ko'ra metall sirtiga tushayotgan yorug'lik nurlanishining intensivligi juda kuchsiz bo'lsa, u holda metall sirtidan umuman elektronlar ajralmasligi yoki kechikib ajralishi kerak. Bu fikrni tushuntirish uchun quyidagi misolni olaylik. Kaliy metallining sirti oqim zichligi $D=10^{-5} Vt/m^2$ bo'lgan yorug'lik nurlanishi bilan yoritilgan bo'lsin. Kaliy atomidan elektronlarni ajratish uchun $3,6 \cdot 10^{-19} Vt \cdot s$ ga teng bo'lgan energiya zarur. Bu energiyani metall sirti yig'ilishi uchun, kaliyni uzluksiz taxminin 6 kun yoritish kerak. Boshqacha aytganda, metall sirtini 6 kun yorug'lik bilan yoritilgandan so'ng, elektronlar ajralaboshlashi kerak. Eksperiment natijalari bu qarashga tamomila zid edi. Darhaqiqat, yorug'likni intensivligi juda ham kuchsiz bo'lganda ham, ya'ni $\nu > \nu_0$ (ν_0 -chegaraviy chastota) chastotalarda tushayotgan nurlanish shu zahotiyoq ($\sim 10^{-7} s$) metall sirtidan elektronlarni urib chiqaradi. Eksperiment—oliy hakam. Fotoeffekt—oniy jarayon. Elektron metall sirtidan oniy chiqadi. Fotoeffektni bu qonuniyati klassik fizikaning ikkinchi muammosi edi.

Metall sirtidan ajralib chiqayotgan elektronlarning tushayotgan nurlanishning faqat chastotasiga bog'liq bo'lishi klassik fizika uchun uchinchi muammo edi. Chunki klassik fizika arsenalida energiyaning chastotaga bog'liqligi haqida birorta ham g'oya yo'q edi.

Fotoeffektni bu uch muammosi klassik fizika nazariyasini shubha ostiga oldi. Klassik fizika tasavvuri doirasida turib fotoelektron hodisani tushuntirishni mutlaqo iloji yo'q edi. Bu hodisani tushuntirish uchun yangi tasavvur, yangi g'oya, yangi tushunchalar kerak.

Fotoeffekt hodisasini Plank gipotezasiga asoslanib tushuntirish mumkin ekanligiga birinchi bo'lib A.Eynshteynning aqli etdi. Yuqorida aytilgan fikrlarga asoslangan holda Eynshteyn fotoelektron hodisasini tamomila tushuntirib berdi. Yorug'likning foton nazariyasi fotoeffektni korpuskulyar hodisa ekanligini, hozirgi zamon tili bilan aytganda kvant hodisa ekanligini tasdiqladi. Kvant fizikani o'rganishda fotoeffekt jarayoni muhim o'rin tutadi. SHuning uchun ham quyida bu effekt haqida biz batafsilroq to'xtalamiz.

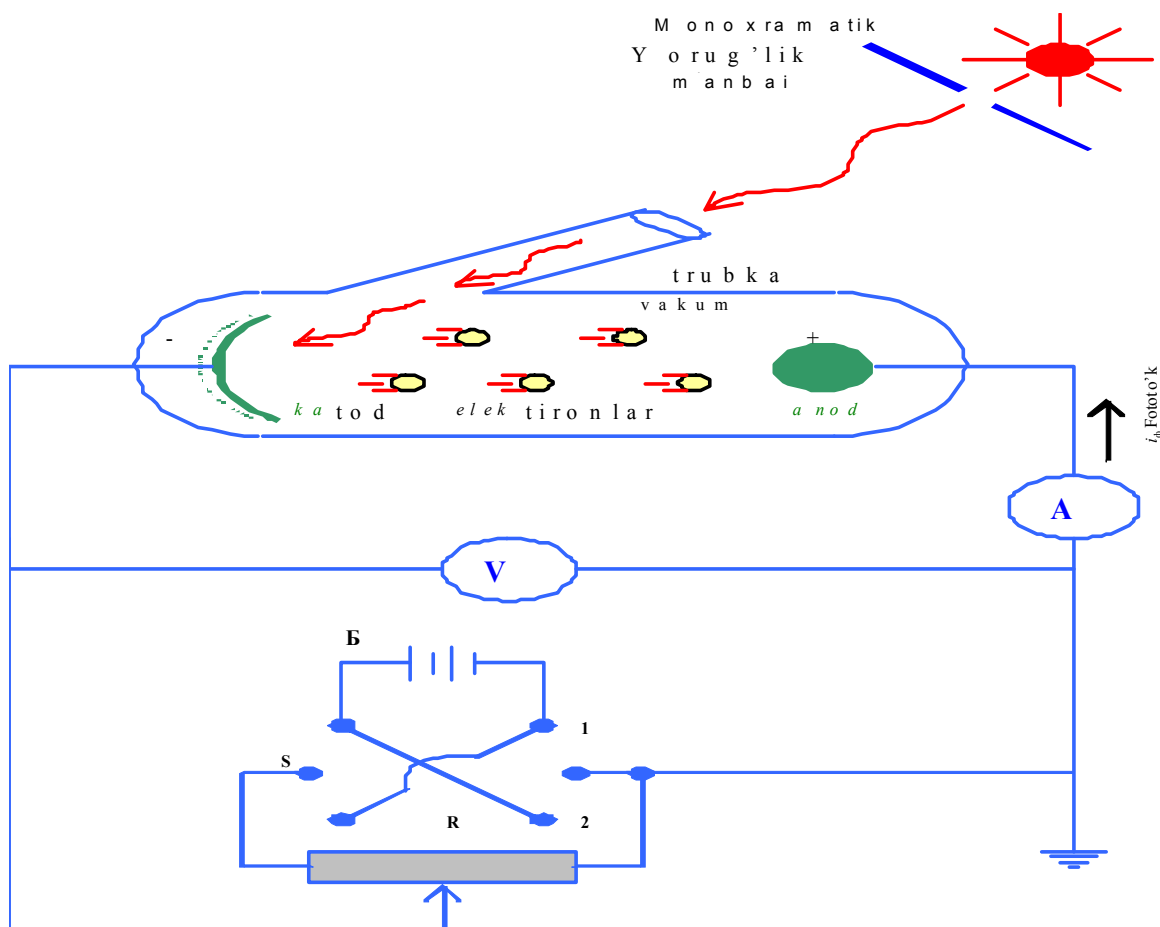
2.2. Fotoeffektga doir F. Lenard tajribalari

Metall sirtidan elektronlarni ajralib chiqishini to'rt xil yo'l bilan amalga oshirish mumkin:

1. Termoelektron emissiya - qizdirish orqali metall sirtidan elektronlarni ajralishi;
2. Ikkilamchi emissiya - yuqori energiyaga ega bo'lgan zarralar ta'sirida modda sirtidan elektronlarning ajralishi;
3. Avtoelektron emissiya - kuchli elektr maydon ta'sirida metall sirtidan elektronlarning ajralishi;
4. Fotoelektron effekt - elektromagnit nurlanishi ta'sirida metall sirtidan elektronlarning ajralishi.

Fotoeffekt hodisasini 1887 yilda Genrix Gers tomonidan tasodifan kashf etilgan. Gersning bu kashfiyoti juda ko'p fiziklarda qiziqish uyg'otdi. Dastlab fotoeffektni 1888-90 yillarda rus olimi Aleksandr Grigorevich Stoletov o'rgandi va u topgan qonunlar adabiyotda fotoeffekt uchun Stoletov qonunlari deb yuritiladi. Bu hodisani Gersning shogirdi Filipp Lenard juda chuqur o'rgandi va unga katod nuridagi izlanishlari uchun 1905 yilda Nobel mukofoti berildi. 2.1-rasmda fotoeffekt tajribasining chizmasi keltirilgan. Chizmada S - monoxromatik yorug'lik manbai, K - katod, metall plastinka bo'lib u emitter vazifasini o'taydi, A - anod plastinka esa kollektor (yig'uvchi) vazifasini bajaradi, G - galvanometr va V - voltmetr qurilmadagi mos ravishda kuchsiz fototok va kuchlanishni o'lchaydi. R -

potensiometr manba kuchlanishini o'zgartirishiga xizmat qiladi. Nihoyat B - batareya.



2.1-rasm. Fotoelektron effekti tajribasining chizmasi

Fotoeffektni eskperimental o'rgangan F.Lenard ko'yidagi faktlarni o'rnatdi:

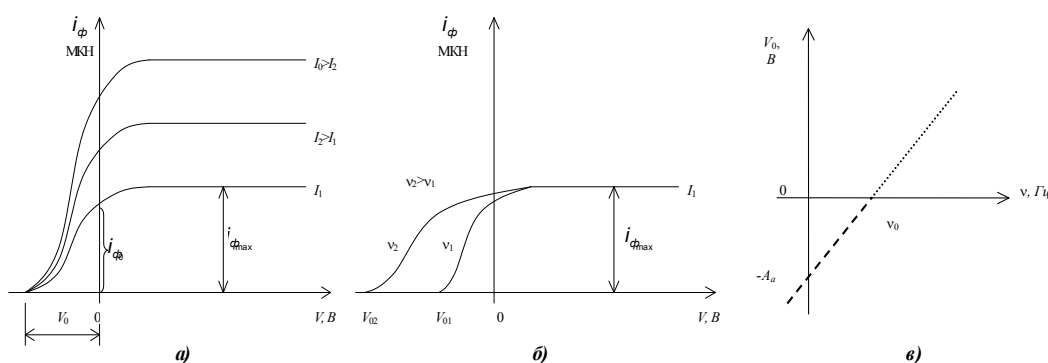
1. Kaliy yoki volframdan tayyorlangan K - metall plastinkaga $\nu \geq 10^{15}$ Hz chastotaga ega bo'lgan yorug'lik nurlanishi tushganda, undan manfiy zaryadlangan zarralar ajralib chiqadi va ular A - musbat elektrod tomon harakat qiladilar;
2. Zarralar emissiyasi bo'lishi uchun trubkada yuqori vakuum bo'lishi zarur. Yuqori vakuumni bo'lishi zaryad tashuvchilar sifatida gaz ionlari bo'lishini ham mustasno etadi;
3. K va A orasidagi sohaga qo'yilgan magnit maydon, zaryad tashuvchilarni ishorasi manfiy ekanligini bildiradi;
4. Eskperimental yo'l bilan olingan $\frac{e}{m}$ munosabat, zaryad tashuvchilar uchun

$$\frac{e}{m} = \frac{1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}}{9,10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{ Kl}}{\text{ kg}} \quad (2.1)$$

ga teng ekanligi va bu qiymat Milliken va Tomson tomonidan elektron uchun topilgan munosabatga mos ekanligini aniqladi.

Eskperiment natijalaridan zaryad tashuvchilarni fotoelektronlar ekanligi kelab chiqadi. Bu faktlarni o'rnatgandan so'ng F.Lenard tajribani quyidagicha davom ettirdi. K - metall sirtiga intensivligi doimiy I_1 ga teng bo'lgan monoxromatik yorug'lik nurlanishini yubordi. Nurlanish ta'sirida K -metall sirtidan ajralib chiqqan elektronlarni A -anodga etib borishini yaxshi ta'minlash uchun K va A elektronlar oralig'iga tezlantiruvchi elektr maydon berdi. A -anodga etib borgan elektronlar sonini (ya'ni, i_f -fototokni) A va K elektrodlararo orasidagi tezlantiruvchi potnsial ayrimaga (V) bog'liq grafigini tuzdi. Fototok-kuchlanish voltamper xarakteristikasi 2.2a-rasmda keltirilgan. 2.2a-rasmdan ko'ramizki $V=0$ bo'lganda ham, fotoelementdan i_f -fototok mavjud. Bu degani chekli boshlang'ich tezlikka ega bo'lgan muayyan elektronlar soni mavjud. $V>0$ da, ya'ni potensial ayrimaning ortishi bilan i_f -fototok ham ortib boradi. V ning ma'lum qiymatidan boshlab, potensial ayirma ortsa ham fototok qiymati o'zgarishsiz qoladi. Bundan chiqadiki, V ni ma'lum bir qiymatidan boshlab, K -metall sirtidan chiqayotgan fotoelektronlar soni o'zgarmay qoladi va shuning uchun bu uchastkani to'yinish fototoki deb yuritiladi. Monoxromatik yorug'lik tushayotganda to'yinish fototoki birlik vaqtda birlik yuzadan chiqayotgan fotoelektronlar soni spektrial tarkibi o'zgarmas bo'lgan yorug'lik oqimiga (intensivligiga) to'g'ri proporsional (Stoletov qonuni), ya'ni

$$i_f = kF \quad (2.2)$$



2.2-rasm. a) Fototokning potensial ayirmaga bog'liqlik grafigi b) Intensivligi I_1 bir xil bo'lgan ikki xil chastotadagi tushayotgan nurlanish uchun i_f ni V ga bog'liqlik grafigi v) to'xtatuvchi potensialning chastotaga bog'liqlik grafigi.

(bu erda i_f -fototok, k -proporsionallik koeffitsienti, F -tushayotgan yorug'lik oqimi).

Shuningdek, grafikdan ko'ramizki (2.2a-rasm.) tushayotgan yorug'likning intensivligi ortgan sari 2.2a-rasmda $I_1 > I_2 > I_3$ to'yingan fototok (chiqayotgan elektronlar soni) ham ortib boradi. Lekin, elektronlarning kinetik energiyasi o'zgarmay qoladi. Enda bu holni chuqurroq ko'raylik. K va A plastinkalar orasiga manfiy potensial ayirma beraylik, ya'ni $V = -V_0$ bo'lsin. A -anodga manfiy potensial qo'yilgani uchun K bilan A elektrodlar orasidagi elektr maydon fotoelektronlarning anodga tomon harakatiga to'sqinlik qiladi, ya'ni u *to'xtatuvchi potensial* vazifasini bajaradi. Energiyasi katta bo'lgan fotoelektronlarga to'xtatuvchi potensialni engib A ga etib kelishi mumkin. To'xtatuvchi potensialning ma'lum bir qiymatida A ga etib keluvchi fotoelektronlar qolmaydi va fototok nolga teng bo'ladi (2.2-rasm). shu sababdan ham to'xtatuvchi potensialning bu qiymati fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasini o'lchovi sifatida muhim rol o'ynaydi. A -elektrodga etib kelgan fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi V_0 ni qiymati bilan quyidagicha bog'langan

$$K_{\max} = eV_0, \quad (2.3)$$

bu erda e -elektron zaryadi.

2.2-rasmdagi grafiklardan ko'ramizki, mazkur chastotada yorug'lik intensivligining I_1 , I_2 , I_3 qiymatlari uchun V_0 ni qiymati o'zgarishsiz qolgan. To'xtatuvchi potensial V_0 ni qiymati o'zgarishsiz qolgani uchun (2.3) ifodaga binoan fotoelektronning maksimal kinetik energiyasi $K_{\max}$ ham o'zgarishsiz qoladi. To'xtatuvchi potensial tushayotgan monoxromatik yorug'lik nurlanishi intensivligiga bog'liq emas. (2.3) formulaga muvofiq fotoelektronlarning K - maksimal kinetik energiyasi, metall sirtiga tushayotgan monoxromatik yorug'lik nurlanishining intensivligiga bog'liq emas degan xulosa kelib chiqadi. Tushayotgan yorug'lik intensivligini o'zgarishi, faqat metall sirtidan chiqayotgan

elektronlarning sonini o'zgartiradi. Bu eskperimental faktlar klassik fizikaning tasavvuriga tamomila zid edi.

Biroq yorug'lik intensivligini o'zgarishsiz qoldirib, yorug'lik chastotasini (rangini) o'zgartirsak ahvol tamomila boshqacha bo'ladi. Bu holda metall sirtidan chiqayotgan fotoelektronning soni o'zgarmaydi ($i_{f_{\max}} = \text{const}$) va aksincha tushayotgan nurlanishning chastotasiga mos ravishda fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi o'zgaradi (2.2b-rasm). 2.2b-rasmdan ko'ramizki to'yinish toki yorug'lik intensivligiga bog'liq, chastotaga bog'liq emas. To'xtatuvchi potensialning absolyut qiymati, tushayotgan yorug'likning chastotasiga bog'liq. Tushayotgan yorug'likning chastotasiga mos ravishda to'xtatuvchi potensialning V_0 qiymati o'zgaradi va bu bog'lanish chiziqlidir. SHunday qilib, to'xtatuvchi potensialning qiymati tushayotgan yorug'likning chastotasiga bog'liq. Tushayotgan yorug'likning katta chastotasiga to'xtatuvchi potensialni katta qiymati to'g'ri keladi. V_0 bilan v ni chiziqli bog'lanish o'z navbatida metall sirtidan chiqayotgan metallarning maksimal kinetik energiyasini (2.3) ifoda ko'rinishidagi bog'lanishiga olib keladi. Demak, metall sirtidan chiqayotgan fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi (tezligi) tushayotgan nurning chastotasiga bog'liq va nurlanishni intensivligiga bog'liq emas. Eskperimentning bu xulosasi klassik nazariya prinsipiga mutlaqo ziddir.

Nihoyat, V_0 to'xtatuvchi potensialning chastotaga bog'liqlik grafigi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lib, u 2.2v-rasmda tasvirlangan. Fotoeffekt yuz beradigan eng kichik yorug'lik chastotasi ν_0 ga *fotoeffektning qizil chegarasi* deyiladi. Qizil chegara emitter (K -katod) materialiga bog'liq. Keyinroq ko'ramizki, 2.2v-rasmdagi ordinata o'qida joylashgan A -kattalik *fotoeffektning chiqish ishi* deyiladi va uning kattaligi ham emitter materialiga bog'liq. 3-jadvalda ayrim metallar uchun chiqish ishi A ni qiymatlari keltirilgan. A kattalik elektronni metall-vakuum sirti bilan bog'lanish energiyasini xarakterlaydi. Grafikni to'g'ri chiziqdan iborat bo'lishi fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi fotoelektron chiqaruvchi platinkaning (emitterni) materialiga bog'liq emasligini ko'rsatadi.

Ayrim metallar uchun chiqish ishining qiymatlari

Metall	A, eV	metall	A, eV	metall	A, eV
Alyuminiy	3,74	Vismut	4,62	Molibden	4,27
Kaliy	2,15	Volfram	4,50	Natriy	2,27
Nikel	4,84	Oltin	4,52	Kumush	4,28
Bariy	2,29	Temir	4,36	Titan	3,92
Kobalt	4,25	Litiy	2,39	Seziy	1,89
Platina	5,29	Mis	4,47	Rux	3,74

2.3. Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi

Yuqoridagi mulohazalardan ko'rdikki, fotoeffekt jarayonini klassik fizika nuqtai nazarida turib tushuntirishning umuman imkoni yo'q. Bu effekt yangi g'oya, yangi tushuncha talab qilar edi. Yangi g'oyani 1905 yilda A.Eynshteyn Plank gipotezasiga va o'zining yorug'likning fotonlar nazariyasiga asoslanib berdi. Yuqorida aytganimizdek, Eynshteyn taklifiga ko'ra yorug'lik zarralardan tashkil topgan. SHu sababli metall elektronlari bilan o'zaro ta'sir jarayonida elektromagnit maydon $h\nu$ energiya ulushlari tarzida yutiladi. Foton va elektron to'qnashuvida o'yin yakkama-yakka bo'ladi. Har foton bitta elektron tomonidan yutiladi va har bir elektronga faqat bitta foton to'g'ri keladi. Bu jarayon zarralar to'qnashuvi qonuniga mos keladi va ular uchun saqlanish qonunlari yaxshi bajariladi. Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra

$$h\nu + E = h\nu_1 + E_1.$$

Bu ifodani fotoeffekt uchun yozamiz, ya'ni

$$h\nu - A = 0 + K_{\max} \quad (2.4)$$

(bu erda $E = -A$ - chiqish ishi, $h\nu_1 = 0$ chunki foton yutiladi, $E_1 = K_{\max}$ - metall sirtidan chiqayotgan elektronlarning maksimal kinetik energiyasi, $h\nu$ - tushayotgan yorug'likning nurlanish energiyasi).

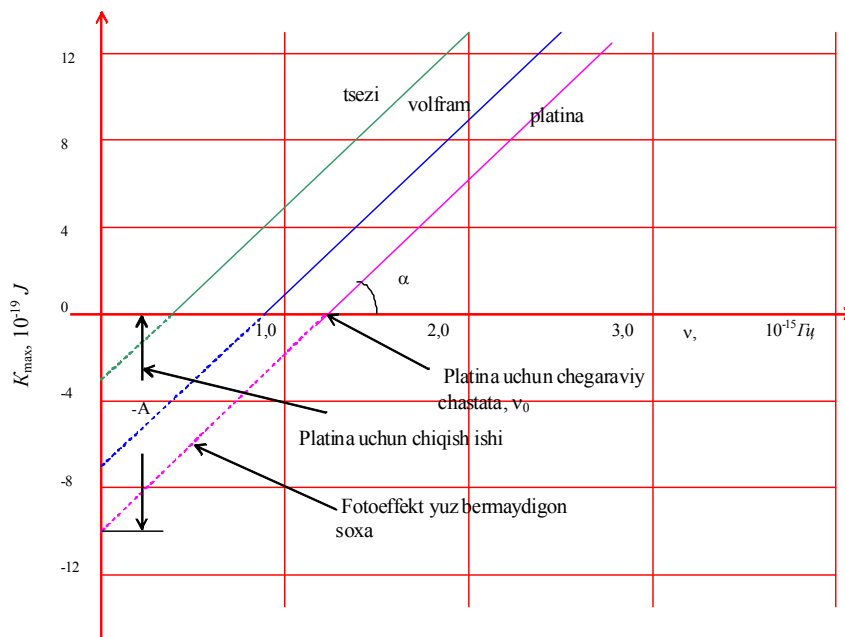
(2.4) ni qulay shaklda yozaylik:

$$K_{\max} = eV_0 = h\nu - A. \quad (2.5)$$

(2.5) tenglamaga fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi deyiladi.

SHunday qilib, yorug'likning to'liq tabiatidan fotoeffekt qonunlarini tushuntirib berib bo'lmaydi. Yorug'likni $h\nu$ -energiyaga teng bo'lgan fotonlar oqimidan iborat deb qarajak, hammasi joyiga tushadi, barcha qiyinchiliklar yo'qoladi. Boshqacha aytganda, fotoeffekt korpuskulyar hodisadir. Foton zarra metall sirtida yutiladi va barcha energiyasini bitta elektronga beradi va bu energiya elektronning metall bilan bo'lgan bog'lanish energiyasidan katta bo'lsa elektron metall sirtini tashlab chiqib ketadi.

(2.5) tenglama $y=kx+b$ funksiyaga o'xshagan chiziqli funksiyadir. 2.3-rasmda uchta turli metall uchun $K_{\max}$ ni ν ga bog'liq grafiklari keltirilgan. Bu to'g'ri chiziqlar bir-biriga parallel va bir-birining ustiga tushmaydi. To'g'ri chiziqni absissa o'qi bilan hosil qilgan burchagining tangensi Plank doimiysi h ga tengdir. Ordinata o'qini kesib o'tgan to'g'ri chiziq hosil qilgan kesma $-A$ chiqish ishidir. Metall sirtidan elektronni uzib chiqarish uchun kerak bo'lgan eng kichik energiya chiqish ishi deyiladi. Chiqish ishi metall turiga va metall sirtining holatiga bog'liq. Turli metallar uchun chiqish ishi har xil. Shu sababli (2.5) formulaga binoan barcha to'g'ri chiziqlar parallel va absissa o'qiga bir xil og'gan, ya'ni h bir xil.



2.3-rasm. Metall sirtidan ajralgan fotoelektronlarning tushayotgan yorug'lik chastotasiga bog'liqlik grafigi

$K_{\max}=0$ da $\nu=\nu_0$. Bu erda ν_0 -chegaraviy chastota, ya'ni metall sirtidan elektronlarni urib chiqarish uchun kerak bo'lgan eng minimal chastota. Yuqorida aytganimizdek, bu chastotani fotoeffektning qizil chegarasi deyiladi. $K_{\max}=0$ da

$$h\nu_0=A. \quad (2.6)$$

(2.6) formuladan metallarni chiqish ishini aniqlashda foydalaniladi.

Elektronlarning chiqish ishini boshqa tajribalardan, masalan, termoelektron emissiya hodisasidan ham

$$i = aT^2 \cdot e^{-\frac{A}{kt}} \quad (2.7)$$

topish mumkin (bu erda i -tok zichligi, T -absolyut temperatura, a -proporsionallik koeffitsienti, k -Bolsman doimiysi, h -Plank doimiysi, A -chiqish ishi).

Quyidagi 4-jadvalda termoemissiya va fotoeffekt tajribasi yordamida topilgan chiqish ishining qiymatlari o'zaro taqqoslangan.

4-jadval.

Ayrim metallar uchun chiqish ishi - A (eV)

Metall	Mo	Rh	Pd	Pt
Termoemissiya	4,14-4,17	4,58	4,99	6,27
Fotoeffekt	4,15	4,57	4,96	6,30

(2.5) tenglamani (2.6) ni e'tiborga olgan holda

$$K_{\max} = h\nu - h\nu_0 \quad (2.8)$$

ko'rinishga keltirish mumkin.

$\nu < \nu_0$ chastotada yoki $\lambda > \lambda_0$ to'liqin uzunlikda ($\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$ - to'liqin uzunlik

chegarasi) tushayotgan nurlanishning energiyasi kichik. Shuning uchun (2.8) formulaga ko'ra metall sirtidan elektronni uzib chiqarishga uni kuchi etmaydi. Demak, fotoeffekt sodir bo'lmaydi. 2.3-rasmdagi kabi eskperimentda o'lchangan $K_{\max}$ ni ν ga bog'liqlik grafigini ekstrapolyatsiya qilish orqali grafikdan A ni qiymatini bevosita topish mumkin.

2.4. Milliken tajribasi va Plank doimiysini aniqlash

1914 yilda Robert Endrus Milliken fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasini tekshirish uchun eksperimentda har bir metall uchun $K_{\max}$ ni ν ga bog'liqlik qiymatini topib ushbu funksiyaning grafigini chizdi. Sal keyinroq fotoeffekt hodisasidan bevosita Plank doimiysi h ni topdi. Keyingi o'lchashlarga ko'ra

$$h=6,626176 \cdot 10^{-34} J \cdot s$$

ga teng.

Elektr zaryadlari va fotoeffekt izlanishlaridagi ijobiy ishlari uchun R.E.Milliken 1923 yilda Nobel mukofotiga sazovor bo'ldi.

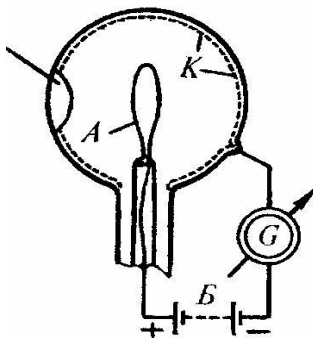
Fotoeffektga qisqacha xulosa yasaymiz:

1. Metall sirtidan chiqayotgan elektronlar soni tushayotgan nurlanishning intensivligiga to'g'ri proporsional;
2. Fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi tushayotgan nurlanishning chastotasiga bog'liq, lekin uning intensivligiga bog'liq emas;
3. $K_{\max}$ bilan ν orasidagi bogg'lanish chiziqli funksiya va u (2.5) formula bilan xarakterlanadi;
4. V_0 -to'xtatuvchi potensial A-chiqish ishiga bog'liq;
5. ν_0 -chegaraviy chastota mavjud bo'lib, bu chastotadan kichik chastotalarda fotoeffekt sodir bo'lmaydi. Bu xulosa faqat bir fotonli fotoeffektlar uchun o'rinli;
6. $\nu \geq \nu_0$ chastotalarda tushayotgan yorug'likning intensivligiga juda kuchsiz bo'lsa ham metall sirtidan atomlar kechikmasdan shu zahotiyoq chiqadi.

2.5. Tashqi fotoeffektga asoslangan asboblari. Fotoelementlar

Fotoeffekt hodisasi asosida yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi asboblari – fotoelementlar deyiladi. Amalda tashqi fotoeffekt hodisasi asosida ishlaydigan fotoelementlardan keng foydalaniladi. Ulardan eng ko'p tarqalgani – vakuumli va gaz to'ldirilgan fotoelementlar.

Vakuimli fotoelementlar. Ichidan havosi so'rib olingan shisha ballonning yorug'lik tushadigan sirti yorug'likka sezgir yupqa qatlam bilan qoplanadi. Bu qatlam, odatda ishqoriy metallarning turli birikmasidan iborat bo'lib, katod vazifasini o'taydi (2.4-rasm).



2.4-rasm

Ballon ichiga yorug'lik o'tishi uchun maxsus shishadan uncha katta bo'lmagan shaffof O "darcha" qoldiriladi. Ballon markaziga A metall halqa – anod o'rnatiladi. K yorug'lik sezgir qatlamdan va A halqadan elektr tarmoqqa ulash uchun ulash uchlari chiqariladi. Yorug'likning sezgir qatlami sifatida ko'pincha surma – seziyli qotishmalardan foydalaniladi, chunki bunday metallarning chiqish ishi kichik va ular ko'rinuvchi yorug'likda ham ishlayveradi.

Shuningdek, faqat ultrabinafsha yorug'likka sezgir bo'lgan fotoelementlar ham tayyorlanadi. Tashqi fotoeffektli fotoelementlarda nurlanish energiyasining faqat bir qismigina elektr energiyasiga aylanadi, shuning uchun ulardan elektr energiyasi manbai sifatida foydalanilmaydi. Odatda, bunday fotoelementlar ko'rinadigan va ultrabinafsha nurlar hosil qilgan signallar yordamida elektr zanjirlarni avtomatik boshqarishda ishlatiladi (masalan, avtomatik ishlovchi kalitlar). Tashqi fotoeffektli fotoelementlarning afzalliklari ularning noinersialligi ($t=10^{-6}-10^{-7}$ s) va fototok kuchining nurlanish intensivligiga chiziqli bog'lanishidir. Bu esa fotoelementlardan fotometrik kattaliklarni o'lchashda foydalanish imkoniyatini yaratadi. O'z navbatida, tashqi fotoeffektli fotoelementlarning kamchiligi ham mavjud. Fotoelement yordamida hosil qilinadigan toklar juda kichik to'lqinli uzun nurlanishlarga yetarlicha sezgir bo'lmasligi va tayyorlanish texnologiyasining murakkabligi ularning kamchiliklariga kiradi.

Gazli fotoelement. Fotoelementlardagi tokni kuchaytirish maqsadida ba'zan shisha ballon biror siyraklashgan gaz bilan to'ldiriladi. Katoddan uchib chiqayotgan elektronlar gaz atomlari bilan to'qnashib ularni ionlashtiradi. Biroq endi bunday fotoelementlarda tok kuchi yorug'lik intensivligiga proporsional bo'lmaydi. Fotoelementlar sanoatda $F=1$, $F=3$ va hokazo nomlar bilan ishlab chiqariladi.

Tasvirni simsiz uzatish (fototelegrafiya) – fotoelement eng ko'p qo'llaniladigan sohalardan biridir. Bunga televideniya yaxshi misol bo'la oladi. Tasvirni elektr signallariga aylantirish ikonoskop deb ataluvchi qurilmada amalgam oshiriladi. Ikonoskop – sirti juda ko'p mitti fotoelementlardan iborat asbob. Ular o'zlariga tushayotgan yorug'likka mos bo'lgan elektromagnit to'lqinlar hosil qiladi va bu to'lqinlar uzoq masofalarga uzatiladi. Antenna yordamida qabul qilingan signallar esa kineskopda qaytadan yorug'lik signaliga, ya'ni tasvirga aylantiriladi.

Fotoelement yordamida ishlovchi fotorelelar sanovchi, avtomatik ravishda turli mexanizmlarni ishga tushiruvchi va nazorat qiluvchi qurilmalarning asosini tashkil qiladi. Fotorele – yorug'lik tushganda yoki yorug'lik tushishi to'xtaganda ishlashi mumkin.

Fotorele – zamonaviy robotlarning sezish qurilmalaridan tortib, metrolarga kirishni nazorat qiluvchi qurilmalargacha, shahar ko'chalarining yoritish sistemasi, suv yo'llari mayoqlarini ishga tushirishdan tortib, detallarning shakli va rangiga qarab ajratishgacha bo'lgan vazifani bajaruvchi qurilmalarning asosini tashkil qiladi.

2.6. Yarimo'tkazgichlardagi ichki fotoeffekt asosidagi asboblari

Tashqi fotoeffektdan farqli o'laroq, ichki fotoeffektda yorug'lik energiyasini o'zlashtirgan elektronlar endi moddadan butunlay uchib chiqmasdan, balki uning ichida qolib ketadi. Aniqrog'i, yorug'lik kvanti ta'sirida moddadagi atomga bog'langan elektronlar ozod elektronlarga aylanadi. Hosil bo'lgan ozod elektronlar

jism ichidagi ozod elektronlar sonini ko'paytiradi, yarimo'tkazgichda qarshilikni sezilarli darajada kamaytiradi.

Yarimo'tkazgichlarni nurlantirish natijasida yarimo'tkazgichda erkin zaryad tashuvchilarning hosil bo'lishi ichki fotoeffekt deb ataladi.

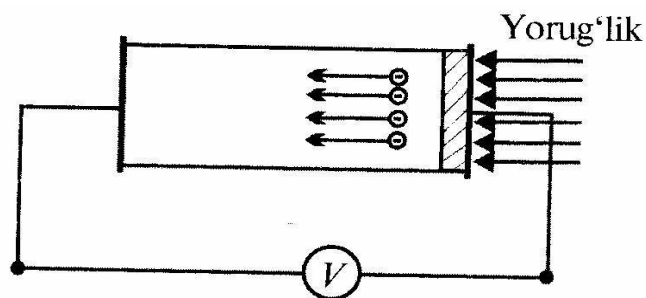
Ichki fotoeffektga asoslangan fotoelementlarni yarimo'tkazgichli fotoelementlar deb ataladi. Bunday yarimo'tkazgichli fotoelementlarni tayyorlashda selen, qo'rg'oshin (II)-sulfid, kadmiy sulfid va boshqa ba'zi yarimo'tkazgichlardan foydalaniladi. Yarimo'tkazgichli fotoelementlarning fotosezgirliги vakuumli fotoelementlarning sezgirligidan ancha (yuzlarcha marta) katta.

Lekin yarimo'tkazgichli fotoelementlarning kamchiligi shundan iboratki, ular sezilarli darajada inersion, shuning uchun ularni tez o'zgaruvchan yoru'glik oqimlarini qayd qilishga ishlatib bo'lmaydi.

Fotoqarshilik. Fotoqarshilik ichki fotoeffektga asosan ishlaydigan asbob hisoblanadi. Fotoqarshilik deb, qarshiligi unga tushayotgan yorug'lik intensivligiga bog'liq bo'lgan yarimo'tkazgichli qurilmaga aytiladi. Uning ish prinsipini tushunish uchun yarimo'tkazgichning ish prinsipini tahlil qilaylik. Shuni ta'kidlash lozimki, yoritilmagan (yorug'likdan to'silgan) yarimo'tkazgichda ham ma'lum miqdordagi erkin elektronlar mavjud bo'ladi va ular yarimo'tkazgichning xususiy o'tkazuvchanligini hosil qiladi. Agar yarimo'tkazgichga kuchlanish qo'yilsa, unda elektr toki vujudga keladi va bu tokka xususiy tok (I_x) deyiladi. Agar yarimo'tkazgich yoritilsa, qo'shimcha elektronlar va teshiklar vujudga kelib, uning o'tkazuvchanligi yaxshilanadi va zanjirdagi tok I_{y0} yorug'lik tokigacha ortadi. Yorug'lik toki va xususiy toklarning farqi: $I = I_{y0} - I_x$ –*fototok* deyiladi. Fotoqarshilik tovushli kinoda, televideniyada, telemexanikada, avtomexanikada, signal beruvchi (xabar beruvchi) vosita sifatida ishlatiladi.

Fotoelektr yurituvchi kuch (foto-EYuK). Ichki fotoeffekt prinsipiga asosan ishlaydigan qurilmalarning eng keng tarqalgani fotoelektr yurituvchi kuch vujudga keladigan qurilmalardir. Ba'zan ularga fotogalvanik elementlar ham

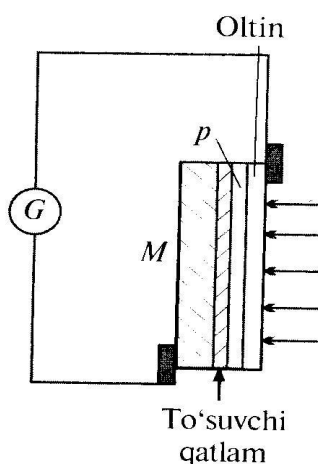
deyiladi. Foto-EYuKning vujudga kelishi ancha sodda. Aytaylik, yarimo'tkazgichning bir bo'lagi yoritilayotgan bo'lsin (2.5-rasm).



2.5-rasm

Tushayotgan yorug'lik qo'shimcha zaryad tashuvchilarni, ya'ni elektronlarni va kovaklarni vujudga keltiradi. Natijada yarimo'tkazgichning yoritilgan qismida zaryad tashuvchilarning soni ko'p, yoritilmagan qismida kam bo'lib qoladi. Bu esa yarimo'tkazgichning har ikkala qismi orasida elektr yurituvchi kuch vujudga kelishiga sabab bo'ladi. bunday EYK diffuzion foto-EYuK deyiladi.

To'siqli fotogalvanik elementlar. Foto-EYuK vujudga keluvchi elementlarda metall va yarimo'tkazgich yoki p va n tipidagi yarimo'tkazgichlar orasida bir tomonlama o'tkazish xususiyatiga ega bo'lgan to'suvchi qatlam vujudga keltiriladi. Bu jarayonni tasavvur qilish uchun 2.6-rasmdagi sxemani tahlil qilaylik.



2.6-rasm

Elektrod vazifasini o'tovchi metall plastinka M ga yarimo'tkazgichning yupqa qatlami (p) qoplangan. O'z navbatida, bu qatlam ikkinchi elektrod vazifasini bajaruvchi yupqa metal qatlami bilan qoplangan. Elektrodlar bir-birlariga (G)

galvanometr orqali ulangan. Endi yarimo'tkazgich ikkinchi elektrod orqali yoritilsin. Unda p qatlamda ichki fotoeffekt natijasida erkin elektronlar vujudga keladi. Bu elektronlar betartib harakat qilib M qatlamga o'tadi. Metall-yarimo'tkazgich chegarasida hosil bo'lgan to'suvchi qatlam esa kovaklarning o'tishiga to'sqinlik qiladi. Natijada metal qatlami M da ortiqcha elektronlar, yarimo'tkazgich qatlami p da esa ortiqcha kovaklar hosil bo'ladi. Boshqacha aytganda, to'siqning mavjudligi ikki qatlam orasida foto-EYK ning vujudga kelishiga olib keladi. Agar zanjir yopiq bo'lsa, undan tok oqadi va buni galvanometr yordamida ko'ramiz. Shunday qilib, to'sikli fotogalvanik element - yorug'lik energiyasini bevosita elektr energiyasiga aylantirib bera oladigan qurilmadir. Bu quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirib bera oladigan qurilma yasashga imkon beradi. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantiradigan fotogalvanik elementlar kosmik tekshirishlarda kema ichidagi kichik bir elektr stansiya bo'lib xizmat qiladi. Ularning foydali ish koeffitsienti $\sim 10\%$ bo'lib, kosmik kemalar uchun juda qulay. Zamonaviy quyosh batareyalarida yarimo'tkazgich turiga qarab foto -EYK 1-2 V ni, 1sm^2 yuzadan olinadigan tok bir necha o'n milliampnerni tashkil etadi.

Hozirgi zamon fotometriyasi, spektrometriyasi, modda spectral analizi, astrofizika, biologiya va boshqalarni fotoelementlarsiz tasavvur qilib bo'lmaydi. Infraqizil spektrlar ko'pincha spektrning uzun to'lqinli sohasida ishlaydigan maxsus fotoelementlar yordamida qayd qilinadi. Ular texnikada ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish va kontrol qilish, tasvir uzatish va televideniya lazerlarga asoslangan optik aloqa va hokazolarda ishlatiladi.

Ichki fotoeffektga asoslangan birinchi fotoelement 1875-yilda, tashqi fotoeffekt asosida ishlaydigan birinchi vacuum elementi 1889-yilda yasalgan. Rossiyada dastlabki fotoelementlar 1930-yilda P.F. Timofeyev boshchiligidan ishlab chiqarila boshlandi.

2.7. Yorug'lik dualizmi

Optika bo'limidan bilamizki, ko'pgina optikaviy hodisalarni to'lqin nuqtai nazarida turib tushuntirish oson. Masalan, interferensiya yoki difraktsiya kabi hodisalar bu nazariyadan juda yaxshi tushuntiriladi. Biroq, issiklik nurlanish, fotoeffekt va Kompton effekt hodisalarni tahlilidan ko'rdikki, yorug'lik korpuskulyar tabiatiga ega. Shunday qilib yorug'likni ikki xil tabiatga ega bo'lishi eksperimental dalildir. To'lqin va zarralik xususiyati esa bir-biriga zid va bir-biriga qarama-qarshi bo'lgan tushunchadir. Yorug'likni bu ikki tabiatini bir vaqtda kuzatish mumkin emas. Yorug'likni ana shu ikki yoqlama xususiyatini to'lqin-zarra dualizmi deyiladi. Bundan kelib chiqadiki, yorug'likni to'la tavsiflaydigan nazariya, yorug'likning to'lqin va zarralik tabiatini inobatga olishi zarur, qisqacha aytganda yorug'lik nazariyasi korpuskulyar-to'lqin shaklda bo'lishi kerak.

Plank yorug'lik zarralari (fotonlar)ning energiyasini yorug'likni to'lqin xususiyatini xarakterlovchi kattalik - chastota bilan bog'ladi:

$$E = h\nu \quad (2.9)$$

bunda ν - chastota, h - Plank doymiysi.

Ushbu energiyani maxsus nisbiylik nazariyasidagi

$$E = m_0 c^2 + mc^2 \quad (2.10)$$

munosabatdan ham topish mumkin.

Fotonning tinchlikdagi energiyasi

$$E_0 = m_0 c^2 = 0 \quad (2.11)$$

Bo'lgani uchun to'la energiya faqat fotonlarning kinetik energiyasi $k = mc^2$ ga teng bo'ladi, ya'ni

$$E = mc^2 \quad (2.12)$$

munosabat bilan topiladi. Biroq klassik fizika nazariyasida esa energiyani chastota bilan bog'lovchi birorta ham formula yo'q. Bu hodisa klassik fizika uchun juda katta yechib bo'lmaydigan muammo edi. Bu muammoni hal etish uchun Lui de Broyl har bir foton to'lqin jarayoni bilan uzviy bog'langan bo'lishi kerak degan gipotezani ilgari surdi. Uning bu gipotezasi fotonning to'lqin tabiatiga oid bo'lgan interferensiyani tushuntirdi. Ikkinchi tomondan yorug'lik to'lqinlarining impulsiga ega ekanligini Eynshteyn nazariy ko'rinishda, A. Kompton esa tajribada tasdiqladi. Shunday qilib (2.9) va (2.11) munosabatlardan $E = mc \cdot c = p \cdot c$ yoki

$$h\nu = p c \quad (2.13)$$

ni olamiz, bunda $p = m c$ - foton impulsi bo'lib

$$p = \frac{h\nu}{c} \quad (2.14)$$

formula hosil bo'ladi.

(2.14) formula fotonning korpuskulyar tabiatini xarakterlovchi impulsni fotonning to'lqin tabiatini ifodalovchi kattalik - chastota (yoki to'lqin uzunlik) bilan bog'laydi. Demak (2.14) formulada fotonning bir-biriga zid bo'lgan ikki yoqlama xususiyati bo'lgan korpuskulyar-to'lqin tabiati mujassamlangandir.

2.8. Mikrozaralar dualizmi. De-Broyl g'oyasi

Yorug'lik dualizmini chuqur anglagan de-Broyl foton kabi, tinchlikdagi massasi nolga teng bo'lmagan boshqa mikrozaralar ham to'lqin tabiatiga ega bo'lishi kerak degan g'oyani dadil ilgari surdi.

1924 yil de-Broyl "Kvantlarga doir izlanishlar" deb atalgan doktorlik ishi himoyasida, shunday fikrni berdi: "agar yorug'lik nuri ko'p hollarda o'zining korpuskulyarlik xususiyatini namoyon etar ekan, nima uchun elektron ham to'lqin xususiyatiga ega bo'lmasligi kerak". Bu fikrni keyin yanada rivojlantirib, o'zining

“Fizikada inqilob” kitobida to’lqin xarakterga ega bo’lgan yangi mexanika yaratish kerak dedi. Haqiqatdan ham dastlabki paytda kvant mexanika fani to’lqin mexanika deb atalgan. Natijada de-Broylning zarralar dualizmi degan gipotezasi vujudga keldi. Shunday qilib de-Broyl mikrozaralar dualizmini nazariyasini ishlab chiqdi va bu nazariyaning miqdoriy munosabatini topdi.

De-Broyl g’oyasiga binoan (2.14) formulani harakatdagi istalgan zarraga qo’llash imkoni bo’ldi. Elektron aniq impuls

$$p = mv = \frac{h}{\lambda} \quad (2.15)$$

ga ega bo’lishi mumkin, bunda m - elektronning relyativistik massasi, ν - elektronning tezligi (2.15) munosabatdan ko’rinib turibdiki elektronga ν - chastotaga ega bo’lgan to’lqinga xarakteristika berdik. (2.15) tenglikdan elektronning to’lqin uzunligi

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p} \quad (2.16)$$

ga teng. Shunday qilib elektron to’lqin xossaga ega va uning to’lqin uzunligi (2.16) munosabatdan topiladi.

Kvant mexanikada ν - chiziqli chastota o’rniga odatda burchak chastota $\omega = 2\pi\nu$ ishlatiladi. Shunga ko’ra h ni o’rniga Pol Dirak tomonidan kiritilgan $\hbar$ (xash chiziqli) doimiylik

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \quad (2.17)$$

ishlatiladi. (2.17)ni e’tiborga olsak, u holda (2.16) formulani

$$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{p} \quad (2.18)$$

ko’rinishda yozish mumkin bo’ladi.

(2.16) va (2.18) ifodalardagi λ de-Broyl to’lqin uzunligi deyiladi.

Harakatdagi zarralar uchun (2.18) munosabatdan bir qator foydali munosabatlar keltirib chiqarish mumkin.

Maxsus nisbiylik nazariyasiga ko'ra relyativistik impuls

$$p = \frac{1}{c} \sqrt{E^2 - E_0^2} \quad (2.19)$$

formula bilan aniqlanadi. (2.19) ifodani (2.16) ga ko'ysak

$$\lambda = \frac{hc}{\sqrt{E^2 - E_0^2}} = \frac{hc}{\sqrt{m^2 c^4 - m_0^2 c^4}} \quad \text{bundan} \quad \lambda = \frac{h}{m_0 c \sqrt{\frac{1}{1 - v^2/c^2} - 1}} = \frac{h \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{m_0 v},$$

$v \ll c$ da $\lambda = \frac{h}{mv}$ ni hosil qilamiz.

Xuddi shuningdek uni zarraning kinetik energiyasi K bilan bog'lasak,
 $K = E - mc^2$ bo'lgani uchun

$$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{\sqrt{2mK}} \quad (2.20)$$

ifodani topamiz.

Norelyativistik elektronlar uchun

$$v = \sqrt{2 \frac{e}{m} U_{tez}} \quad (2.21)$$

Bo'lgani uchun

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meU_{tez}}} \quad (2.22)$$

munosabatni eksperimentator-fiziklar qo'llaydi. U_{tez} -tezlantiruvchi potensial.

Agar elektronlar dastasi to'liqin xususiyatiga ega bo'lsa, u kristalldan rentgen nurlari kabi qaytishi kerak. Bregg-Vulfni

$$2d \sin \varphi = n\lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2.23)$$

formulasiga ko'ra tezlantiruvchi potensial

$$\sqrt{U_{tez}} = \frac{n h}{\sqrt{2 m_e \cdot 2 d \sin \varphi}} = n D, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2.24)$$

Konkret tajribada D - o'zgaras son.

Devisson-Jermer tajribasida D uchun olingan formula yaxshi bajarilishi aniqlandi. Bu tajribada de-Broyl munosabatini nihoyatda to'g'ri ekanligini tasdiqladi. Zarralarning to'lqin xossasi haqidagi g'oya kvant mexanika negizini tashkil qiladi. Korpuskulyar-to'lqin dualizmi universal xarakterga ega ekanligi qarama-qarshiliklar bir butunligi qonuniga mosdir. Zarra va to'lqin ko'p jihatdan bir-biridan farq qiladilar. Masalan, monoxromatik to'lqin fazoda cheksiz, zarra esa aksincha fazoning biror qismida joylashgan. Bu qarama-qarshilik doimo bordir.

Misol. Konkret zarralar uchun de-Broyl to'lqin uzunligini hisoblaylik. Avval makroskopik jism uchun de-Broyl to'lqin uzunligini hisoblaylik.

Futbol koptogini massasi $m = 0,16 \text{ kg}$ bo'lsin va futbolchi bu to'pni tepganda uning tezligi $v = 50 \frac{m}{s}$ yetsin. Harakatdagi koptok bilan bog'langan to'lqinning de-Broyl to'lqin uzunligini toping.

$$\text{Yechish: } \lambda_1 = \frac{h}{p_1} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{0,16 \text{ kg} \cdot 50 \frac{m}{s}} = 9,46 \cdot 10^{-33} \text{ m.}$$

λ —shunday kichik sonki, uni hech qanday tajribadan aniqlab bo'lmaydi.

Endi mikrodunyo zarrasini olaylik. Elektronning tezligi koptok tezligiday bo'lsin, u holda

$$\lambda_2 = \frac{h}{p_2} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 50 \frac{m}{s}} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

Elektron bilan bog'langan bu to'lqin uzunlikni tajribada yengil o'lchash mumkin.

2.9. De-Broyl formulasi. De-Broyl to'liqlari

De-Broyl gipotezasiga tayanib yozilgan yuqorida keltirilgan formulalar

$$E = h\nu = \hbar\omega \quad (2.25)$$

$$\vec{P} = \frac{h}{\lambda} = \hbar\vec{k} \quad (2.26)$$

ni de-Broyl formulalari deyiladi.

Zarra bilan bog'langan to'liq uzunlik

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi\hbar}{p} \quad (2.27)$$

De-Broyl to'liq uzunligi deyiladi.

Optikadan bilamizki to'liqlarning eng soddasi - bu yuguruvchi yassi monoxromatik to'liqlardir. Chastotasi ω ga teng bo'lgan yassi monoxromatik to'liq

$$\psi(r, t) \sim \exp[-i(\omega t - \vec{k}\vec{r})] \quad (2.28)$$

ko'rinishga ega.

(2.28) ifodaga (2.15) va (2.26) larni qo'ysak, harakatdagi zarralar uchun

$$\psi(r, t) = A \exp\left[-\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p} \cdot \vec{r})\right] \quad (2.29)$$

funksiyani olamiz. (2.29) funksiyani de-Broyl to'liqini deyiladi.

Bu to'liq funksiyani fizik tabiatni tushuntirish oson ish emas va butun kvant mexanikani o'rganish davomida uni izohlab boramiz.

Optikada $\psi(r, t)$ –funksiya istalgan t paytda fazoning istalgan nuqtasida tebranayotgan ψ kattalikning oniy qiymatini beradi. Bunda $\vec{r}$ –radius vektor, $\vec{k}$ –

to'liqin vektor, ω –burchak chastota, A –tebranish amplitudasi, $\vec{p}$ –impuls, E –energiya.

To'liqin vektor $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ bo'lib, u 2π uzunlik birligiga qancha to'liqin uzunliklar soni to'g'ri kelishini xarakterlaydi, yo'nalishi esa to'liqinning tarqalish yo'nalishini xarakterlaydi. Agar to'liqin z yo'nalishda harakat qilayotgan bo'lsa, u holda

$$\vec{k} \cdot \vec{r} = k_z \cdot z = k \cdot z \quad (2.30)$$

Skalyar ko'paytma olish mumkin. To'liqin vektor, to'liqin uzunlik bilan bevosita bog'langan, ya'ni to'liqin jarayonning fazoviy davriyligi bilan bog'langan.

Siklik (burchak) chastota

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \quad (2.31)$$

bo'lib, to'liqin jarayonning vaqtdagi davriyligini xarakterlaydi. Endi bu kattaliklar bilan de-Broyl kattaliklari qanday bog'langanligini ko'ramiz. To'liqin vektorning yo'nalishi harakatda bo'lgan zarra bilan bog'langan to'liqinning yo'nalishini xarakterlagani uchun zarra yo'nalishi sifatida zarra impulsining yo'nalishini olamiz. Natijada $\vec{k}$ va $\vec{p}$ ni bog'lovchi $\vec{p} = \hbar\vec{k}$ yoki $\vec{k} = \frac{\vec{p}}{\hbar}$ munosabatni olamiz.

De-Broyl to'liqinning asosiy xarakteristikalaridan biri bo'lgan to'liqin vektor zarra impulsi bilan bog'langan. $\vec{k}$ va $\vec{p}$ ni bog'lovchi koeffisient vazifasini $\hbar$ – Plank doyimiyasi bajaradi. Demak (2.26) munosabatni kvant tabiatga ega ekanligini ko'rsatadi.

Kvant fizikada tezlik emas, balki impuls asosiy rol o'ynaydi. De-Broyl to'liqinida chastota bilan energiya ham $\hbar$ - doimiy orqali bog'langan, ya'ni, $\omega = E/\hbar$. Bu formula fotonning to'la energiyasini chastotaga bog'lanishini xarakterlaydi. Bu formulani hozirgi zamon fizikasida universal munosabat deb yuritiladi. De-Broyl to'liqinining amplitudasini fizik ma'nosini anglash juda qiyin. Dastlabki paytda uning ma'nosini de-Broylni o'zi ham, kvant mexanikani

yaratganlar ham bilmaganlar. Uning asl ma'nosi asta-sekin, qadamma-qadam kvant mexanikaning rivojlanishi bilan oydinlasha bordi. Uning anglash yo'lidagi birinchi qadamni Born qo'ydi. To'lqin funksiyasining statistik izohidan so'ng, de Broyl to'lqini bu ehtimol to'lqini ekanligi ma'lum bo'ldi. De-Broyl to'lqini amplitudasining kvadrati berilgan vaqtda va fazoning berilgan nuqtasida zarraning qayd qilish ehtimolini berish mumkin.

2.10. De-Broyl nazariyasining eskperimental tasdig'i. Devison va Jermer tajribasi

1925 yilda "Bell telefon" laboratoriyasining hodimlari J. Devisson va K.X. Kunsman ikkilamchi elektronlar chiqishi hodisasini o'rganishdi. So'ng bu hodisani o'rganishni Devisson va Jermer davom ettirdi. Bu tajribada nikel kristalliga tushirilgan elektronlar dastasi ta'siri natijasida, ikkilamchi elektronlarning chiqishini kuzatishdi. Bir kuni tasodifan nikel oksidlanadi. Oksidlanishni yo'qotish uchun nikel plastinkasi qattiq qizdiriladi. So'ng tajribani bu kristall nishon bilan qayta bajarishganda natija butunlay boshqacha chiqdi. Plastinka uzoq qizdirilishi tufayli mayda kristallar o'rnini yirik monokristallar egallagan edi. Ikkilamchi elektronlarning chiqishi oldingi tajribadagilar kabi istalgan burchakda bo'ldi, biroq, ayrim burchaklarda siqilgan elektronlarning soni keskin ko'payib ketdi. $K = 54\text{ eV}$ energiyaga ega bo'lgan elektronlarning $\varphi = 50^\circ$ burchakdagi sochilgan ikkilamchi elektronlarning intensivligining taqsimoti 2.8-rasmda ko'rsatilgan.

Devisson va Jermer elektronlarning to'lqin uzunligini aniqlash uchun rentgen spektrometri g'oyasidan foydalandilar. Tajribada chizmasi 1-rasmda keltirilgan. Rentgen trubkasi elektron to'pi bilan almashtirildi. K - katod, u U_n - nakal kuchlanishi yordamida qizdiriladi. Katoddan uchib chiqqan elektronlar dastasi o'z navbatida tezlantiruvchi potensial U_{tez} bilan tezlantiriladi. Tezlantirish kuchlanishini miqdori P - potensiometr yordamida bajariladi. Potensiometr yordamida to'pdan chiqqan elektronlarning tezligi boshqariladi. Elektronlar kristall

sirtiga tushgandan so'ng, ma'lum burchaklarda qaytadilar. Qaytgan nurlar elektron detektori (Faradey silindri) bilan qayd qilinadi

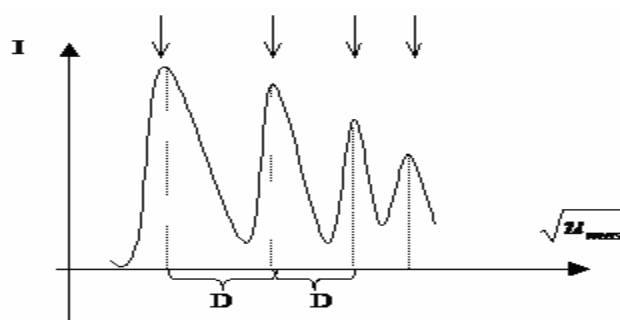
Tajriba quyidagicha olib borildi. Kristallga tushayotgan elektron nurlarining tezligi tezlantiruvchi kuchlanish yordamida o'zgartiriladi va unga mos ravishda Faradey silindridagi tok galvonometr bilan o'lchanadi. Bu holda kristall sirtiga tushayotgan elektronlarini burchagi o'zgarmay qoladi. Faradey silindrida olingan natija 2.9-rasmda tasvirlangan. 2.9-rasmdan ko'rinadiki egrilik bir-biridan baravar uzoqlikda yotuvchi maksimumlarga ega. Qurilmaning elektr sxemasi diodning volt-amper xarakteristikasiga o'xshash monoton bo'lishi kerak edi. Biroq unday emasligi 2-rasmdan ko'rinib turibdi. Shu sababli Devisson-Jermer tajribasini natijalarini tushuntirish uchun de-Broyl g'oyasini jalb qilish kerak bo'ldi.

Tajribalarning birida elektronlar dastasining energiyasi $K = 54 \text{ eV}$ bo'lganda sochilgan (qaytgan) elektronlarning intensivligini maksimumi $\varphi = 50^\circ$ da ro'y berdi (2.9-rasm). Elektronlarning impulsi $p = \sqrt{2m_0 K}$ ni bilgan holda erkin elektronning de-Broyl to'lqin uzunligini quyidagi formuladan topamiz.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{\sqrt{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 54 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}} \cdot 10^{10} \frac{\text{\AA}}{\text{m}} = 1,67 \text{ \AA}$$

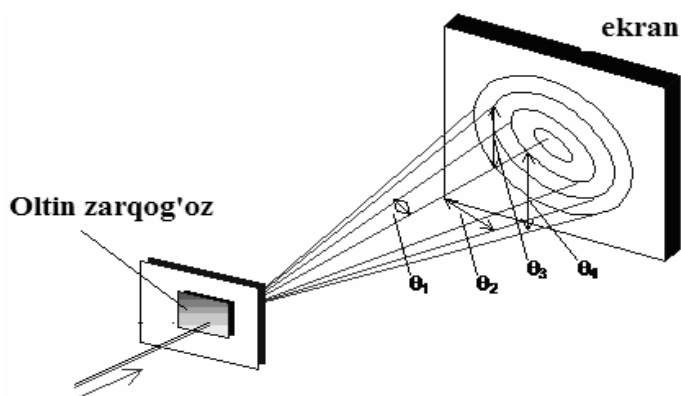
Bu elektron bilan bog'langan to'lqinning de-Broyl to'lqin uzunligidir. Ikkinchi tomondan kristall tekisligida to'lqin difraksiyasi hodisasiga asoslangan holda Bregg metodi yordamida davri $d = 0,91 \text{ \AA}$ ga teng bo'lgan nikel kristallida ro'y bergan elektronlar difraksiyasini birinchi tartibdagi maksimumi ($n=1$) uchun $\lambda = 2d \sin \theta = 2 \cdot 0,91 \cdot \sin 65^\circ = 1,65 \text{ \AA}$.

Ko'rib turibsizki, ikkala natija bir-biriga mos tushadi. Bu esa o'z navbatida elektronlar zarralik hossasi bilan bir qatorda to'lqin xususiyati ham namoyon bo'lishini ko'rsatadi.



2.9-rasm

1927 yilda J. Tomson va uning talabalari tomonidan bajarilgan tajriba ham elektronning to'liqin hususiyatiga ega ekanligini yaqqol ko'rsatdi. $\sim 10^4 eV$ ga ega bo'lgan elektronlar dastasi $10^{-5} sm$ qalinlikdagi oltin zariga yo'naltirildi. Tomson ekranda qator difraksion xalqalarni ko'rdi. $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ va h.k. sochilish burchagiga to'g'ri kelgan difraksiyalar. $n\lambda = d \sin \theta$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) orqali aniqlanadi (2.10-rasm). θ - tushayotgan elektronlar bilan qaytgan elektronlar orasidagi burchak.



2.10-rasm

Quyidagi zarralarning to'liqin tabiatini tasdiqlagan tajribalarni ro'yxatini keltiramiz:

1. Oddiy optikaviy difraksion panjara yordamida nemis olimi Rupp 1929-yilda juda kichik sirpanish burchaklarida elektron difraksiyasining elektron to'liqin uzunligini o'lchadi.
2. Vodorod molekulasini kristalda sochilishdagi difraksiyasini 1931-yilda Jonson amalga oshirdi.

3. Geliy atomi dastasini fluorli litiy kristallda sochilishini eksperimental amalga oshirgan Esterman, Frish va Shtern 1938-yilda geliy atomini to'liqin xususiyatiga ega ekanligini tasdiqladilar.

Bu tajribalar, zarralarni haqiqatan ham to'liqin xossaga ega ekanligiga nuqta qo'ydi.

Bobga doir qisqacha xulosalar

1. Tashqi fotoeffektda yuz beradigan jarayonni uchta bosqichga bo'lish mumkin ekan: fotonning elektron tomonidan yutilishi, elektronni metall sirtiga harakati va oxiri metall-vakuum hosil qilgan potensial to'siqni engib metall sirtini tashlab chiqib ketishi.

2. Bitta fotonli fotoeffektda har bir foton bitta elektron tomonidan yutiladi va har bir elektron bitta foton yutadi deb qaraladi. Biror zichlikdagi yorug'lik oqimlarini nurlaydigan lazerlarni paydo bo'lishi ikki fotonli va uch fotonli fotoeffektlarni o'rganishga ham yo'l ochdi. Masalan, ikki fotonli fotoeffektda elektron muhit bilan o'zaro ta'sirda energiyasini yo'qotguncha ikkita fotonni yutib olishi mumkin. Bu holda fotoeffekt sodir bo'lishi uchun

$$h\nu = \frac{E_0 - E_F}{2}, \text{ ya'ni } \nu = \frac{\nu_K}{2}$$

formula o'rinlidir. Bunda E_F - Fermi energiyasi. Absolyut nol temperaturada elektronlarning eng katta energiyasi E_F ga teng. Metall sirtida elektronni uzish

uchun kerak bo'lgan minimal kinetik energiya $h\nu = E_0 - E_F$. $\lambda_k = \frac{c}{\nu_k}$ -

fotoeffektni qizil chegarasini belgilaydi. $T > 0$ da elektronlarning energiyasi Fermi sathidan katta bo'lishi mumkin. SHunga ko'ra faqat $T = 0$ da qizil chegara mavjud, temperatura oshganda - $\lambda > \lambda_k$, demak fototok mavjud.

3. Fotoeffekt hodisasida ham h - doimiylikni paydo bo'lishi va uni qiymati absolyut qora jism uchun yozilgan Plank formulasidagi h ga tengligi uni

universalligidan darak berardi. O'z navbatida h ni biror bir formulada uchrashishi hodisani kvant xususiyatga ega ekanligiga asosiy ishora edi.

4. Tashqi fotoeffektga asoslangan fotoelementlarning afzalligi – fototokning nagruzka o'zgarganda o'zgarmasligi ekan;
5. Fototok qiymati qancha kichik bo'lmasin qarshiligi katta bo'lgan istemolchiga ulash mumkin ekan;
6. Qarshlik o'rniga sig'im ulash va sig'imdagi kuchlanishni o'lchab, bir qator muhim kattaliklarni, masalan, stabillashmagan manbadan tushayotgan yorug'lik oqimini, fotosignallarni o'lchash mumkin.
7. Uzun to'lqinli (infraqizil) diapazonda ishlovchi maxsus fotoelementlar texnikada ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish va nazorat qilishda, tasvir uzatish va televideniya lazerlarga asoslangan optic aloqa va hokazolarda ishlatiladi.
8. Yuqorida keltirilgan tajriba natijalari zarralarning haqiqatan ham to'lqin tabiatiga ega ekanligini to'la tasdiqladi, lekin shu bilan birga bir qator yangi savollar hosil bo'ldi.

Masalan, fotonlar, elektronlar o'zlarining to'lqin va zarra tabiatini namoyon qilar ekanlar, u vaqtda demak zarralar bilan to'lqinlar orasida hech qanday farq yo'qdir. Biroq to'lqin nazariyani faqat o'ziga asoslanib, fotoeffekt, Kompton sochilishi kabi eksperiment natijalarini tushuntirib bo'lmaydi. Shu bilan birga zarralarni yorug'lik tezligidagi tezlik bilan harakat qila olmasligi ham muammoligicha qoladi. To'lqin zarra ziddiyatini bartaraf qilish maqsadida Nils Bor o'zining to'ldirish prinsipini taklif qildi.

Bitta eksperimentning o'zida bir vaqtda to'lqin xossa ham, korpuskulyar xossa ham hech qachon namoyon bo'lmasligi eksperimental fakt bo'lib, bu to'ldirish prinsipini asosini hosil qiladi. Har bir holda, u nima, nurlanish bo'ladimi yoki elektronlar dastasi bo'ladimi baribir, hodisani to'la tavsiflash uchun to'lqin modelni ham korpuskulyar modelni ham qo'llash zarur, albatta bu modellar o'zining qo'llaniladigan sohasi mavjud.

3-BOB. “KVANT FIZIKASI ELEMENTLARI”GA DOIR MAVZULARNI INTERFAOL USULLAR YORDAMIDA O’QITILISHI

3.1. Bobni interfaol o’qitishga doir umumiy mulohazalar

Tarixan, nurlanishning kvant g’oyasi M.Plank tomonidan absolyut qora jismning nurlanishini tushuntirishda aytilgan. Shunga qaramasdan, dasturda nurlanishning kvant tabiatini asoslashga asos qilib fotoeffekt hodisasi olingan. Bunday yo’lni didaktik nuqtai nazardan to’g’ri ekanligini akademik A.F.Ioffe o’z dissertatsiyasida quyidagicha bayon qilgan: “... atom ta’sirlari masalasini oydinlashtirishni qora nurlanishdan emas, balki nurlanish energiyasining aylanishiga taalluqli elementar aktlardan, dastavval fotoeffekt hodisasidan qidirish kerak”.

Ammo fotoeffekt – nurlanishning kvant hossalari o’rganishdagi yagona hodisa emas. Fotoeffekt va fotokimyoviy reaksiyalar asosida nurlanish energiyasining diskretlik g’oyasi va kvant energiyasi $E=h\nu$ ga tengligi kiritiladi. Kompton effekti va yorug’likning bosimiga asoslanib esa nurlanish impulsi mavjudligi, ya’ni fotonning impulsi

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

ekanligi g’oyasi kiritiladi.

Shunday qilib, nurlanishning kvant tabiati to’g’risidagi tasavvurlarni shakllantirish yetarlicha eksperimental asosga ega. Shunga qaramasdan, bu yerda elektrodinamika, optika, modda tuzilishi, nisbiylik nazariyasiga taalluqli nazariy fikrlar keng ishlatiladi. Kursning yakunlovchi bo’limida, boshqa bo’limlarni o’rganishdan olingan bilimlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Yangi fizik sharoitda energiya va impulsning saqlanish qonunlari universal qo’llanish sohasiga ega ekanligi namoyon bo’ladi. Jumladan, fotoeffekt va fotokimyoviy reaksiyalarga tegishli elementar aktlar tabiatning umumiy qonunlaridan bo’lgan – energiyaning saqlanish va aylanish qonuni asosida

tushuntiriladi. Kompton effekti va yorug'likning bosimi – fotonning energiyasi va impulsi hamda energiya va impulsning saqlanish qonunlari asosida tushuntiriladi.

Bu bo'limda, zarra-to'lqin to'g'risidagi bilimlarga dastlabki qadamlar qo'yiladi. Bu tushuncha, fizikadagi umumiy prinsip – uzluksizlik va diskretlik bilan bog'liq bo'lgani tufayli, fizika fanida va fizika o'qitishda fundamental metodologik ahamiyatga ega. “Uzluksizlik va diskretlikning dialektik birligi, - deb yozgan edi akademik A.F.Ioffe, - oq'uvchining fikrlashida maktabdan boshlab odatdagi holga aylanishi lozim. Elementar jarayonlarning bunday tomonlari namoyon bo'ladigan tajribalar, klassik fizika tajribalaridan unchalik qiyin emas ... fizika o'qitishni shunday tashkil qilish mumkin va lozimki, moddiy jarayonning ikkala tomoni tushunarli bo'lsin va ko'nikmaga aylansin”.

3.2. “Fotoeffekt va uning qonunlari” mavzusini interfaol o'qitish

Yorug'likning kvant tabiati tushunchasini kiritishdan avval issiqlik nurlanishi qonunlarini tushuntirishdagi Maksvell elektrodinamikasining qiyinchiliklari sifat jihatdan tahlil qilinadi. Haqiqatda, makroskopik nurlatgichlar – antennalar tarqatadigan katta to'lqin uzunlikli elektromagnit to'lqinlarning nurlanishini tushuntirib bergan Maksvell nazariyasi qisqa elektromagnit to'lqinlarning manbai bo'lgan mikroskopik nurlatgichlar – atomlar va molekulalarning nurlanishini tushuntira olmadi.

O'quvchilarga bu qiyinchilikni bartaraf qilish yo'lini 1900-yilda M.Plank, fizikaga yangi g'oya kiritish orqali topganini aytib o'tish lozim. Plank g'oyasiga ko'ra, atomlarning energiyasi alohida porsiya – kvantlarga teng holda o'zgarib, agar atomning xususiy chastotasi ν bo'lsa, uning energiyasi $E=h\nu$ ga teng yoki karrali ravishda o'zgaradi. Shuni ta'kidlash lozimki, Plank nurlanishining kvantlanishi haqida hech narsa demagan. Nurlanishning o'zi ham alohida kvantlardan (keyinchalik *foton* deb atalgan) iborat ekanligini M.Plank emas, balki A.Eynshteyn aytgan. U bunday fikrga 1905-yili nurlanishning statistik xossalarini

tahlil qilish asosida kelgan. Keyinchalik, Eynshteyn bu fikrga asoslanib, bur qancha hodisalarni, jumladan, fotoeffekt hodisasini tushuntirgan. Aynan shu xizmati uchun, unga *Nobel mukofoti* berilgan.

Yuqorida aytilganlardan quyidagicha muammoli vaziyat yuzaga keladi: nurlanishning diskretligini asoslovchi, xususan, nurlanish kvantining energiyasi $h\nu$ ga tengligini tasdiqlovchi tajriba dalillari mavjudmi yoki yo'qmi? O'qituvchi, bunday asos sifatida fotoeffekt hodisasini keltiradi. Bu effektning ochilish tarixini bayon qilgach, uni A.G.Stoletov tajribada har tomonlama tadqiq qilib, quyidagi qonunlarni topganini aytadi.

Birinchi qonun (Stoletov qonuni). To'yinish fototoki katodga tushayotgan yorug'likning intensivligiga, ya'ni yutilgan yorug'lik to'liqligining intensivligiga to'g'ri proporsional.

Ikkinchi qonun. Fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi yorug'likning chastotasi bo'yicha chiziqli ravishda ortib, uning intensivligiga bog'liq emas.

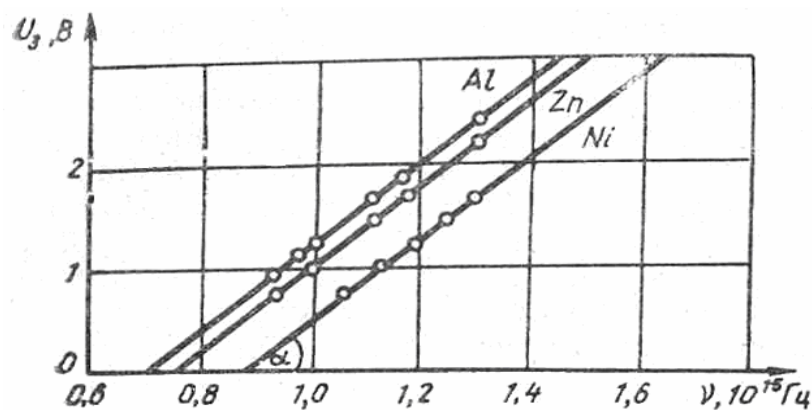
Uchinchi qonun. Har bir modda uchun fotoeffektning qizil chegarasi, ya'ni fotoeffekt yuz berishi mumkin bo'lgan eng kichik chastota ν_{min} mavjud. $\nu < \nu_{min}$ bo'lgan barcha hollarda, fotokatodga tushayotgan yorug'likning intensivligi qanday bo'lishidan qat'iy nazar, fotoeffekt yuz bermaydi.

Fotoeffektning birinchi qonunini bayon qilishda, qisqacha elektron lampa va gazlardagi razryad to'yinish toki tushunchasini hamda nurlanish oqimining sirt zichligi – to'liqligining intensivligi tushunchalarini takrorlaymiz.

Ikkinchi qonunni bayon qilishda esa fotoelektronlarning maksimal energiyasini berkituvchi potensial orqali aniqlash metodini tushuntirib, energiyaning saqlanish qonuni asosida

$$\frac{mv_m^2}{2} = eU_\phi$$

formulani kiritamiz. Berkituvchi fotoelektronlarning tezligi va kinetik energiyalarining tartibini aniqlash tushunchalarini mustahkamlash uchun bir nechta masala yechish kerak. Buning uchun 3.1-rasmda keltirilgan ayrim metallarning berkituvchi potenciallarining chastotaga bog'liqlik grafigidan foydalanish lozim.



3.1-rasm. Ayrim metallarning berkituvchi potentsiallarining chastotaga bog'liqlik grafigi

Fotoeffektning uchinchi qonunini tushuntirishda “qizil chegara”ning ma’nosini oydinlashtirish lozim. Qizil yorug’lik, ko’k va binafshalarga qaraganda kichik chastotali sohada yotadi, ammo “qizil chegara” katod yasalgan moddaga bog’liq bo’lgani uchun spektrning ixtiyoriy (masalan, rux uchun – ultrabinafsha) sohasida bo’lishi mumkin. Shunga qaramasdan, fotoeffektni yuzaga keltiradigan boshqa chastotalarga qaraganda, qizil sohaga yaqin joylashgan.

O’quvchilarga fotoeffekt qonunlarini klassik to’lqin nazariya asosida tushuntirish o’z vaqtida qiyinchiliklarga olib kelganini va ularni A.Eynshteyn kvant nazariya asosida bartaraf qilganini aytish lozim. Bizning fikrimizcha, bu yerda o’quvchilar oldiga quyidagi muammoni qo’yish kerak: fotoeffektning ikkinchi va uchinchi qonunlarini qanday qilib kvant nazariyasi asosida tushuntirish mumkin?

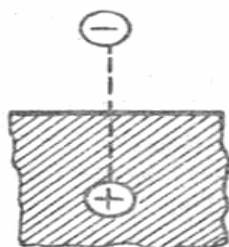
Bu yerda yo’naltiruvchi g’oya sifatida spektrning turli sohalariga tegishli ayrim chastotaga (yoki to’lqin uzunlikka) mos nurlanish kvantinig energiyasini hisoblab ko’rish xizmat qiladi. Jumladan, infraqizil ($L=3$ mkm) qizil ($L=600$ nm), ultrabinafsha ($L=300$ nm) va rentgen nurlanish ($L=0,3$ nm) uchun hisoblash mumkin. Bunda o’quvchilar keyinchalik ham har doim qo’llaniladigan $L=c/\nu$ formuladan takror foydalanib, spektrning turli oralig’iga mos keluvchi kvantlarning energiyasini taqqoslash mumkin. Shu bilan birga energiyani faqat Joullarda emas, balki elektronvoltlarda ham ifodalash maqsadga muvofiqdir.

Yuqorida keltirilgan to'liq uzunliklarga mos kvantlarning energiyalarini (0.4 eV; 2.1 eV, 4.1 eV; 4.1 keV) hisoblash, o'quvchilarga nurlanishning energiyasini yaqqol tasavvur qilishga hamda sifat jihatdan fotoeffektning ikkinchi va uchinchi qonunlarini tushuntirishga imkon beradi.

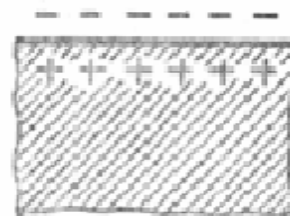
Natijada, elementar fotoeffektning asosiy g'oyasi: har bir nurlanish kvanti ta'sirida katoddan bitta fotoelektron ajralib chiqishi ifodalanadi. Bundan esa nima uchun fotoelektronning kinetik energiyasi faqat alohida kvantning energiyasiga (ya'ni, to'liqning chatotasiga) bog'liq ekanligi ko'rinadi. Huddi shunday, "qizil chegarani" ham sifat jihatidan quyidagicha tushuntiriladi: kichik chastotali to'liqqa mos kvant energiyasi fotoelektronni katoddan chiqarishga yetarli bo'lmay qoladi.

Fotoeffekt uchun Eynshteyn qonunining miqdoriy bog'lanishini topish uchun elektronning chiqish ishi tushunchasini kiritish kerak. Buni klassik elektron nazariya bo'yicha, quyidagicha tushuntirishlar orqali amalga oshiriladi:

- elektronning metall dan chiqishida, unda induksiyalangan musbat razryad hosil bo'ladi (3.2-rasm); u elektronni metallga tortadi;
- elektronlar metall dan chiqishi va uning sirtidan kichik masofada bo'lishi mumkin; metall sirti ustida manfiy zaryadli yupqa elektron qatlam hosil bo'lib, u sirtga yaqin kristall panjara tugunlaridagi ionlar bilan birgalikda o'ziga xos zaryadli kondensator hosil qiladi (3.3-rasm). Uning maydoni esa yangi elektronlarni chiqishiga to'sqinlik qiladi.



3.2-rasm



3.3-rasm

Shu sababli, elektronni metall dan chiqarish uchun uni chiqishiga qarshilik qiluvchi kuchlar ustidan ish bajarish lozim. Elektroniga, uni jismning sirtidan vakuumga chiqarish uchun berish kerak bo'lgan eng kichik qo'shimcha energiyaga

“chiqish ishi” deyiladi. Chiqish ishini hisoblashning oddiy, ammo tartib jihatdan to’g’ri natija beradigan usuli “Fizika asoslari” kitobida keltirilgan.

Turli moddalar uchun chiqish ishi har xil bo’lib (5-jadvalga qarang) sirtning soflik holatiga bog’liq.

5-jadval

Modda	Metall					Metall plyonka			
	Cs	Ba	Th	W	Ag	W-O-Cs	W-Cs	Ag-Ba	W-Th
A, 10^{-19} J	2,91	4,00	5,3	7,31	6,9	1,6	2,19	2,51	4,2
A, eV	1,81	2,49	3,31	4,54	4,3	1,0	1,36	1,56	2,6

Metall boshqa modda plyonkasi bilan masalan, bariyga seziy qatlami qoplansa, chiqish ishi keskin kamayadi. Bu hodisa fotokatodlar tayyorlashda ishlatiladi.

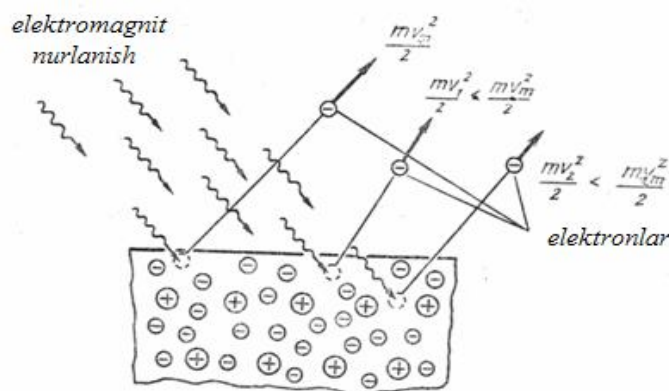
“Elektronning chiqish ishi” tushunchasi bilan tanishgach, fotoeffektning elementar akti uchun energiyaning saqlanish qonuniga asoslanib Eynshteyn tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$E = h\nu = A + \frac{mv_m^2}{2}$$

Bu tenglama asosida fotoeffektning uchala qonunini ham tushuntiramiz.

Haqiqatda, fotoelektronlar soni nurlanish kvantlari soniga proporsional bo’lishi kerak, ammo teng emas. Chunki, kvantlarning bir qismi kristall panjara tomonidan yutilib, ularning energiyasi metallning ichki energiyasiga aylanadi. Fotoeffektning birinchi qonuni shunday tushuntiriladi.

Ikkinchi qonun o’z-o’zidan ayon, chunki Eynshteyn formulasi katodning sirtidan chiqayotgan fotoelektronlarning maksimal energiyasini aniqlaydi. Metallning ichidan chiqayotgan elektronlar esa energiyasini bir qismini yo’qotishi mumkin, natijada ularning tezligi maksimaldan kichik bo’ladi (3.4-rasm).



3.4-rasm. Ikkinchi qonunni tushuntiruvchi chizma

Uchinchi qonun ham Eynshteyn qonunidan osongina kelib chiqadi. Chunki, kinetik energiya noldan kichik bo'la olmagan uchun fotoeffektni faqatgina energiyasi chiqish ishidan katta bo'lgan kvantlarga yuzaga keltiradi ya'ni $h\nu > A$, bundan esa $\nu_{min} = A/h$ va $I_{max} = hc/A$ ekanligi kelib chiqadi.

Alohida atomlarga rentgen yoki gamma nurlanishlar ta'sir qilganda ham fotoeffekt yuzaga kelishini tushuntirish muhim.

Bu nurlanishlarni kvanti yutilishi natijasida elektron ajralib chiqishi tufayli fotoeffekt yuzaga keladi.

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, moddaga kvantlarning energiyasi 10^4 - 10^7 eV bo'lgan rentgen yoki gamma nurlanishlar ta'sir qilganda, Eynshteyn tenglamasidagi chiqish ishini e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Chunki, chiqish ishi metallar uchun bir necha elektronvoltga teng. U holda fotoelektronlarning kinetik energiyasi deyarli nurlanish kvanti energiyasiga tengdir.

Bunday qarash unchalik to'g'ri emas, chunki u fotonning energiyasining hammasi elektronga uzatiladi degan taxmindan kelib chiqadi. Ammo tajribalarni ko'rsatishicha, bunday holda ikkita yangi zarra – ajralib chiqqan elektron va ikkilamchi foton hosil bo'lar ekan. Bu hodisa Kompton effekti deyiladi.

Bu g'oyadan tezligi katta elektronlarni anodga urilishi tufayli tormozlanish natijasida hosil bo'ladigan rentgen nurlanishni eng kichik to'lqin uzunligini hisoblashga oid masalani yechishda foydalanish mumkin. Bu masala ma'lum ma'noda fotoeffektga teskari masaladir: bu yerda tormozlangan elektronning energiyasi rentgen nurlanish kvanti energiyasiga aylanadi.

Elementar akt uchun energiyaning saqlanish qonunidan kelib chiqib va elektron energiyasining bir qismi anodni qizdirishga sarf bo'ladi deb, $E_{kv} \leq E_k$ ekanligini ko'ramiz. Ammo elektronning kinetik energiyasi $E_k = eU$, bu

yerda U – anod potentsiali, $E_{kv} = h\nu = hc/\lambda$. Natijada $\frac{hc}{\lambda} \leq e\varphi$ yoki $\lambda \geq \frac{hc}{e\varphi}$

Aytaylik, masalan $U = 1000 \text{ V} = 10 \text{ kV}$. U holda,

$$\lambda \geq \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3,0 \cdot 10^9}{1,61 \cdot 10^{-19} \cdot 10} \quad m = 1,2 \cdot 10^{-10} \quad m = 0,12 \text{ nm}$$

bu esa ko'zga ko'rinadigan yorug'likning to'lqin uzunligidan 4000 marta kichik.

3.3. “Fotoeffektning qo'llanilishi” mavzusini interfaol o'qitishga doir tavsiyalar

Fotoeffektni qo'llanilishini o'rganishda ichki yoki tashqi fotoeffektga asoslangan qurilmalarning tuzilishi va ishlashi bilan o'quvchilarni tanishtirish maqsadga muvofiqdir. Bu yerda masalaning texnik tomonlariga emas, balki fizik mohiyatiga e'tibor berish kerak.

Bu material murakkab emas va o'quvchilar uchun qiziqarli. Shuning uchun materialning ko'p qismini o'quvchilarga mustaqil o'qish uchun berish mumkin.

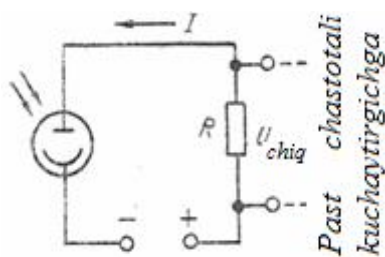
Bir necha o'quvchiga fotoelementlarning qo'llanilishiga doir 5-6 minutga mo'ljallangan qisqacha xabarlar tayyorlashni topshirish mumkin. Sinfda har doim elektron sxema tuzishga ishqiboz o'quvchilar topiladi. Ularga turli usulda ishlaydigan fotoelektron relelar yasashni taklif qilish mumkin, ularni sinfda ishlab ko'rsatish lozim.

“Fotoeffekt va uning qo'llanilishi” mavzusi o'quvchilar konferensiyasi va seminari uchun qiziqarli mavzudir.

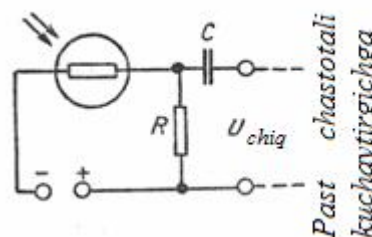
Vakuumli fotoelement. Fotoelementning tuzilishi prinsipini tushuntirishda fotokatod, anod, sokol va boshqa qismlarni aslini yoki “Fotoelementlar va ularni qo'llanilishi” kinofilmi yordamida ko'rsatish kerak. Vakuum va gaz to'ldirilgan fotoelementlarni belgilari ko'rsatiladi.

Fotokatod yasalgan materialga qarab, chiqish ishining qiymati va fotoelementni spektrning infraqizil, ko'zga ko'rinadigan, ultrabinafsha qismlariga sezgirligi aniqlanadi.

Tajribada fotoelementning anod zanjiridagi kuchlanishni o'lchashni ko'rsatamiz. Buning uchun, anod zanjiriga ketma-ket qarshiligi, masalan, 100 kOm (3.5-rasm) bo'lgan rezistorni ulaymiz. Fotoelement yoritilsa, rezistordagi kuchlanish kamayadi, chunki u fototok kuchiga, ya'ni to'lqinning intensivligiga bog'liq.



3.5-rasm



3.6-rasm

Anod zanjiridan chiqqan kuchlanish so'ngra kuchaytiriladi va elektr qurilmalarini ulashda yoki boshqa amaliy maqsadlarda ishlatiladi.

Ichki fotoeffekt, fotorezistor. Ichki fotoeffekt hodisasini tajribada ko'rsatish kerak. Nurlanish manbai bo'lib, qizdirilgan lampa xizmat qiladi.

Nurlanishni qabul qiluvchi FS-K1 yoki unga o'xshash (uzun to'lqin chegarasi 900 nm) fotorezistoridir. Demonstratsion galvanometer, 6-8 V li akkumulyatorlar batareyalari. Fotorezistor berkitilgan va yoritilgan hollardagi tok kuchini o'lchaymiz.

Ichki fotoeffektning mexanizmini tadqiq qilamiz. Nurlanish moddaga tushganda ikki hodisa yuz beradi. Birinchisi, nurlanish kvantlari atomlar (yoki ionlar) tomonidan yutilib, ularning issiqlik harakat kinetik energiyasi ortadi, shuning uchun modda qiziydi. Nurlanishning boshqa kvantlari atomlarda yutilib, fotoionlanishni yuzaga keltiradi, natijada moddada qo'shimcha zaryad tashuvchilar – o'tkazuvchanlik elektronlari va tirqishlar hosil bo'ladi. Ularning hosil bo'lishi elektr qarshilikning kamayishiga (elektr o'tkazuvchanlikning ortishiga) olib keladi.

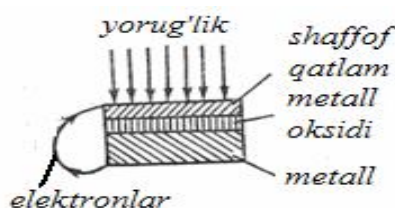
Tashqi fotoeffektdan farqli, bu yerda fotoelektronlar yarimo'tkazgichdan tashqariga chiqmasdan, balki kristall panjara tugunlari orasida to'planadi.

Elektronlar va tirqishlar uchrashganda rekombinatsiya bo'lgani uchun yarim o'tkazgichdagi tok doimiy qolishi uchun, uni uzluksiz yoritib turish kerak.

Fotorezistorni kuchaytirgichga ulash sxemasini keltirish maqsadga muvofiqdir (3.6-rasm). Bu yerda R – rezistor, kuchlanish undan kuchaytirgichga uzatiladi, C – ajratuvchi kondensator bo'lib, u fotorezistor zanjiridagi tokni kuchaytirgichga o'tkazmaydi. Dars paytida bunday sxemani yig'ib, ishlatib ko'rish foydalidir.

Yarim o'tkazgichli fotogalvanik element – bu elektromagnit nurlanish ta'sirida turli tabiatli yarim o'tkazgichlar orasida elektr o'tishlar tufayli elektr yurituvchi kuch yuzaga keladigan asbobdir.

$p - n$ o'tishni to'g'rilagich sifatida ishlatilishi bilan o'quvchilar tanishishgan. Endi bo'lsa, yoritilganda bu o'tish generator vazifasini bajarishini ko'rib chiqaylik. Germaniy yarim o'tkazgichli fotoelementni tuzilishini esga olamiz va unda yoritilganda yuz beradigan mikromexanizmni, ya'ni u fotogenerator rejimida ishlashini tushuntiramiz (3.7-rasm).



3.7-rasm. Yoritilgan $p-n$ o'tishni fotogenerator rejimida ishlashi

Elektron yarim o'tkazgich nurlanish kvantini yutganda, qo'shimcha bir juft zaryad tashuvchilar – o'tkazuvchanlik elektroni va tirqish hosil bo'lib, ular har xil yo'nalishda harakat qiladi: hosil bo'lgan tirqish tirqishli yarim o'tkazgich tomon, o'tkazuvchanlik esa, elektronli yarim o'tkazgich tomon harakat qiladi. Natijada, bir yarim o'tkazgichda ortiqcha o'tkazuvchanlik elektronlari, ikkinchisida esa ortiqcha tirqishlar yuzaga kelib qoladi. Demak, fotoelement elektrodlarida fotoelektrik yurituvchi kuch hosil bo'ladi. Kosmik kemalardagi “quyosh batareyalari”ni, fotoeksponometrlarni, lyuksmetrlarni namoyish qilamiz.

3.4. Foton va uning xossalari. Kompton effekti mavzusini interfaol o'qitishga doir tavsiyalar

Nurlanish kvantining xossalarini o'quvchilarga tanish bo'lgan zarralarning xossalari bilan taqqoslab, ko'p hollarda nurlanish kvanti zarra kabi ekanligini ko'ramiz. Bu zarra foton deb ataladi. Foton to'g'risidagi tushunchani shakllantirishda, uning quyidagi o'ziga xos tomonlariga va xususiyatlariga asoslanamiz:

- foton, zaryadsiz moddiy zarra; fotonning energiyasi $E_\gamma = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ ga teng, ya'ni ma'lum elektromagnit to'lqinning chastotasi orqali aniqlanadi;
- fotonning tezligi har doim yorug'likning vakuumdagi tezligi c ga teng; yorug'likning tezligiga nisbatan aytilgan barcha fikrlar (chegaraviyligi, chekliligi, barcha inersial sanoq sistemalariga nisbatan invariantligi), fotonga ham taaluqlidir, chunki fotonlar bu yorug'lik demakdir;
- foton – ultrarelyativistik zarradir; tezligi c dan kichik bo'lgan moddalar zarralaridan (nuklonlar, elektronlar, mezonlar va boshqa elementar zarralar) farqli ravishda, u tinch holatda massaga ega emas.

Foton tinch holatda massaga ega bo'lmagani uchun ham Nyuton qonunlariga bo'ysunmaydi. Xususan, uni tezlashtirish ham, sekinlashtirish ham mumkin emas va unga hech qanday kuch ta'sir qilmaydi. Yorug'lik nurlarini Quyoshning va yulduzlarning tortishish maydonida og'ishi fotonlarning tortilishi bilan emas, balki fazo-vaqt geometriyasining o'zgarishi bilan tushuntiriladi, shu sababli, ikki nuqta orasidagi eng qisqa masofa to'g'ri chiziq emas, balki egri chiziq bo'lar ekan.

Fotonning impulsi $p_\gamma = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$ ga teng bo'lib, λ va ν yorug'lik to'lqining uzunligi va chastotasi. Bu kattalik, yorug'likning korpuskulyar va to'lqin xossalari orasida bog'lanish mavjudligini ko'rsatadi, chunki p - zarraning impulsi, λ va ν yorug'lik to'lqining xarakteristikalaridir.

Foton qismlarga bo'linmaydi. U butunligicha chiqariladi, qaytadi, sinadi, yutiladi. Fotonning energiya "almashininshi" ikki bosqichdan iborat qayta nurlanishda yuz berishi mumkin: bir foton yutiladi, boshqasi esa chiqariladi. Nurlanayotgan jismdan chiqayirgan fotonlar statistik tartibsizdir. Shuning uchun yorug'lik oqimida fotonlar konsentratsiyasining fluktuatsiyasi mavjud.

Shuni ta'kidlash lozimki, yorug'likning foton nazariyasini qabul qilish, korpuskulyar nazariyaga qaytish emas. Nyuton va uning izdoshlari nuqtai nazariga ko'ra, yorug'lik korpuskulalari oddiy zarralar kabi qaralgan, ya'ni ular Nyuton mexikasining qonunlariga bo'ysunadi deyilgan. Foton klassik korpuskuladan keskin farq qilib, uning hossalari elektromagnit to'lqin bilan bevosita bog'liq; uning energiya va impulsi faqatgina chastota (yoki to'lqin uzunlik) orqali aniqlanadi.

Shunday qilib, foton ikkiyoqlama xossaga – ham korpuskulyar, ham to'lqin xossaga ega. Bu masalaga takrorlash - umumlashtirish darsida yana bir bor qaytish lozim.

Fotonning energiyasini to'lqin chastatasiga (to'lqin uzunlikka) bog'liqligi, o'quvchilarga biologiya kursidan ma'lum bo'lgan, rentgen va gamma nurlarning mutagen ta'sirini tushuntirishga imkon beradi. Energiyasi taxminan 1.8- 3.1 eV bo'lgan ko'zga ko'rinadigan nurlanishga taalluqli fotonlar, organizmga kira olmas ekan, chunki ular tashqi qoplamda yutilib qoladi. Energiyasi bularnikidan 1.5 – 2 marta katta bo'lgan ultrabinafsha nurlarning fotonlari bo'lsa, terining ancha ichki qismiga o'tadi va pigment qatlamda ushlanib qoladi, natijada u qorayadi.

Rentgen va gamma diapazonga to'g'ri kelgan fotonlarning energiyasi, ko'zga ko'rinadigan yorug'likning fotonlarnikiga nisbatan 10^4 - 10^7 marta katta bo'lgani uchun, organizmning ichiga bemalol kiradi. Jinsiy hujayralarning xromosomasiga ta'sir qilib, ular ayrim qismlarning bog'lanishini uzishi mumkin, natijada mutatsiya yuzaga keladi. Ko'pchilik mutatsiyalar o'tkinchi xarakterda bo'ladi, ammo goho yashab qolishga moyil mutatsiyalangan organizmlar ham paydo bo'lib, ular genetika va urug'chilikda o'simliklar, hayvonlar va mikroorganizmlarning yangi turlarini hosil qilishda ishlatiladi.

Fotonning impulsiga ega ekanligini tasdiqlovchi asosiy tajriba fakti bo'lib, 1922 yilda moddalardan rentgen nurlarini choshilishini o'rganishda ochilgan Kompton effekti hisoblanadi. 1923 yili A.Kompton va undan mustaqil ravishda P.Debay bu effektini kvant nazariya asosida tushuntirishdi. Qisqacha Kompton effektining mohiyatini ko'rib chiqaylik.

Klassik elektromagnit nazariyaga ko'ra, sochilgan nurlanishning chastotasi (yoki to'qin uzunligi) tushayotgan nurlanishning chastotasi bilan bir xil bo'lishi kerak. Haqiqatda, moddaga tushgan nurlanish elektronlarni majburiy tebrantiradi, natijada ular elektromagnit to'lqinlarni nurlantiradi. Bu holda to'lqinning chastotasi o'zgarmasligi lozim, chunki majburiy tebranishlar chastotasi, moddaga tushayotgan elektromagnit to'lqinning chastotasiga teng.

Shunday qilib, Kompton effekti fotonlarning mavjudligini va ular energiya va impulsiga ega ekanligini bevosita tasdiqlaydi.

3.5. Kasb-hunar kollejlari fizika kursida “Kvant fizikasi elementlari”ga doir mavzularni interfaol o'qitish texnologiyasi

O'quv fanining nomi: Fizika

MAVZU: Yorug'likning kvant nazariyasining vujudga kelishi. Yorug'lik kvantlari

I. Dars maqsadlari:

A. Ta'limiy maqsad:

- Fizikaning ijtimoiy mohiyati haqida kengroq tushuncha berish;
- Talabalarda yangi mavzu haqidagi tasavvurlarini uyg'otish va ma'lumotlar berish

B. Tarbiyaviy maqsadi:

- Mutahassislikka qiziqishni, mas'uliyat his-tuyg'ularini shakllantirish;
- O'quvchilarda insonparvarlik, mehr-shavqat tuyg'ularini shakllantirish;

C. Rivojlantiruvchi maqsad:

- O'quvchilarning fikrlash qobiliyatini o'stirish;
- Mavzuni o'rganish borasida o'quvchilarni ijodiy yondashishga yo'naltirish;

Darsdan kuzatilayotgan natijalar – mavzuni o'zlashtirgandan so'ng o'quvchilar quyidagi bilim va ko'nikmalarga ega bo'ladilar:

1. Yorug'likka doir asosiy tushuncha-terminlarning mazmun va mohiyatini anglab oladilar;
2. Yorug'likning to'lqin va kvant xossalari birligi kvant fizikasining asosiy formulalari bilan tanishadilar.
3. Yorug'likning kvant nazariyasi mazmun-mohiyati haqida bilib oladilar;

Ta'lim metodlari:

- *Munozara bahs;*
- *Suhbat.*

Baholash metodlari: 5 balli reyting tizimi.

Axborot manbalari va texnik vositalar: Rasmlar, stend, plakatlar, tarqatma materiallar, videoproektor va ppt-formatli taqdimot.

Darsga ajratilgan vaqt miqdori: 80 minut

Uyga vazifa: Yangi mavzuga doir formulalarni o'rganish, ulardan foydalanib masalalar yechish.

Darsning texnologik xaritasi

№	Mashg'ulot bosqichlari	Ajratilgan Vaqt	Mashg'ulot Mazmuni	Ta'lim metodlari	Ta'lim vositalari
1	Tashkiliy qism	3 daqiqa	Talabalar bilan salomlashish, guruh talabalarining davomati aniqlash, auditoriya tozaligini tekshirish, talabalar kiyinishiga e'tibor qaratish	kuzatish	
2	Kirish qismi (motivatsiya)	7 daqiqa	1.1. Yangi mavzu e'lon qili-nadi. Doskaga mavzuning no-mi, rejasi va asosiy tushunchalar yoziladi. 1.2. O'quv mavzusi maqsadi bilan tanishtiradi.	Ma'ruza, savol-javob	Rasmlar, stend, plakat, tarqatma materiallar

3	Yangi mavzuni bayoni	40 daqiqa	2.1. Avvalgi mavzu bo'yicha berilgan vazifa yuzasidan savol-javob va suhbat o'tkazadi. U asosida yangi mavzu-ni bayon qilib beradi. 2.2. O'qituvchi vizual materiallardan foydalangan holda yangi mavzuga aloqador barcha yangi tushuncha va iboralarini, shuningdek, yangi mavzuga aloqador ma-sala va testlarning ishlanishi haqida tushuncha beradi. O'quvchilarga ularning fizik mohiyatini tushuntiradilar. 2.3. Mavzuga oid taqdimotni namoyish qiladi. 2.4. O'quvchilarni mavzuning asosiy tushunchalariga e'tibor qaratadi.	Aqliy hujum	Rasmlar, stend, plakat, tarqatma materiallar, videoproektor
4	Mustahkamlash (qo'llash)	20 daqiqa	2.5. Yangi tushunchalarga oid taqdimotni namoyish qiladi. 2.6. O'quvchilarni mavzuning asosiy tushunchalari yozib olishlarini ta'kidlaydi.	savol-javob	tarqatma savollar, videoproektor
5	Yakuniy qism	10 daqiqa	3.1. Mavzuga yakun yasaydi va o'quvchilar e'tiborini asosiy masalalarga qaratadi. Faol ishtirok etgan o'quvchilarni rag'batlantiradi. 3.2. Mustaqil ishlash		To'rayeva 3-qism, 64-§

			uchun mavzuga oid ma'lumot to'p-lash va ularni o'rganib kelish vazifasini beradi.		
--	--	--	---	--	--

Oqituvchi:

(Familiyasi, ismi, sharifi)

(imzo)

O'quv fanining nomi: Fizika

MAVZU: Fotoeffekt hodisasi. Fotoeffekt qonunlari. Eynshteyn tenglamasi

I. Dars maqsadlari:

A. Ta'limiy maqsad:

- *Egallangan bilimlarni mustahkamlash;*
- *Talabalarga mavzuviy fizik kattaliklar haqida ma'lumotlar berish va ularning fikrlash doirasini kengaytirish;*

B. Tarbiyaviy maqsadi:

- *O'quvchilarni estetik ruhda tarbiyalash;*
- *Vatanga muhabbat, ishonch tuyg'ularini rivojlantirish;*

C. Rivojlantiruvchi maqsad:

- *O'quvchilarning eslab qolish qobiliyatini o'stirish;*
- *Mavzuni o'rganish borasida o'quvchilarni ijodiy yondashishga yo'naltirish;*

Darsdan kuzatilayotgan natijalar – mavzuni o'zlashtirgandan so'ng o'quvchilar quyidagi bilim va ko'nikmalarga ega bo'ladilar:

1. Fotoeffekt hodisasi bilan tanishadilar
2. Fotoeffekt qonunlarining mazmun va mohiyatini anglab oladilar;
3. Fotoeffekt uchun saqlanish qonuni – Eynshteyn tenglamasini bilib oladilar;

Ta'lim metodlari:

- *Savol-javob;*
- *6*6 ;*

Baholash metodlari: 5 balli reyting tizimi.

Axborot manbalari va texnik vositalar: Rasmlar, stend, plakatlari, tarqatma materiallar, videoproektor va ppt-formatli taqdimot.

Darsga ajratilgan vaqt miqdori: 80 minut

Uyga vazifa: Yangi mavzuga doir formulalarni o'rganish, ulardan foydalanib masalalar yechish.

Darsning texnologik xaritasi

№	Mashg'ulot bosqichlari	Ajratilgan Vaqt	Mashg'ulot Mazmuni	Ta'lim metodlari	Ta'lim Vositalari
1	Tashkiliy qism	3 daqiqa	Talabalar bilan salomlashish, guruh talabalarining davomati aniqlash, auditoriya tozaligini tekshirish, talabalar kiyinishiga e'tibor qaratish	kuzatish	
2	Kirish qismi (motivatsiya)	7 daqiqa	1.1. Yangi mavzu e'lon qili-nadi. Dskaga mavzuning no-mi, rejasi va asosiy tushunchalar yoziladi. 1.2. O'quv mavzusi maqsadi bilan tanishtiradi.	Ma'ruza, savol-javob	Rasmlar, stend, plakat, tarqatma materiallar
3	Yangi mavzuni bayoni	40 daqiqa	2.1. Avvalgi mavzu bo'yicha berilgan vazifa yuzasidan savol-javob va suhbat o'tkazadi. U asosida yangi mavzuni bayon qilib beradi. 2.2. O'qituvchi vizual materiallardan foydalangan holda yangi mavzuga aloqador barcha yangi tushuncha va iboralarni, shuningdek, yangi mavzuga aloqador ma-sala va testlarning ishlanishi haqida tushuncha beradi. O'quvchilarga ularning fizik mohiyatini tushuntiradilar. 2.3. Mavzuga oid	Aqliy hujum	Rasmlar, stend, plakat, tarqatma materiallar, videoproektor

			taqdimotni namoyish qiladi. 2.4. O'quvchilarni mavzuning asosiy tushunchalariga e'tibor qaratadi.		
4	Mustahkamlash (qo'llash)	20 daqiqa	2.5. Yangi tushunchalarga oid taqdimotni namoyish qiladi. 2.6. O'quvchilarni mavzuning asosiy tushunchalari yozib olishlarini ta'kidlaydi.	savol-javob	tarqatma savollar, videoproektor
5	Yakuniy qism	10 daqiqa	3.1. Mavzuga yakun yasaydi va o'quvchilar e'tiborini asosiy masalalarga qaratadi. Faol ishtirok etgan o'quvchilarni rag'batlantiradi. 3.2. Mustaqil ishlash uchun mavzuga oid ma'lumot to'p-lash va ularni o'rganib kelish vazifasini beradi.		To'rayeva 3-qism, 65-66-§

Oqituvchi:

(Familiyasi, ismi, sharifi)

(imzo)

O'quv fanining nomi: Fizika

MAVZU: Foton va uning xarakteristikalar. Fotoeffektning qo'llanilishi

I. Dars maqsadlari:

A. Ta'limiy maqsad:

- Nazariy bilimlarni egallash va mustahkamlash;
- Talabalarga yangi mavzu haqida ma'lumotlar berish va ularning fikrlash doirasini kengaytirish

B. Tarbiyaviy maqsadi:

- Milliy g'oya va mafkurani o'quvchilar ongida shakllantirish;
- O'quvchilarni vatanparvarlik ruhida tarbiyalash;

C. Rivojlantiruvchi maqsad:

- O'quvchilarning tasavvurlarini kengaytirish;
- O'quvchilarda mustaqil fikrlashni, mustaqil mulohaza yuritish ko'nikmalarini shakllantirish;

Darsdan kuzatilayotgan natijalar – mavzuni o'zlashtirgandan so'ng o'quvchilar quyidagi bilim va ko'nikmalarga ega bo'ladilar:

1. Foton va uning kattaliklarining mazmun-mohiyatini bilib oladilar;
2. Fotoeffektning qo'llanilishi haqida tushunchalarga ega bo'ladilar.

Ta'lim metodlari:

- Aqliy hujum; BBB;

Baholash metodlari: 5 balli reyting tizimi.

Axborot manbalari va texnik vositalar: Rasmlar, stend, plakatlari, tarqatma materiallar, videoproektor va ppt-formatli taqdimot.

Darsga ajratilgan vaqt miqdori: 80 minut

Uyga vazifa: Yangi mavzuga doir formulalarni o'rganish, ulardan foydalanib masalalar yechish.

Darsning texnologik xaritasi

№	Mashg'ulot bosqichlari	Ajratilgan Vaqt	Mashg'ulot Mazmuni	Ta'lim metodlari	Ta'lim Vositalari
1	Tashkiliy qism	3 daqiqa	Talabalar bilan salomlashish, guruh talabalarining davomati aniqlash, auditoriya tozaligini tekshirish, talabalar kiyinishiga e'tibor qaratish	kuzatish	
2	Kirish qismi (motivatsiya)	7 daqiqa	1.1. Yangi mavzu e'lon qili-nadi. Dskaga mavzuning no-mi, rejasi va asosiy tushunchalar yoziladi. 1.2. O'quv mavzusi maqsadi bilan tanishtiradi.	Ma'ruza, savol-javob	Rasmlar, stend, plakat, tarqatma materiallar
3	Yangi mavzuni bayoni	40 daqiqa	2.1. Avvalgi mavzu bo'yicha berilgan vazifa yuzasidan savol-javob va suhbat o'tka-	Aqliy hujum	Rasmlar, stend, plakat, tarqatma materiallar,

			zadi. U asosida yangi mavzu-ni bayon qilib beradi. 2.2. O'qituvchi vizual materiallardan foydalangan holda yangi mavzuga aloqador barcha yangi tushuncha va iboralarni, shuningdek, yangi mavzuga aloqador ma-sala va testlarning ishlanishi haqida tushuncha beradi. O'quvchilarga ularning fizik mohiyatini tushuntiradilar. 2.3. Mavzuga oid taqdimotni namoyish qiladi. 2.4. O'quvchilarni mavzuning asosiy tushunchalariga e'tibor qaratadi.		videoproektor
4	Mustahkamlash (qo'llash)	20 daqiqa	2.5. Yangi tushunchalarga oid taqdimotni namoyish qiladi. 2.6. O'quvchilarni mavzuning asosiy tushunchalari yozib olishlarini ta'kidlaydi.	savol-javob	tarqatma savollar, videoproektor
5	Yakuniy qism	10 daqiqa	3.1. Mavzuga yakun yasaydi va o'quvchilar e'tiborini asosiy masalalarga qaratadi. Faol ishtirok etgan o'quvchilarni rag'batlantiradi. 3.2. Mustaqil ishlash uchun mavzuga oid ma'lumot to'plash va ularni o'rganib kelish vazifasini beradi.		To'rayeva 3-qism, 67-68 §

Oqituvchi:

(Familiyasi, ismi, sharifi)

(imzo)

3.5. Pedagogik sinov-tajriba ishlarining mazmuni va uni o'tkazish

Ma'lumki, ta'lim jarayonining samaradorligi o'quv-tarbiya jarayonida qo'yilgan maqsad va erishilgan natija o'rtasidagi farqni izohlaydi. Ta'lim jarayonida qo'yilgan maqsad va erishilgan natija o'rtasidagi tafovut qancha kam bo'lsa, ta'lim shuncha samarador sanaladi. Samaradorlikning sifat ko'rsatgichlari bilim va faoliyat usullarini egallashga ko'ra aniqlanadi. Miqdor ko'rsatgichlari esa ta'lim maqsadi va talabalar erishgan bilim, ko'nikma, malakalar orasidagi farqqa ko'ra aniqlanadi.

Yuqorida keltirilgan tavsiyalar asosida, "Kvant fizikasi elementlari"ga bag'ishlangan mavzularni o'qitishga doir pedagogik sinov-tajriba ishlari 2016-2017 o'quv yilida, Bo'z tibbiyot kollejida o'tkazildi.

Ushbu pedagogik sinov-tajribasining maqsadi –"Kvant fizikasi elementlari" mavzulari bo'yicha mavjud o'quv va tarqatma vositalarni o'quvchilarning mazkur mavzularni o'rganish va o'zlashtirish saviyasi, ularning mustaqil faoliyatini kuchayishi samaradorligini aniqlashdan iboratdir.

Taklif qilingan ilg'or pedagogik usullar va tadqiq qilinayotgan masalalar bo'yicha metodning samarasini aniqlash uchun tajriba (davolash ishi yo'nalishi 233-guruh) va nazorat (davolash ishi yo'nalishi 234-guruh)guruhlarida har bir mavzu o'tilgandan so'ng va bo'lim oxirida nazorat ishlari va test sinovlari o'tkazildi.

Tekshirish ishlaridan maqsad, tavsiya qilingan metodni "Kvant fizikasi elementlari" mavzulariga oid nazariy bilimlarni shakllantirishdagi afzalliklarini aniqlashdan iborat va aynan:

a) tanlab olingan metodlarni "Kvant fizikasi elementlari" mavzulariga oid bilimlarni shakllantirish va rivojlantirish uchun maqsadga muvofiqligi;

- b) o'quvchilarni tadqiq qilinayotgan masalalar bo'yicha bilimlarining qay darajada mustahkamligi;
- d) shu bo'limga oid tushunchalarni ongli ravishda o'zlashtirib olishlari va ularni shu kursni o'rganishning keyingi bosqichlarida qo'llay bilishi;
- e) o'quvchilarning o'quv jarayonidagi mustaqil fikrlash faoliyati;
- f) tadqiq qilinayotgan masalalar bo'yicha o'quvchilarning ko'nikma va malakalarini aniqlashdir.

Guruhlarda nazorat ishlarini o'tkazish uchun tadqiq qilinayotgan masalalarni o'ziga qamrab olgan savollar, shuningdek test topshiriqlari tuzildi. Nazorat savollari kasb-hunar kollejlari uchun "Fizika" darsligining "Kvant fizikasi elementlari" mavzularidan olindi. Undan tashqari "Kvant fizikasi elementlari" mavzularini o'qitishda innovatsion texnologiyalaridan foydalanish dolzarb vazifa ekanligi e'tiborga olindi.

Shu sababli, "Kvant fizikasi elementlari" mavzularini o'qitishda kompyuter va axborot texnologiyalari imkoniyatlaridan foydalanish holatiga katta e'tibor qaratildi. Mazkur mavzularni o'zlashtirishda elektron qo'llanmalar va darsliklardan, multimediali dasturiy mahsulotlardan hamda EHM yordamida o'quvchilar bilimi nazoratini avtomatlashtirish uslublaridan samarali foydalanishga o'tish lozimligi qo'shimcha tavsiya sifatida aniqlandi. Shunig natijasi o'laroq, "Kvant fizikasi elementlari" mavzularini o'qitish borasida o'zbek tilidagi elektron vositalar, laboratoriya sharoitida ko'zga ko'rinmaydigan jarayonlarni ko'rsatish imkonini beradigan virtual laboratoriya ishlari va multimediali dasturiy mahsulotlar zudlik bilan yaratilishi va ta'limga joriy etilishi kun tartibidagi dolzarb vazifa ekanligi oydinlashdi.

"Kvant fizikasi elementlari" mavzulari bo'yicha laboratoriya, ayniqsa virtual laboratoriya ishlarini bajarish fizikaning boshqa bo'limlaridagi kabi o'quvchilarga mustahkam bilim berish garovidir. Bunday laboratoriya ishlarini bajarish o'quvchilar bilimini mustahkamlash bilan bir qatorda ularda fizik asboblari va o'lchov asboblari bilan ishlash ko'nikmasini hosil qiladi, nazariy bilimlarning to'g'riligi amaliyotda qo'llanilishi haqida tasavvurni hosil qiladi. Lekin, bunday

laboratoriya ishlarini bajarish uchun yetarli asbob-uskunalarga ega bo'lmagan holda virtual laboratoriya stendlaridan foydalanish mumkin. Kompyuterlarda dasturlash tizimi orqali laboratoriya qurilmalarining immitatorlarini monitorda ko'rib, fizik jarayonlarni ularning turli parametrlarini o'zgartirish orqali kuzatiladi. "Kvant fizikasi elementlari" mavzularini o'rganish jarayonida mantiqiy, miqdoriy va ayniqsa, eksperimental shakldagi masalalar tuzish, ularni o'quvchilar bilan birgalikda yechish hamda mustaqil mashg'ulotlarni tashkil etish muhim ahamiyatga egadir.

Pedagogik sinov-tajribasi mavjud elektron vositalar va animatsion materiallar asosida nazorat savollari, test vazifalari, virtual laboratoriya ishlari qisman qo'llab, sinab ko'rildi (6-jadval).

6-jadval.

O'quvchining mavzularini o'rganganlik darajasini aniqlash

№	Nazorat sohasi	Vazifalar	Egallash darajasi
1.	"Kvant fizikasi elementlari" bo'limiga doir nazariy bilimlarni o'zlashtirish darajasi	Nazorat savollari va test topshiriqlari	qoniqarsiz, qoniqarli, ya xshi, a'lo
2.	"Kvant fizikasi elementlari" mavzulari bo'yicha tayyorlangan elektron taqdimotni dars jarayonida qo'llash orqali olingan bilimlar saviyasi	Eelektron taqdimotni o'rganish, mustaqil namoyish qilish	qoniqarsiz, qoniqarli, ya xshi, a'lo
3.	"Kvant fizikasi elementlari" bo'limiga doir referatlar tayyorlash, test va masalalar yechish ko'nikmasi	Obzor xarakterdagi mustaqil ishlar yozish, test topshiriqlari va masalalar yechish	qoniqarsiz, qoniqarli, ya xshi, a'lo

Shuningdek, o'quvchilarining fizikaga qiziqishlarini orttirishda kompyuter hamda axborot texnologiyalaridan foydalanishning pedagogik tajriba-sinovi o'tkazildi. Tadqiqot jarayonida mashg'ulotlarda har biri 29 nafar o'quvchidan iborat 1 ta tajriba (davolash ishi yo'nalishi 233-guruh), 1 ta nazorat (davolash ishi yo'nalishi 234-guruh) guruhi tanlab olindi.

7-jadvalda “Kvant fizikasi elementlari” bo’limiga doir virtual laboratoriya ishlari bo’yicha tajriba va nazorat sinfida o’tkazilgan sinov ishlarining natijalari ko’rsatilgan.

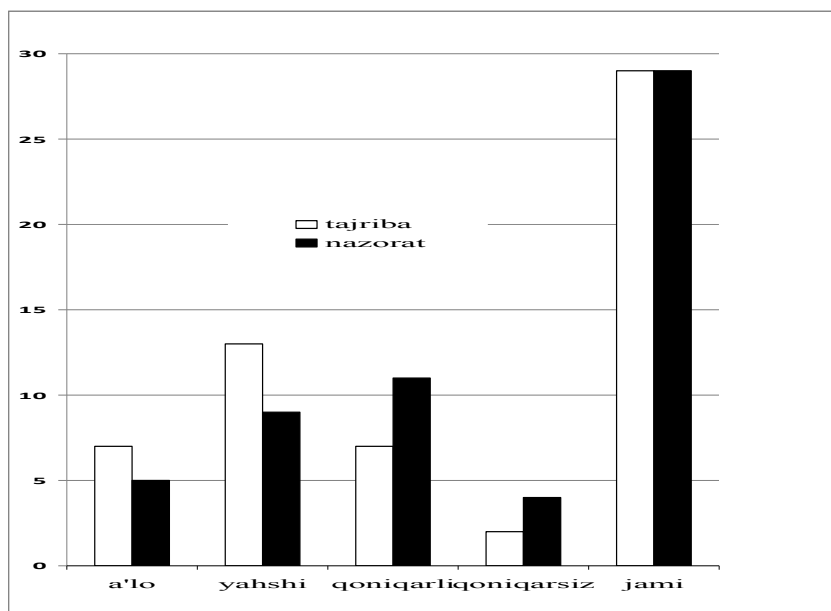
7-jadval

Nazorat va tajriba sinflarida o’tkazilgan tajriba sinov natijalari

O’quv yili	O’quvchi soni	Tajriba / nazorat guruhlari			
		A’lo “5”	Yaxshi “4”	Qoniqarl i “3”	Qoniqar siz “2”
	Tajriba/Nazorat				
2016-2017	29/29	7/5	13/9	7/11	2/4

Har bir o’quvchi bittadan laboratoriya ishini bajardi va ularning olgan bilimlari reyting sistemasidagi mezonlar asosida baholandi.

Quyidagi rasmda esa nazorat va tajriba sinflarida o’tkazilgan tajriba sinov natijalarining diagrammasi keltirilgan.



3.8-rasm. 2016-2017
o’quv
yilidagi pedagogik
sinov-tajriba natijalari

Bobga doir qisqacha xulosalar

1. O’qituvchi tomonidan dars o’tish uchun interfaol metodining to’g’ri tanlanishi va darsning to’g’ri rejalashtirilishi ta’lim jarayoni samaradorligini orttirishi;

2. Dars mobaynida o'qituvchi foydalangan interfaol metod bevosita o'quvchilarni mavzuni yaxshi o'zlashtira olishiga xizmat qilishi sababli tanlangan metod mavzu ko'lamini va mazmuniga mos kelishi;
3. Yangi mavzuni avvalgi mavzu bilan bog'lab bayon qilish, olingan bilimlarni mustahkamlanib borilishini ta'minlovchi garov ekanligi;
4. Dars o'tishda turli interaktiv ko'rgazmalar, kompyuterlashgan vositalar va tarqatma materiallardan foydalanish ta'lim jarayoni sifatini orttirishi;
5. Uyga vazifa va qo'shimcha topshiriqlar berish o'quvchilarni mustaqil ishlashga o'rgatishi;
6. Bob yoki kurs yakunida o'tkaziladigan nazorat ishlari samaradorlikni belgilovchi muhim omili bo'lib xizmat qilishi kabilarni bobning yakuniy mulohazalari sifatida keltirib o'tamiz.

ASOSIY XULOSALAR

1. Respublikamizda akademik litseylarning umumiy soni 80 dan ortiq. Demak, aniq fan yo'nalishlarining soni faoliyat ko'rsatayotgan barcha akademik litseylarning taqriban to'rtidan bir qismiga to'g'ri keladi, aniq fan yo'nalishi bo'yicha 720 soatli dastur asosida fizika fanini o'qiydigan o'quvchilar soni nisbatan juda ham kam. Aynan shu holda asosiy e'tibor 144 soatli dastur bilan ish ko'radigan kasb-hunar kollejlari va akademik litseylarga qaratilmog'i kerak bo'ladi. Buning uchun umumta'lim fizika o'quv fanlari mazmuni hozirgi sharoitda bo'lajak ixtisoslik o'quv fanlari mazmuni bilan o'zaro aloqada bo'lishligi, nafaqat fizika o'quv materiallarini o'zlashtirishni osonlashtiradi, balki bu fanga bo'lgan qiziqishni ham oshiradi. Shu munosabat bilan barcha turdagi kasb-hunar kollejlarining turli mutaxassisliklari uchun fizika o'quv dasturini ishlab chiqish ehtiyoji yuzaga keladi.

2. Bugungi kunga kelib akademik litsey va kasb-hunar kollejlari talabalari uchun fizika fanidan darslik va o'quv qo'llanmalar ta'limiga joriy qilingan. Ushbu darslik va o'quv qo'llanmalarning ilmiy-uslubiy tahlili ularda umumta'lim maktablari adabiyotlaridagidek quyidagi muammolar mavjud ekanligini ko'rsatdi:

a. Ushbu o'quv adabiyotlari biri ikkinchisini takrorlaydi, ya'ni bir darslikdagi mavzu boshqa darsliklarda ham qisman berilgan;

b. O'quv adabiyotlarining nashr etilishi bo'yicha sifatini halqaro andozalarga moslashtirish maqsadga muvofiqdir;

d. O'zbek tilidagi yagona fizik terminlarga o'tish to'la hal qilinmagan;

e. O'quv adabiyotlaridagi mavzular matnini qiziqarliroq va mazmunan chuqurroq shaklda yozish maqsadga muvofiqdir;

3. Tashqi fotoeffektda yuz beradigan jarayonni uchta bosqichga bo'lish mumkin ekan: fotonning elektron tomonidan yutilishi, elektronni metall sirtiga harakati va oxiri metall-vakuum hosil qilgan potensial to'siqni engib metall sirtini tashlab chiqib ketishi.

Tashqi fotoeffektga asoslangan fotoelementlarning afzalligi – fototokning nagruzka o'zgarganda o'zgarmasligi ekan;

4. Qarshlik o'rniga sig'im ulash va sig'imdagi kuchlanishni o'lchab, bir qator muhim kattaliklarni, masalan, stabillashmagan manbadan tushayotgan yorug'lik oqimini, fotosignallarni o'lchash mumkin.

5. Uzun to'lqinli (infraqizil) diapazonda ishlovchi maxsus fotoelementlar texnikada ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish va nazorat qilishda, tasvir uzatish va televideniya lazerlarga asoslangan optic aloqa va hokazolarda ishlatiladi;

6. Dars mobaynida foydalanilgan interfaol metodlar bevosita o'quvchilarni mavzuni yaxshi o'zlashtira olishiga xizmat qilishi kerak. Shu sababdan tanlangan metod mavzu ko'lamini va mazmuniga mos kelishi maqsadga muvofiqdir;

7. Yangi mavzuni oldingi mavzu bilan bog'lagan holda bayon qilish olingan bilimlarni mustahkamlanib borilishini ta'minlaydi;

8. Dars o'tishda ko'rgazmali qurol va tarqatma materiallardan foydalanish ta'lim jarayoni sifatini oshiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. O'zbekiston Respublikasi qonuni. "Ta'lim to'g'risida". Toshkent, "Sharq" nashriyoti, 1997 y., – 24 b.
2. O'zbekiston Respublikasi qonuni. "Kadrlar tayyorlash milliy dasturi to'g'risida". Toshkent, "Sharq" nashriyoti, 1997 y., – 35 b.
3. Karimov I.A. "Yuksak ma'naviyat - yengilmas kuch". Toshkent, "Ma'naviyat" nashriyoti. 2008 y., – 176 b.
4. Каримов И.А. Баркамол авлод - Ўзбекистон тараққиётининг пойдевори.- Шарқ, 1998 й., -225 б.
5. Turdiev N. Fizika o'qitish metodikasi. O'rta maktab o'qituvchilari uchun qo'llanma. – Toshkent: "O'qituvchi", 2003 y., -128 b.
6. Yo'ldoshev J. G'., Usmonov S.A. Innovatsion ta'lim texnologiya asoslari. T. O'qituvchi. 2004 y., - 175 b .
7. Yo'ldoshev J.G'., Usmonov S.A. Zamonaviy texnologiyalarni amaliyotga joriy qilish. - Toshkent: Fan va texnologiya, 2008 y. – 130 b.
8. Kamoldinov M., Vahobjonov B. Innovatsion pedagogik texnologiyalar asoslari. T. O'qituvchi. 2007. -80 b.
9. Физика, 3-қисм: маърузалар матни. Академик лицейлар учун/ Худойберганов А.М., Турсунметов К.А., Фаттахов ва бошқ. – Т.: "Ўқитувчи", 2001-йил. -352 бет.

10. Ismoilov M., Xabibullaev P., Xaliulin M. Fizika kursi. Toshkent.: O'zbekiston, 2000-yil, -302 b.
11. O'lmasova M. va boshqalar. "Fizika" (Elektr, optika, atom va yadro fizikasi) T.: O'qituvchi, 1995-yil, -288 b.
12. Begimqulov U.Sh., Sattorova B. Fizika va astronomiya o'qitishda axborot texnologiyalari. O'quv qo'llanma. – T.: 2004 y. - 254 b.
13. Турсунов Ў.Ш. Физикада белгили моделлар. - Методик қўлланма, Тошкент, "Ўқитувчи", 1994 й. – 87 б.
14. Эвенчик. Е., Шамин С.Я., Орехов В.А. Ўрта мактабда физика ўқитиш методикаси. Механика.-Тошкент, "Ўқитувчи", 1989 й. – 298 б.
15. Бугаев А. И. Методика преподавания физики в средней школе. –М: Просвещение, 1981 г., - 347 с.
16. Шпольский Э.В. Атом физикаси. 1-том. Атом физикасига кириш. Тошкент: Ўқитувчи, 1970 йил. -584 б.
17. Физика, маърузалар матни. Академик лицейлар учун, 1-қисм: / Худойберганов А.М., Турсунметов К.А., Фаттахов ва бошқ. – Т.: "Ўқитувчи", 2001 й., -352 бет.
18. www.pedagog.uz.
19. www.ziynet.uz.
20. www.fizika.ru