

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

Qo'lyozma huquqida

Azimova (Sobirova) Odina

**AKADEMIK LITSEY VA KASB-HUNAR KOLLEJLARI FIZIKA
KURSIDA “FOTOEFFEKT HODISASI VA UNING QO'LLANILISHI”GA
DOIR MAVZULARNING O'QITILISHI**

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 – 2016 yil

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
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	6
1.2. O'rta maxsus ta'lim tizimida fizika fanidan darslik va o'quv qo'llanmalar	9
Bob yuzasidan qisqacha xulosalar.....	11
2-BOB. "FOTOEFFEKT HODISASI VA UNING QO'LLANILISHI"GA DOIR MAVZULARNING MAZMUNI	13
2.1. Fotoelektron emissiya muammosi	14
2.2. Elektronlar emissiyasi. F.Lenard tajribalari	16
2.3. Fotoelektronlar uchun Eynshteyn tenglamasi	21
2.4. Milliken tajribasi va Plank doimiysini aniqlash	23
2.5. Tashqi fotoeffektga asoslangan asboblari. Fotoelementlar	24
2.6. Yarimo'tkazgichlardagi ichki fotoeffekt asosidagi asboblari ...	26
2.7. Fotorezistorlar	29
2.8. Yarimo'tkazgichli fotodetektorlar va fotodiodlar	35
Bob yuzasidan qisqacha xulosalar.....	38
3-BOB "FOTOEFFEKT HODISASI VA UNING QO'LLANILISHI"GA DOIR MAVZULARNI O'QITILISHI	
3.1. Bobni o'qitishga doir umumiy mulohazalar	40
3.2. "Fotoeffekt va uning qonunlari" mavzusini o'qitish	41
3.3. "Fotoeffektning qo'llanilishi" mavzusini o'qitishga doir tavsiyalar	47
3.4. Akademik litseylar fizika kursida "Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi"ga doir mavzularning o'qitish texnologiyasi.....	50
3.5. Pedagogik sinov-tajriba ishlarining mazmuni va uni o'tkazish	58
Bob yuzasidan qisqacha xulosalar.....	61
ASOSIY XULOSALAR	63
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	65

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.

Hozirgi kunga kelib, turmushda va texnikada keng qo'llanilayotgan elektron qurilmalar ishlashi asosida fotoeffekt hodisasi yotadi. Ammo, "Fotoeffektning o'zi nima?", "Uning qanday turlari bor?" kabi savollarga javob bermay turib, fotoeffektning qo'llanilishi va tadbiri to'g'risida gapira olmaymiz.

Yorug'lik ta'sirida elektronlarning moddalardan ajralib chiqish hodisasi tashqi fotoeffekt deyiladi. Bu hodisani 1887-yilda G.Gers kashf qilgan va u 1890-yilda rus fizigi A.Stoletov tomonidan o'rganilgan.

Agar tashqi fotoeffekt asosan o'tkazgichlarda ro'y berishi va ulardagi elektronlarning atom va molekulalarga bog'lanish energiyasi juda kichikligini e'tiborga olsak, elektronlar atomlar va molekulalardan ajralib chiqishiga ishonch hosil qilamiz.

Agar atom yoki molekuladan ajratib olingan elektron moddaning ichida erkin elektronlar sifatida qolsa, bunday hodisaga ichki fotoeffekt deyiladi. Ichki fotoeffekt asosan yarimo'tkazgichlarda kuzatilib, 1908-yilda rus fizigi A.Ioffe tomonidan o'rganilgan.

Yarimo'tkazgichlarda fotoeffekt hodisasi yuz bersa, fotoelektronlar erkin zaryad tasuvchi zarralar – erkin elektronlar va teshiklar sonining ortishiga olib keladi. Boshqacha aytganda, foton valent zonadagi elektronni o'tkazuvchanlik

zonasiga o'tkazadi. Natijada o'tkazuvchanlik zonasidagi erkin elektronlar va teshiklar soni ortadi, ya'ni yarimo'tkazgichning o'tkazuvchanligi yaxshilanadi. Shuning uchun ichki fotoeffekt fotoo'tkazuvchanlik ham deyiladi. Shuni ta'kilash kerakki, fotoo'tkazuvchanlik ro'y berishi uchun fotonning energiyasi man qilingan zonaning energiyasidan katta bo'lishi kerak. Aks holda, fotonning energiyasini olgan elektron, man qilingan zonadan sakrab o'ta olmaydi va demak, ichki fotoeffekt yuz bermaydi.

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 yorug'likning korpuskulyar-to'lqin dualizmi 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** - fotoeffektning har ikkala turi asosida ishlovchi fizik qurilma va asboblardan foydalanishni o'rganishdan iborat qilib belgilandi.

Bitiruv malakaviy ishining vazifasi: fotoeffekt va uning qo'llanilishi 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: fotoeffekt va uning qo'llanilishiga doir mavzularning mazmuni, ko'lam va izchilligini ta'minlanish darajasini o'rganish, bu mavzularni 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 fotoeffekt va uning qo'llanilishiga doir mavzularning mazmuni va bu mavzularni o'qitish masalalarini o'rganishdan iborat.

Bitiruv malakaviy ishining ilmiy-farazi va yangiligi: ishda fizikada fotoeffekt hodisasining 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 TASHKILIIY 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-hunar 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 kollejlarda 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 kollejlarda 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
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 induktsiya	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 kollejlarida 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 kollejlarining 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'llanmalarning 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. “FOTOEFFEKT HODISASI VA UNING QO’LLANILISHI”GA DOIR MAVZULARNING MAZMUNI

Fotoelektron emissiya hodisasi korpuskulyar xarakterga ega bo’lib, yorug’likning to’lqin tabiatini inkor qiladi. SHu bilan u butun klassik fizikaga qarshi chiqadi. Bu bobni yozishdan asosiy maqsad fotoelektron emissiya effektini klassik va kvant nazariya asosidan kelib chiqqan holda taqqoslash, kvant fizikani mohiyatini ochishdir. Bu hodisani o’rganish uchun o’tkazilgan tajribalar Plank g’oyasini tasdiqlovchi dastlabki eskperimentlardan biridir.

Mazkur tajribalarning asosiy maqsadi - kichkina energiya sohalari (1 eV - 10 eV) uchun yorug’lik nurlanishini kvantlanishini ko’rsatish, Lenard tajribalari, Eynshteyn tajribasi va Milliken tajribalari orqali fotoelektron effektini kvant xarakterga ega ekanligini tekshirish va tasdiqlash. Shuningdek, yana bir maqsad eskperimentlardan bevosita Plank doimiysini topish mumkinligini va Plank doimiysini universal domiylik ekanligini ko’rsatish.

Mazkur bobda quyidagi olimlar haqida so’z ketadi:

1. Lenard Filipp. Katod nurlanishini o’rganishdagi ishlari uchun 1905 yilda Nobel mukofotiga sazovor bo’lgan.

2. Jozef Jon Tomson (1856-1940). 1906 yilda o’tkazuvchanlik hodisalari uchun Nobel mukofotiga sazovor bo’lgan. 1897 yilda Tomson elektronning zaryadini birinchi bo’lib o’lchagan.

3. Albert Eynshteyn (1879-1955). Germaniyaning Ulm shahrida tug’ilgan. 1914-33 yillarda Germaniyada ishlagan. So’ng umrining oxirigacha Amerikada yashagan. 300 dan ortiq ilmiy asar yozgan. XX asrning genial fizigi. 1921 yilda nazariy fizikada va ayniqsa fotoelektrik effekti hodisasini kashf etgani uchun Nobel mukofotiga sazovor bo’lgan.

4. Robert Endrus Milliken (1868-1953). Amerikada Illinoys shtatidagi Morrison shahrida tug’ilgan. Aberlin kollejini bitirgan. 1910 yilda elektron zaryadini aniqlagan. 1923 yilda Nobel mukofotiga sazovor bo’lgan.

2.1. Fotoelektron emissiya muammosi

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

Xo'sh, nima uchun klassik nazariya fotoelektron emissiya effekti jarayonini tushuntirishga qurbi etmaydi, axir uning nuqtai nazaridan ham bu hodisa joizku. Birinchi qaraganda fotoelektron emissiya effektini 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. Eskperiment - oliy hakam. Eskperimentning 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 $v > v_0$ (v_0 -chegaraviy chastota) chastotalarda tushayotgan nurlanish shu zahotiyuq ($\sim 10^{-7}s$) metall sirtidan elektronlarni urib chiqaradi. Eskperiment—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.

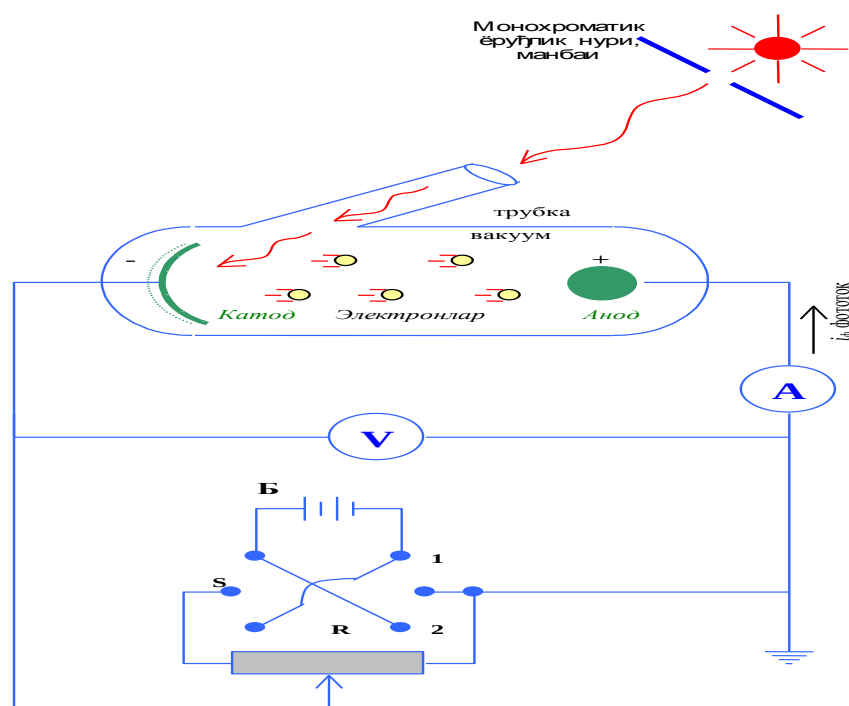
2.2. Elektronlar emissiyasi. F. Lenard tajribalari

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:

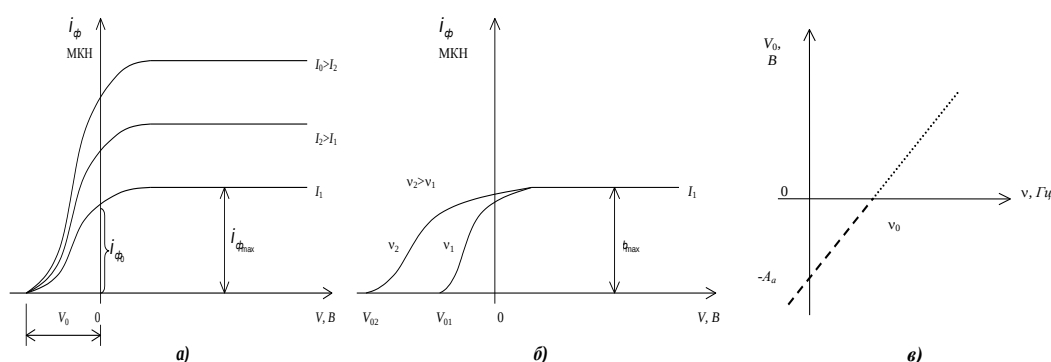
1. Kaliy yoki volframdan tayyorlangan K - metall plastinkaga $\nu \geq 10^{15}$ Hz chastotaga ega bo'lgan yorug'lik nurlanishi tushganda, undan manfiy zaryadlangan zarralar ajralib chiqadi va ular A - musbat elektrod tomon harakat qiladilar;
2. Zarralar emissiyasi bo'lishi uchun trubkada yuqori vakuum 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

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

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-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

$$K_{\max} = eV_0, \quad (3)$$

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 (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. (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 ($i_{\phi_{\max}} = \text{const}$) 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 ν ni chiziqli bog'lanish o'z navbatida metall sirtidan chiqayotgan metallarning maksimal kinetik energiyasini (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.

3-jadval.

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. Fotoelektronlar 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 qonuni (3.3) ga ko'ra

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

Bu ifodani fotoeffekt uchun yozamiz, ya'ni

$$h\nu - A = 0 + K_{\max} \quad (4)$$

(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).

(4) ni qulay shaklda yozaylik:

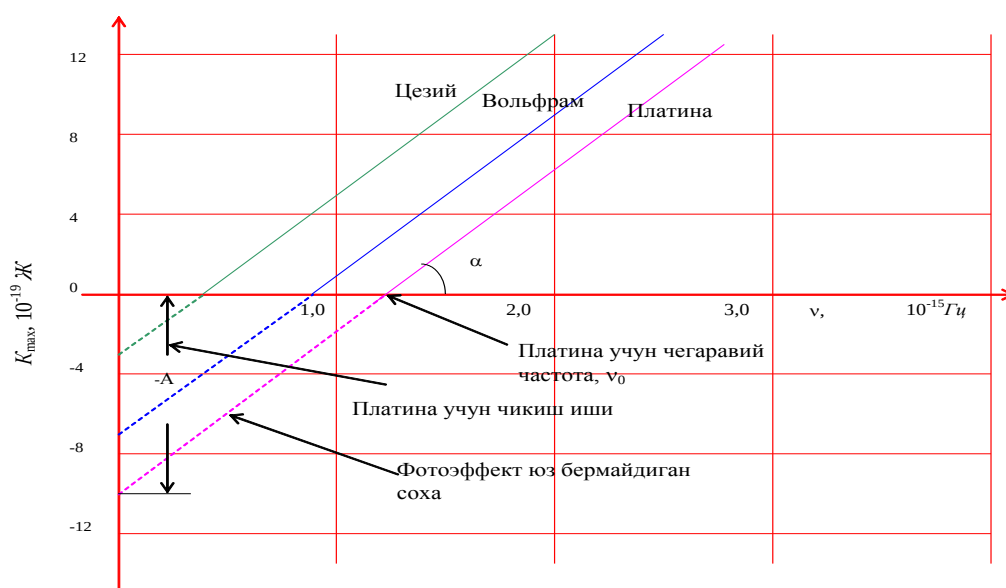
$$K_{\max} = eV_0 = h\nu - A. \quad (5)$$

(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 qarasak, 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.

(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 (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

$$h\nu_0=A. \quad (6)$$

(6) formuladan metallarni chiqish ishini aniqlashda foydalaniladi.

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

$$i = aT^2 \cdot e^{-\frac{A}{kT}} \quad (7)$$

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

(5) tenglamani (6) ni e'tiborga olgan holda

$$K_{\max} = h\nu - h\nu_0 \quad (8)$$

ko'rinishga keltirish mumkin.

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

chegarasi) tushayotgan nurlanishning energiyasi kichik. SHuning uchun (8) formulaga ko'ra metall sirtidan elektronni uzib chiqarishga uni kuchi etmaydi. Demak, fotoeffekt sodir bo'lmaydi. 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

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

ga teng.

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

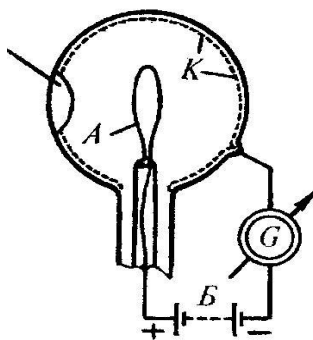
Fotoeffektga qisqacha xulosa yasaymiz:

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 (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 zahotiyoc 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.

Vakuumli 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 – seziqli 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 ($t=10^{-6}$ va 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'liqlik 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 modddadan 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.

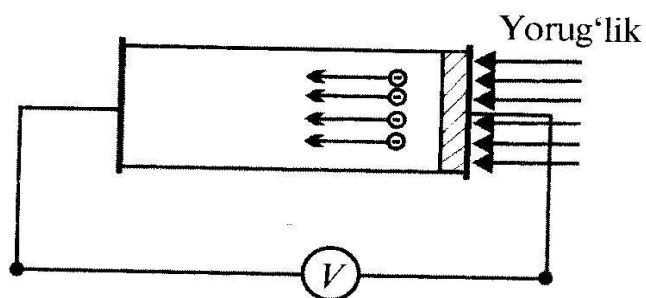
Yarimo'tkazgichlarni nurlantirish natijasida yarimo'tkazgichda erkin zaryad tashuvchilarning hosil bo'lishi ichki fotoeffekt deb ataladi.

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.

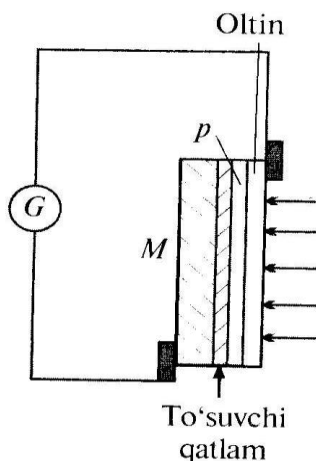
Fotoelektr yurituvchi kuch (foto-EYuK). Ichki fotoeffekt prinsipiga asosan ishlaydigan qurilmalarning eng keng tarqalgani fotoelektr yurituvchi kuch vujudga keladigan qurilmalardir. Ba'zan ularga fotogalvanik elementlar ham deyiladi. Foto-EYuKning vujudga kelishi ancha sodda. Aytaylik, yarimo'tkazgichning 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.

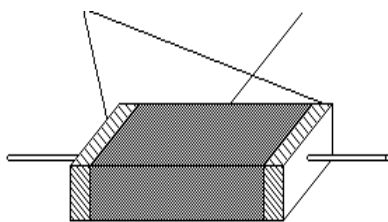
Hozirgi zamon fotometriyasi, spektrometriyasi, modda spectral analizi, astrofizika, biologiya va boshqalarni fotoelementlarsiz tasavvur qilib bo'lmaydi. Infraqizil spektrlar ko'pincha spektrning uzun to'lqinli sohasida ishlaydigan maxsus fotoelementlar yordamida qayd qilinadi. Ular texnikada ishlab chiqarish 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 boshchiligida ishlab chiqarila boshlandi.

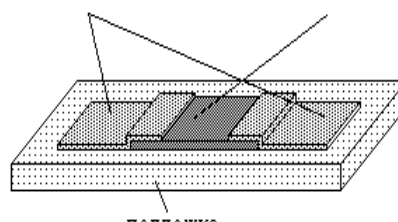
2.7. Fotorezistorlar

Yorug'lik ta'sirida o'tkazuvchanligi o'zgaradigan yarim o'tkazgichli asboblarda fotorezistorlar deyiladi. Monokristalli va plenkali fotorezistorlar

konstruksiyalari 2.7, 2.8-rasmlarda ko'rsatilgan. Fotorezistorning asosiy elementi bo'lib birinchi holatda monokristall hisoblanadi, ikkinchisida esa – yarimo'tkazuvchi materialning yupqa plenkasi.



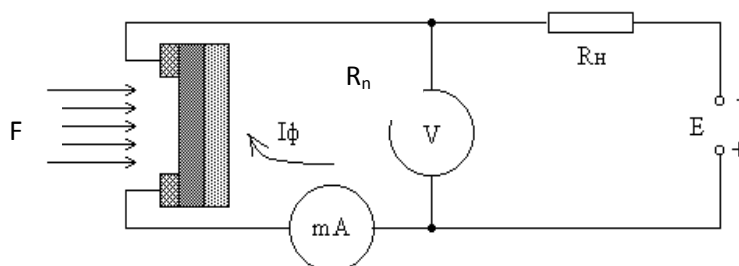
2.7-rasm. Monokristalli fotorezistor



2.8-rasm. Plenkali fotorezistor

Agar fotorezistor kuchlanish manba bilan ketma-ket ulanib yoritilmagan bo'lsa, Bunda uning zanjirida qorong'i toki oqa boshlaydi.

$$I_k = E \backslash (R_q + R_{yu})$$



2.9-rasm.

Bunda E-ta'minlovchi manbai EYuK; R_q -qorong'ida fotorezistorning elektr qarshiligini miqdori, qorong'ilik qarshiligi deb nomlanadi; R_{yu} -yuklash qarshiligi.

Fotorezistorni yoritganda fotonlar energiyasi elektronlarni o'tkazuvchanlik zonasiga sarflanadi. Elektron teshikli juftlarni bo'sh soni oshib boradi, fotorezistorning qarshiligi kamayadi va u orqali yorug'lik toki oqa boshlaydi

$$I_{yo} = \frac{E}{R_e + R_{yu}}$$

Yorug'lik va qorong'ilik tokini farqi (ayirmasi) I_f tokini miqdorini berib, fotokokning birlamchi o'tkazuvchanligi degan nom olgan.

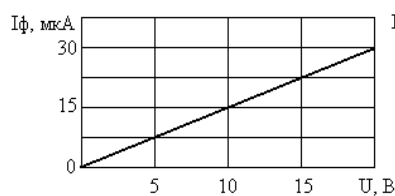
$$I_f = I_{yo} - I_q$$

Nurli oqim kam bo'lganda, o'tkuzuvchanlikni birlamchi fototoki amalda inersiyaga ega emas va fotorezistorga tushayotgan nurli oqimni miqdoriga to'g'ri

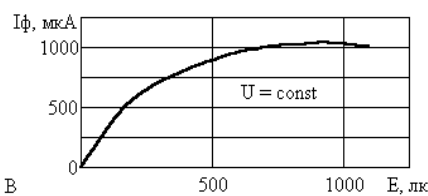
proporsional o'zgaradi, nurli oqim miqdori oshgan sari o'tkazuvchanlikni elektronlar soni ko'payib boradi. Imolddani ichida harakatlanib, elektronlar atomlar bilan to'qnashadi, ularni ionlashtiradi va zaryadlar-ning qo'shimcha oqimini yaratadi bu esa o'tkazuvchanlikni ikkilamchi fototoki degan nom olgan. Ionlashtirilgan atomlarni sonini ko'paytirishi o'tkazuvchanlik elektronlar harakatini to'xtatadi. Buning natijasida fototokni o'zgarishi yorug'lik oqimini o'zgarishiga nisbatan faqat bo'yicha kechikadi, bu esa fotorezistorning ba'zi inersiyaligini bildiradi.

Fotorezistorlarning asosiy tavsiflari quyidagicha:

Volt-amperli tavsif. Bu fototokni (o'zgarmas yorug'lik oqimi bo'lganida) yoki qorong'ulik tokning berilgan kuchlanishga bog'liqligini ifodalaydi. Fotorezistorlar uchun bu bog'lanish amalda chiziqli (2.10-rasm).



2.10-rasm



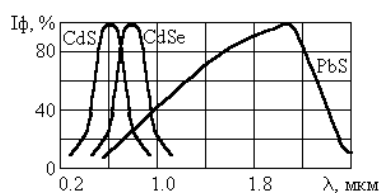
2.11-rasm

Fotorezistorda faqat yuqori kuchlanishlarda ko'p holatlarda Om qonuni buziladi.

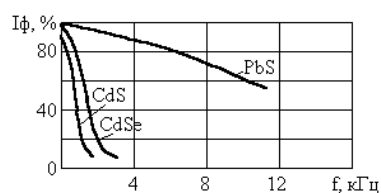
Yorug'likli (lyuks-amperli) tavsif. Bu fototokni o'zgarmas spektral tarkibli tushayotgan yorug'lik oqimiga bog'liqligini ifodalaydi. Yarim o'tkazuvchi fotorezistorlar nochiziqli lyuks-amperli tavsifga ega (2.11-rasm). Eng katta sezgirlik kam yoritilganlikda bo'ladi. Bu fotorezistorlarni juda kichik jadallikdagi nurlanishlarni o'lchashda qo'llashga imkon yaratadi. Yoritilganlikni ko'paytirganda yorug'lik toki yoritilganlikni kvadrat ildiziga proporsional oshadi. Lyuks-amperli tavsifini qiyaligi fotorezistorga berilgan kuchlanishga bog'liq.

Spektrli tavsif. Bu ma'lum bir to'lqin uzunlikdagi nurlash oqimini ta'sirida fotorezistorni sezgirligini ifodalaydi. Spektral tavsifi yorug'likka sezgirli elementni tayyorlashda ishlatiladigan material bilan aniqlanadi. Oltingugurt-kadmiyli fotorezistorlar spektrning ko'rinish sohasida, selen-kadmiyli fotorezistorlar esa

spektrning qizil sohasida, oltingugurt-qo‘rg‘oshinli fotorezistorlar esa spektrning infraqizil sohasida yuqori sezgirlikka ega (2.12-rasm).



2.12-rasm.



2.13-rasm.

Chastotaviy tavsif. Bu unga yorug‘lik oqimi ta’sirida ma’lum bir chastota bilan o‘zgaradigan fotorezistorning sezgirligini ifodalaydi. Fotorezistorlarning inersiyaliligi shunga olib keladiki, ularning fototokini miqdori ularga tushayotgan yorug‘lik oqimini chastotali modulyatsiyasiga bog‘liq, ya’ni yorug‘lik oqimining chastotasi oshgan sari fototok kamayadi (2.13-rasm). Yuqori chastotali o‘zgaruvchan yorug‘lik oqimlari bilan ishlaganda inersiyalilik fotorezistorlarni qo‘llanilish imkoniyatlarini cheklaydi.

Fotorezistorlarning asosiy parametrlari:

Ishchi kuchlanish U_p – fotorezistorga berilgan o‘zgarmas kuchlanish bo‘lib, belgilangan ekspluatatsion sharoitlarda (odatda 1 dan 1000 V gacha) uni uzoq vaqt ishlashida nominal parametrlari ta’minlanishi.

Fotorezistorni maksimal joiz kuchlanishi U_{max} – fotorezistorga berilgan o‘zgarmas kuchlanishni maksimal miqdori bo‘lib, bunda belgilangan ekspluatatsion sharoitlarda uzoq vaqt ishlaganda nominal miqdorlardan uning parametrlari og‘ishi ko‘rsatilgan chegaralardan oshmasligi. Qorong‘ilik qarshiligi R_q - spektral sezgirligi diapazonida unga tushadigan nurlanish bo‘lmaganidagi fotorezistorning qarshiligi (oddiy asboblarda 1000 dan 100 000 000 Om gacha o‘zgaradi).

Yorug‘lik qarshiligi R_{y0} – nurlash ta’siri boshlangandan keyin, yoritilganlik belgilangan miqdori yaratilib, ma’lum bir vaqt oraliqdan keyin o‘lchalgan fotorezistorning qarshiligi.

Qarshilikni o‘zgarish karraliligi K_r – fotorezistorning qorong‘ilik qarshiligini ma’lum bir darajada yoritganlik qarshiligiga nisbati (yorug‘lik qarshiligiga).

Ruxsat etilgan sochilish quvvati – bu quvvat bo‘lib, fotorezistorning ekspluatatsiya jarayonida parametrlarini qaytarib bo‘lmaydigan o‘zgarishlar hozir bo‘lmaydi.

Fotorezistorning umumiy toki – bu tok bo‘lib, qorong‘ulik tokidan va fototokdan iboratdir.

Fototok – belgilangan spektral taqsimlanish bilan faqat nurlanish oqimi ta’sirida ro‘yobga kelgan undagi ko‘rsatilgan kuchlanishda fotorezistor orqali oqadigan tok.

Solishtirma sezgirlik – bu fototokni fotorezistorga yorug‘lik oqimi tashayotgan miqdorini unga berilgan kuchlanish ko‘paytmasini nisbati, $\text{mkA}/(\text{lm}\cdot\text{V})$:

$$K_0 = I_f / (F \cdot U)$$

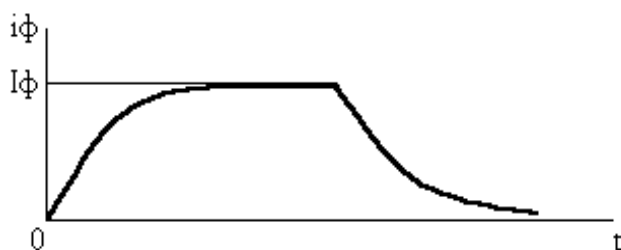
Bu yerda I_f - qorong‘ilikda va ma’lum bir yoritilganlikda (200 lk) fotorezistorda oqayotgan toklar ayirmasiga teng fototok, mkA ; F – tushayotgan yorug‘lik oqimi, lm ; U -fotorezistorlarga berilgan kuchlanish, V .

Integral sezgirlik – bu solishtirma sezgirlikni eng katta ishchi kuchlanishga ko‘paytmasi $S_{\text{int}} = K_0 \cdot U_{\text{max}}$.

Vaqt doimiyligi L_f – bu vaqt bo‘lib uning davomida fototok 63% o‘zgaradi, ya’ni E marotaba.

Vaqt doimiyligi asbobni inersiyaligini ta’riflaydi va uning chastotaviy tavsifini ko‘rinishga ta’sir ko‘rsatadi.

Yorug‘likni yoqqanda va o‘chirganda fototok maksimumgacha ko‘tariladi va bir zumda minimumgacha tushmaydi (2.14-rasm).



2.14-rasm. Fototokning relaksatsiya egri chizig‘i.

Vaqt bo'yicha fototokni oshib borish va kamayish egri chiziqlarini davom etishi va xarakteri belgilangan materialda nomuvozanatlilarni rekombinatsiya mexanizmiga, shuningdek yorug'lik miqdorining jadalligiga ayniqsa bog'liq. Injeksiya darajasi kichik bo'lganida vaqt bo'yicha fototokni oshib borishi va kamayishini Yarim o'tkazuvchida tashuvchilarni hayot vaqtiga teng doimiy vaqti L bilan eksponentlarni tasavvur qilish mumkin. Bunday holatda yorug'lik yoqilganida fototok vaqt bo'yicha oshib borishi va kamayishi qonun bo'yicha bo'ladi: $i_f = I_f (1 - e^{-V/g})$; $i_f = I_f e^{-t/t}$.

Bu yerda I_f – yoritilganda fototokning diomiy miqdori.

Vaqt bo'yicha fototokni kamayish egri chiziqlaridan nomuvozanatli tashuvchilarni hayot vaqtini aniqlash mumkin.

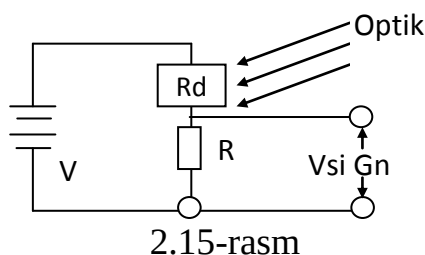
Fotorezistorlar uchun materiallar sifatida turli elementlarning sulfidlari, selenidlari va telluridlari keng ishlatiladi, shuningdek AIIIBV tipdagi birlashmalar.

Infraqizil hududida PbS, PbSe, PbTe, InSb asosidagi fotorezistorlarni ishlatish mumkin, yorug'lik ko'rinishida va ultrabinafshaga yaqinidagi xududda – CdS.

Oxirgi yillarda fotorezistorlar fan va texnikaning ko'p sohalarida keng qo'llaniladi. Buni ularning yuqori darajada sezgirligi, oddiy konstruksiyada bo'lishi, kichik o'lchamlari va yo'l qo'yiladigan katta sochilish quvvatlari bo'lgani uchun tushuntirsa bo'ladi. Fotorezistorlarning optoelektronikada ishlatilishi katta qiziqish uyg'otadi.

2.8. Yarimo'tkazgichli fotodetektorlar va fotodiodlar

Yarimo'tkazuvchi fotodetektorni sxemasi 2.15-rasmda keltirilgan.



Yarim o'tkazuvchi kristall rezistor R bilan va o'zgarmas kuchlanish V manbai bilan ketma-ket ulangan. Qayd qilinishi kerak bo'lgan optik to'lqin, kristallga tushadi va yutiladi, Bunda o'tkazuvchanlik zonasiga elektronlarni qo'zg'atadi (yoki p-tipdagi yarim o'tkazuvchilarda – teshiklarni valentli zonaga). Bunday qo'zg'atish yarim o'tkazuvchi kristallni qarshiligini R_d kamaytirishiga olib keladi, demak qarshilikda R kuchlanishni pasayishini ko'paytirishga, u $\Delta R_d / R_d \ll 1$ bo'lganida tushayotgan oqim zichligiga proporsionaldir. Misol sifatida Eng ko'p tarqalgan yarim o'tkazuvchilardan birini, smon atomlari bilan legirlangan – germaniyni energetik darajalarini ko'rib chiqamiz. Germaniydagi Nd atomlari 0,09 eV ionzatsiyalash energiyasi bilan akseptorlar hisoblanadi. Demak, valentli zonaning yuqori darajasidan elektronni ko'tarish uchun va N_d (akseptor) atomi uni ushlab olishi uchun eng kamida 0.09 eV energiyali foton kerak bo'ladi (ya'ni, to'lqin uzunligi 14 mkm qisqaroq foton). Odatda germaniy kristalli soni ko'p bo'lmagan donorli Nd atomlarga ega bo'lib past xaroratlarda o'zining valentli elektronlarini katta sonli akseptorli Na atomlarga berish energetik tomonidan qulay. Bunda soni bo'yicha teng bo'lgan musbat ionlashgan donorli va manfiy ionlashgan akseptorli atomlar paydo bo'ladi. Akseptorlarni konsentratsiyasi $N_a \gg N_d$ bo'lgani sababli atomlar-akseptorlarni ko'pchiligi zaryadlanmagan bo'lib qoladi.

Tushayotgan foton yutiladi va elektronni valentli zonadan atom-akseptor darajasiga o'tkazadi.

Bunda hosil bo'lgan teshik elektr maydoni ta'sirida harakatlanadi, Bu esa elektr tokini paydo bo'lishiga olib keladi. Elektron akseptor darajadan valentli zonaga qaytib kelishi bilan, shu bilan teshikni yo'q qilib, tok yo'qoladi. Bu jarayon elektorn-teshikli rekombinatsiya deyiladi yoki akseptor atomi tomonidan teshikni qamrab olish. Ionizatsiyalash energiyasi bilan kam aralashmalarni tanlab, ancha past energiyali fotonlarni opish mumkin. Mavjud yarim o'tkazuvchi fotodetektorlar Odatda to'lqin uzunligi to $\lambda=32$ mkm gacha bo'lganida ishlaydi.

Shunday qilib, yarim o'tkazuvchi fotodetektorlarning fotoko'paytuvchilarga taqqoslanganda asosiy ustunligi ularni uzun to'lqinli nurlanishni qayd qilish

qobiliyati hisoblanadi, chunki ularda harakatlanuvchi tashuvchilarni yaratilishi ancha katta bo'lgan yuza potensial to'sig'ini yengib o'tishi bilan bog'liq emas. Ularning kamchiligi tok bo'yicha kuchaytirish katta bo'lmasligi hisoblanadi. Bundan tashqari, tashuvchilarni fotouyg'otishini issiqlik uyg'otish bilan niqoblanmaslik uchun, yarim o'tkazuvchi fotodetektorlarni sovutishga to'g'ri keladi.

Fotodiodlar - bu yarim o'tkazuvchi diodlar bo'lib, ularda ichki effekt ishlatiladi (fotoeffekt nurlanish ta'sirida juft zaryad tashuvchilarning generatsiyasidan iborat). Yorug'lik oqimi fotodiodning teskari tokini boshqaradi. Fotodiodga yorug'lik ta'sirida fotoeffekt sodir bo'ladi va diodning o'tkazuvchanligi oshadi, teskari tok ko'payadi. Bunday rejim fotodiodli deyiladi. Agar yorug'lik oqimi bo'lmasa, bunda diod orqali oddiy boshlanuvchi teskari tok oqadi va u qorong'ilik toki deyiladi.

Odatda fotodiod sifatida n-p-o'tishli yarim o'tkazuvchi diodlar ishlatiladi, u tashqi ta'minlash manbai bilan teskari yo'nalishda siljigan.

n-p-o'tishida kvantlar yorug'likni yutganida yoki unga yaqin hududlarda yangi zaryad tashuvchilari hosil bo'ladi. Diffuzion uzunligidan oshmagan masofada n-p-o'tishni atrofidagi hududlarda paydo bo'lgan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilari n-p-o'tishga diffundirlanadi va elektr maydoni ta'sirida u orqali o'tadi. Ya'ni teskari tok yuritilganda oshadi. n-p o'tishida bevosita kvantlarni yutilishi o'xshash natijalarga olib keladi. Teskari tokni oshgan miqdori fototok deyiladi.

Fotodiodning xususiyatlari quyidagi tavsiflar bilan aniqlanadi:

a) fotodiodning volt-amper tavsifi – Bu o'zgarmas yorug'lik oqimidagi yorug'lik tokining va qorong'ilik kuchlanish I_q bog'liqligi.

b) fotodiodning yorug'lik tavsifi, ya'ni fototok yoritilganlikka bog'liq bo'lib, fototokning yoritilganlikka to'g'ri proporsionaldir. Bu fotodiodning baza qalinligi asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning diffuzion uzunligidan ancha kichikligidir. Ya'ni bazada paydo bo'lgan amaldagi barcha asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilari fototokni hosil qilishida qatnashadi.

d) fotodiodning spektral tavsifi – bu fototokni fotodiodga tushayotgan yorug‘likni to‘lqin uzunligiga bog‘liqligi. U ta’qiqlangan zonaning eni bilan to‘lqinni katta uzunligi tomonidan aniqlanadi, kichik to‘lqin uzunligida – yutishni katta ko‘rsatkich va zaryad tashuvchilarning yuza rekombinatsiyasi ta’siri ko‘payishini yorug‘lik kvantlarini to‘lqin uzunligini kamayishi bilan. Ya’ni sezgirlikni qisqa to‘lqinli chegarasi baza qalinligi va yuza rekombinatsiya tezligiga bog‘liq. Fotodiodning spektral tavsifida maksimumni joylanishi yutish koeffitsiyentining oshish darajasiga qattiq bog‘liq:

e) vaqt doimiyliigi – bu yoritilgandan keyin fotodiodning fototoki vaqt davomida o‘zgarishi yoki barqarorlashgan miqdoriga nisbatan fotodiodning e marotaba (63%) qorong‘ilashi;

f) qorong‘ili qarshilik – yoritilganlik bo‘lmaganda fotodiodning qarshiligi;

g) integral sezgirligi

$$K = I_f/F$$

Bu yerda I_f – fototok, F – yoritganlik;

j) inersiyalik.

Inersiyalikka ta’sir kusatuvchi uch fizik omillar mavjud:

1) baza orqali nomuvozanatli tashuvchilarnig diffuziya yoki drey vaqti L ;

2) n-p o‘tishidan uchib o‘tish vaqti L_1 ;

3) n-p o‘tishini to‘siqlik sig‘imini qayta zaryadkalash vaqti, doimiylik vaqt RC tus bilan ta’riflanadi.

Baza orqali zaryad tashuvchilarning diffuziyasi vaqtini aniqlash mumkin (tranzistorning bazasi orqali zaryad tashuvchilarning uchib o‘tish vaqtiga o‘xshash) dreyfsiz uchun:

$$t_{yy} = \frac{\varpi^2}{2D_p}$$

va dreyfli uchun:

$$t_{yy} = \frac{\varpi^2}{D_p \ln \frac{N(0)}{N(10)}} \left[1 - \frac{1}{\ln \frac{N(1)}{N(10)}} \left(1 - \frac{N\varpi}{N(0)} \right) \right],$$

$$T_g = 50 \text{ ns}$$

N-p-o'tish orqali uchib o'tish vaqti:

$$T_1 = \frac{\delta}{V_{\max}}$$

bu yerda δ - n-p-o'tishni qalinligi, $V_{\max}$ – zaryad tashuvchilarning dreyfini maksimal tezligi ($V_{\max}$ – kremniy va germaniy uchun $5 \cdot 10^6 \text{ sm/s}$ teng) teskari kuchlanish va bazadagi aralashmalar konsentratsiyasiga bog'liq n-p o'tishni qalinligi odatda 5 mkm kam, demak $T_1 = 0,1 \text{ ns}$. Tashqari zanjirda yuklanishni kichik qarshiligida fotodiodning baza qarshiligiga va kuchlanishga bog'liq holda n-p-o'tishni to'siqli sig'imi – $RC_{\text{to's}}$ aniqlanadi. $RC_{\text{to's}}$ miqdori bir nechta nanosekund.

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

$$h\nu = \frac{E_0 - E_F}{2}, \text{ ya'ni } \nu = \frac{\nu_K}{2} \quad (9)$$

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.

3-BOB. “FOTOEFFEKT HODISASI VA UNING QO’LLANILISHI”GA DOIR MAVZULARNI O’QITILSHI

3.1. Bobni 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 – energiya 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, - o'quvchining 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”.

O'quv materialini mavzularga quyidagicha bo'lishni tavsiya qilamiz:

1-2-darslar. Kvant nazariyani paydo bo'lishi. Fotoeffekt va uning qonunlari.

3-dars. Fotoeffektning kvant nazariyasi.

4-dars. Ichki fotoeffekt. Fotoeffektning qo'llanishi.

5-6-darslar. Foton va uning xossalari. Kompton effekti.

7-dars. Yorug'likning bosimi.

8-dars. Yorug'likning kimyoviy ta'siri. Fotografiya.

9-10-darslar. Masalalar yechish. Mustaqil ish.

11-dars. “Yorug'likning tabiatiga bo'lgan qarashlarning rivojlanishi. Korpuskulyar to'lqin dualizmi” umumlashtirish-takrorlash darsi.

3.2. “Fotoeffekt va uning qonunlari” mavzusini 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'liqlarning 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'liqlining intensivligiga to'g'ri proporsional.

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

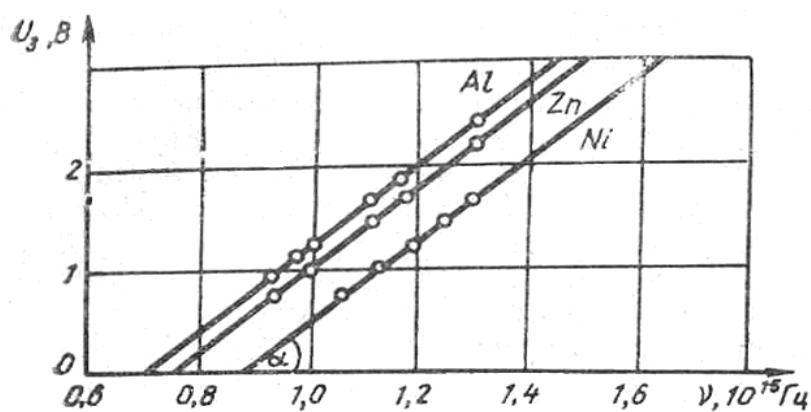
Uchinchi qonun. Har bir modda uchun fotoeffektning qizil chegarasi, ya'ni fotoeffekt yuz berishi mumkin bo'lgan eng kichik chastota ν_{min} mavjud. $\nu < \nu_{min}$ bo'lgan barcha hollarda, fotokatodga tushayotgan yorug'likning intensivligi qanday bo'lishidan qat'iy nazar, fotoeffekt yuz bermaydi.

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

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

$$\frac{mv_m}{2} = eU_0$$

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 potenciallarining 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’liq 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 ($\lambda=3$ mkm) qizil ($\lambda=600$ nm), ultrabinafsha ($\lambda=300$ nm) va rentgen nurlanish ($\lambda=0,3$ nm) uchun hisoblash mumkin. Bunda o'quvchilar keyinchalik ham har doim qo'llaniladigan $\lambda=c/v$ 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.

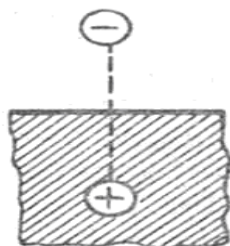
Yuqorida keltirilgan to'lqin uzunliklarga mos kvantlarning energiyalarini (0.4 eV; 2.1 eV, 4.1 eV; 4.1 keV) hisoblash, o'quvchilarga nurlanishning energiyasini yaqqol tasavvur qilishga hamda sifat jihatdan fotoeffektning ikkinchi va uchinchi qonunlarini tushuntirishga imkon beradi.

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'lqinning chastotasiga) bog'liq ekanligi ko'rinadi. Huddi shunday, "qizil chegarani" ham sifat jihatidan quyidagicha tushuntiriladi: kichik chastotali to'lqinga mos kvant energiyasi fotoelektronni katoddan chiqarishga yetarli bo'lmay qoladi.

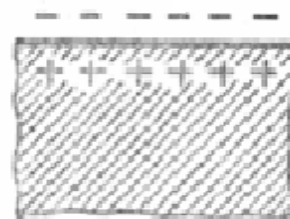
Fotoeffekt uchun Eynshteyn qonunining miqdoriy bog'lanishini topish uchun elektronning chiqish ishi tushunchasini kiritish kerak. Buni klassik elektron nazariya bo'yicha, quyidagicha tushuntirishlar orqali amalga oshiriladi:

- elektronning metallardan chiqishida, unda induksiyalangan musbat zaryad hosil bo'ladi (3.2-rasm); u elektronni metallga tortadi;
- elektronlar metallardan 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. Elektron ga, uni jismning sirtidan vakuum ga 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 sezir qatlami qoplansa, chiqish ishi keskin kamayadi. Bu hodisa fotokatodlar tayyorlashda ishlatiladi.

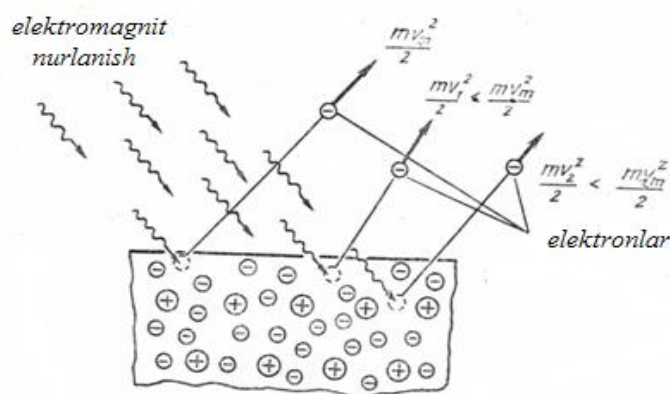
“Elektronning chiqish ishi” tushunchasi bilan tanishgach, fotoeffektning elementar akti uchun energiyaning saqlanish qonuniga asoslanib Eynshteyn tenglamasini quyidagicha yozamiz:

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

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 o'qitishga doir tavsiyalar

Fotoeffektning 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

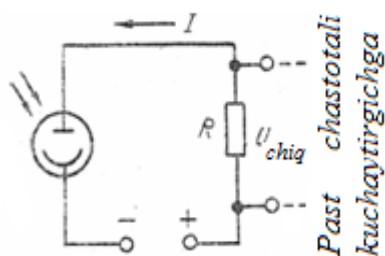
ishlaydigan fotoelektron relelar yasashni taklif qilish mumkin, ularni sinfda ishlab ko'rsatish lozim.

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

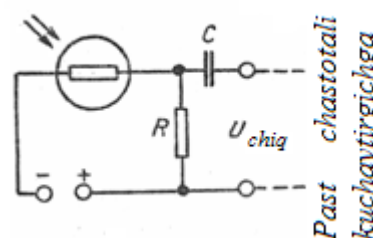
Vakuumli fotoelement. Fotoelementning tuzilishi prinsipini tushuntirishda fotokatod, anod, sokol va boshqa qismlarni aslini yoki “Fotoelementlar va ularni qo'llanishi” kinofilmi yordamida ko'rsatish kerak. Vakuum va gaz to'ldirilgan fotoelementlarni belgilari ko'rsatiladi.

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.

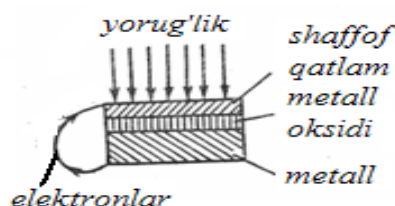
Ichki fotoeffektning mexanizmini tadqiq qilamiz. Nurlanish moddaga tushganda ikki hodisa yuz beradi. Birinchisi, nurlanish kvantlari atomlar (yoki ionlar) tomonidan yutilib, ularning issiqlik harakat kinetik energiyasi ortadi, shuning uchun modda qiziydi. Nurlanishning boshqa kvantlari atomlarda yutilib, 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 (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. Akademik litseylar fizika kursida “Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi”ga doir mavzularning 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 toza-ligini 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 mavzu-ni bayon qilib beradi.	Aqliy hujum	Rasmlar, stend, plakat, tarqatma materiallar, videoproektor

			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.		
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, 64-§

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 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 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'tkazadi. U asosida yangi mavzu-ni bayon qilib beradi. 2.2. O'qituvchi vizual	Aqliy hujum	Rasmlar, stend, plakat, tarqatma materiallar, videoproektor

			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.</p> <p>2.3. Mavzuga oid taqdimotni namoyish qiladi.</p> <p>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'plash va ularni o'rganib kelish vazifasini beradi.		To'rayeva 3-qism, 67-68 §

Oqituvchi:

(Familijasi, 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, "Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi"ga bag'ishlangan mavzularni o'qitishga doir pedagogik sinov-tajriba ishlari 2015-2016 o'quv yilida, Andijon davlat universiteti qoshidagi Asaka akademik litseyida o'tkazildi.

Ushbu pedagogik sinov-tajribasining maqsadi –"Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi" 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 (aniq fanlar yo'nalishi 156-guruh) va nazorat (aniq fanlar yo'nalishi 156-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 "Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi" mavzulariga oid nazariy bilimlarni shakllantirishdagi afzalliklarini aniqlashdan iborat va aynan:

- a) tanlab olingan metodlarni "Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi" 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 o'rta ta'lim muassasalari uchun "Fizika" darsligining "Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi" mavzularidan olindi. Undan tashqari "Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi" mavzularini o'qitishda yangi pedagogik texnologiyalaridan foydalanish dolzarb vazifa ekanligi e'tiborga olindi.

Shu sababli, "Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi" 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, "Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi" 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 mahsulot-lar zudlik bilan yaratilishi va ta'limga joriy etilishi kun tartibidagi dolzarb vazifa ekanligi oydinlashdi.

"Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi" 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. "Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi" 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.	"Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi" bo'limiga doir nazariy bilimlarni o'zlashtirish darajasi	Nazorat savollari va test topshiriqlari	qoniqarsiz, qoniqarli, ya xshi, a'lo
2.	"Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi" 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.	"Fotoeffekt hodisasi va uning qo'llanilishi" 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 (aniq fanlar yo'nalishi 156-guruh), 1 ta nazorat (aniq fanlar yo'nalishi 156-guruh) guruhi tanlab olindi.

7-jadvalda “Fotoeffekt hodisasi va uning qo’llanilishi” bo’limiga doir virtual laboratoriya ishlari bo’yicha tajriba va nazorat sinfida o’tkazilgan sinov ishlarining natijalari ko’rsatilgan.

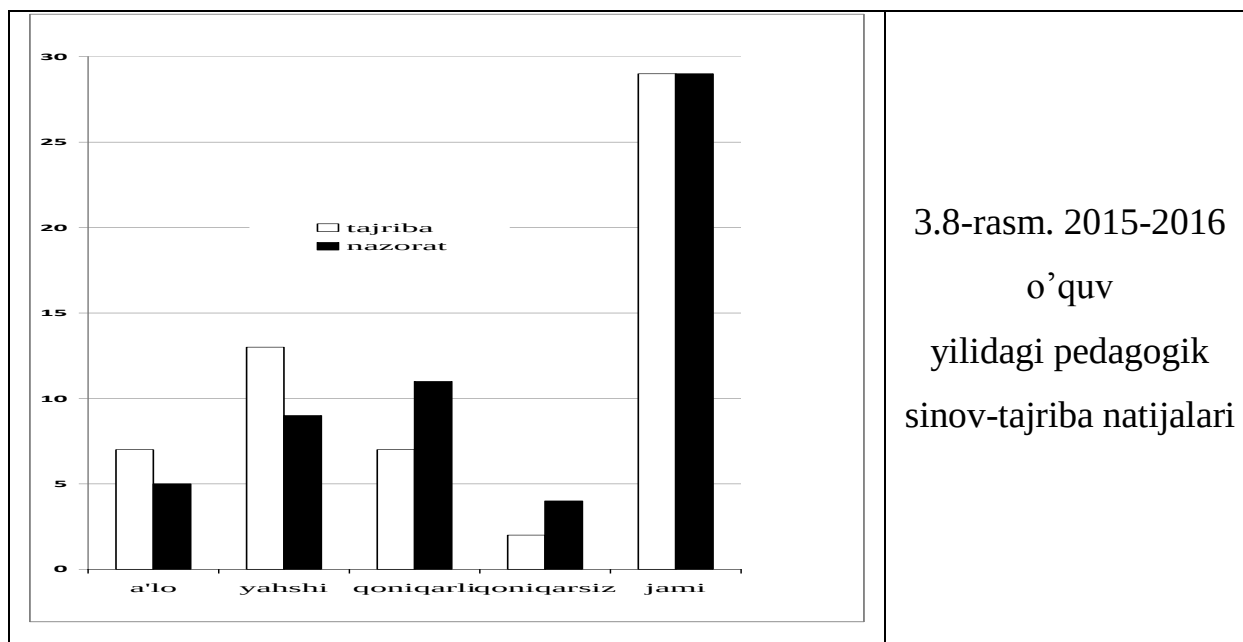
7-jadval

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				
2015-2016	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.



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’lami 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'llanmalarining 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'zgarasligi 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. Karimov I.A. Zamonaviy kadrlar - taraqqiyotimizning muhim omilidir. "Xalq so'zi" gazetasi, 1997 y., 7 iyun.
2. O'zbekiston Respublikasi qonuni. "Ta'lim to'g'risida". Toshkent, "Sharq" nashriyoti, 1997 y., – 24 b.
3. O'zbekiston Respublikasi qonuni. "Kadrlar tayyorlash milliy dasturi to'g'risida". Toshkent, "Sharq" nashriyoti, 1997 y., – 35 b.
4. Karimov I.A. "Barkamol avlod orzusi". Toshkent, O'zbekiston milliy ensikloneidiyasi Davlat ilmiy nashriyoti. 2000 y., – 97 b.
5. Karimov I.A. "Yuksak ma'naviyat - yengilmas kuch". Toshkent, "Ma'naviyat" nashriyoti. 2008 y., – 176 b.
6. Каримов И.А. Баркамол авлод - Ўзбекистон тараққиётининг пойдевори.- Шарқ, 1998 й., -225 б.
7. Бугаев А. И. Методика преподавания физики в средней школе. –М: Просвещение, 1981 г., - 347 с.
8. Turdiev N. Fizika o'qitish metodikasi. O'rta maktab o'qituvchilari uchun qo'llanma. – Toshkent: "O'qituvchi", 2003 y., -128 b.
9. Yo'ldoshev J. G'., Usmonov S.A. Innovatsion ta'lim texnologiya asoslari. T. O'qituvchi. 2004 y., - 175 b .
10. Yo'ldoshev J.G'., Usmonov S.A. Zamonaviy texnologiyalarni amaliyotga joriy qilish. - Toshkent: Fan va texnologiya, 2008 y. – 130 b.
11. Kamoldinov M., Vahobjonov B. Innovatsion pedagogik texnologiyalar asoslari. T. O'qituvchi. 2007. -80 b.
12. Физика, 3-қисм: маърузалар матни. Академик лицейлар учун/ Худойберганов А.М., Турсунметов К.А., Фаттахов ва бошқ. – Т.: "Ўқитувчи", 2001-йил. -352 бет.
13. Ismoilov M., Xabibullaev P., Xaliulin M. Fizika kursi. Toshkent.: O'zbekiston, 2000-yil, -302 b.

14. O'lmasova M. va boshqalar. "Fizika" (Elektr, optika, atom va yadro fizikasi) T.: O'qituvchi, 1995-yil, -288 b.
15. Begimqulov U.Sh., Sattorova B. Fizika va astronomiya o'qitishda axborot texnologiyalari. O'quv qo'llanma. – T.: 2004 y. - 254 b.
16. Турсунов Ў.Ш. Физикада белгили моделлар. - Методик қўлланма, Тошкент, "Ўқитувчи", 1994 й. – 87 б.
17. Эвенчик. Е., Шамин С.Я., Орехов В.А. Ўрта мактабда физика ўқитиш методикаси. Механика.-Тошкент, "Ўқитувчи", 1989 й. – 298 б.
18. Шпольский Э.В. Атом физикаси. 1-том. Атом физикасига кириш. Тошкент: Ўқитувчи, 1970 йил. -584 б.
19. Физика, маърузалар матни. Академик лицейлар учун, 1-қисм: / Худойберганов А.М., Турсунметов К.А., Фаттахов ва бошқ. – Т.: "Ўқитувчи", 2001 й., -352 бет.
20. www.pedagog.uz.