

FOTOEFFEKT. FOTOEFFEKT QONUNLARI

Mamatrayimov Sherzod O'ktam o'g'li

O'rolov Eldor Nurmuhammad o'g'li

Qurbonov Ulug'bek Abdusamad o'g'li

Denov tadbirkorlik va pedagogika institutining talabalari

Annotatsiya: *ushbu maqolada Fotoeffekt uning qonun qoidalari haqida ma'lumotlar keltiriladi. Shuningdek, fotoeffekt va uning qonun qoidalari bo'yicha faoliyat yuritgan olimlar va ularning formulalari bilan tanishtirib o'tilgan.*

Kalit so'zlar: *Fotoeffekt, G.Gerts, A.Stoletov, Lenard va Tomson, "qizil chegara"*

KIRISH

Fotoeffekt - yorug'lik ta'sirida jismdan elektron ajralib chiqishidir. Bu hodisani birinchi bo'lib, 1887 yilda G.Gerts kuzatgan va uni miqdoran A.Stoletov tekshirgan. 1898 yilda Lenard va Tomson fotoeffekt natijasida katoddan ajralib chiquvchi zarra elektron ekanligini zarralarning magnit maydonida oqishiga asoslanib aniqladi. Fotoeffekt hodisasini o'rganish uchun havosi so'rib olingan shisha idish, uning ichidagi katod va anod plastinkalari olinadi. Fotoeffektning 4 ta asosiy qonuni bor:

1. Muayyan fotokatodga tushayotgan yorug'likning spektral tarkibi o'zgarmas bo'lsa, fotokatodning to'yinish qiymati yorug'lik oqimiga to'g'ri proporsional.

2. Muayyan fotokatoddan ajralib chiqayotgan fotoelektronlar boshlang'ich tezliklarining maksimal qiymati yorug'lik intensivligiga bog'liq emas. Yorug'likning to'lqin uzunligi o'zgarsa, fotoelektronlarning maksimal tezliklari ham o'zgaradi.

3. Har bir fotokatod uchun biror "qizil chegara" mavjud bo'lib, undan kattaroq to'lqin uzunlikli yorug'lik ta'sirida fotoeffekt vujudga kelmaydi. λ_q ning qiymati yorug'lik intensivligiga mutlaqo bog'liq emas, u faqat fotokatod materialining ximiyaviy tabiatiga va sirtining holatiga bog'liq.

4. Yorug'lik fotokatodga tushishi va fotoelektronlarning hosil bo'lishi orasida sezilarli vaqt o'tmaydi.

Fotoeffektning 1- qonunini to'lqin nazariyasi asosida tushuntirish mumkin. Lekin to'lqin nazariya 2- 3- va 4- qonunlarni tushuntirishga ojizlik qiladi. Fotoeffekt eksperimenti qonuniyatlarini klassik fizika tarafida turib tushuntirib bo'lmaydi. Klassik nazariya bu hodisani tushuntirishda mutlaqo ojizlik qiladi.

TADQIQOT MATERIALLARI VA METODOLOGIYASI

Birinchi qaraganda fotoeffektning 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 karakterlaydi. Shunday ekan, tushayotgan elektromagnit nurlanishining amplitudasi metall sirtidagi elektronlarni tebranishga majbur qiladi, agar elektroning hususiy 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 tashkariga chiqib ketadi. Darvoqe, bunday manzara o'rinli bo'lsa, u holda metall sirtidan ajralgan elektronlarning kinetik energiyasi tushayotgan yorug'likning intensivligiga bog'lik 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 mutlak bog'lik emas, metall sirtini bir vattli lampochka yoki 1000 Vattli lampochkaning monoxromatik nurlanishi bilan yoritamizmi, unga baribir, uning sirtidan chiqayotgan elektronlarining kinetik energiyasi o'zgarishsiz kolaveradi; yorug'lik intensivligini ortishi faqat sirtidan chiqayotgan elektronlar sonining ortishiga olib keladi halos. Metall sirtidan ajralayotgan elektronlarning kinetik energiyasini tushayotgan yorug'lik nurlanishi intensivligiga bog'lik bo'lmasligi juda ham ajablanarli hol edi. Eksperiment oliy hakam. Eksperimentning mazkur natijasi fotoeffektning birinchi muammosi edi va u to'g'ridan - to'g'ri yorug'lik to'lkin 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 okim zichligi $D=10^{-5}Vt/m^2$ bo'lgan yorug'lik nurlanishi bilan yoritilgan bo'lsin. Kaliy atomidan elektronlarni ajratish uchun $3,6 \times 10^{-19}Vt \times s$ ga teng bulgan znergiya zarur. Bu energiyani metall sirti yig'ilishi uchun, kaliyni uzluksiz tahminin 6 kun yoritish kerak. Boshqacha aytganda, metall sirtini 6 kun yorug'lik bilan yoritilgandan so'ng, elektronlar ajrala boshlashi 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 zahotiyok ($\sim 10^{-7}$ s) metall sirtidan elektronlarni urib chiqaradi. Eksperiment oliy hakam. Fotoeffekt oniy jarayon. Elektron metall sirtidan oniy chikadi. Fotoeffektni bu qonuniyati klassik fizikaning ikkinchi muammosi edi. Metall sirtidan ajralib chiqayotgan elektronlarning tushayotgan nurlanishning faqat chastotasiga bog'lik bo'lishi klassik fizika uchun uchinchi muammo edi. Chunki klassik fizika arsenalida energiyaning chastotaga bog'likligi haqida birorta ham goya 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 ta'savvur, yangi g'oya, yangi tushunchalar kerak. Fotoeffekt hodisasini Plank gipotezasiga asoslanib tushuntirish mumkin ekanligiga birinchi bo'lib A.Eynshteynning aqli yetdi. 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.

TADQIQOT NATIJALARI

Metallga yorug'lik tushganda, metall sirtidan elektronlar ajralib chiqishi mumkin. * Bu jarayon ko'pincha *fotoemissiya* yoki *fotoelektrik effekt* deb ataladi va metallan chiqarilgan elektronlar *fotoelektronlar* deyiladi. O'zlarining xatti-harakati va xususiyatlari jihatidan fotoelektronlar boshqa elektronlardan farq qilmaydi. *Foto-*old qo'shimchasi elektronlar metall sirtidan yorug'lik tushishi bilan chiqarilganidan dalolat beradi. Fotoeffektni tushuntirish uchun 19-asr fiziklari metallga tushayotgan yorug'lik to'lqinining tebranuvchi elektr maydoni elektronlarni qizdirib, ularning tebranishiga sabab bo'ladi va oxir-oqibat elektronlar metall yuzasidan chiqib ketadi deb faraz qilgan. Bu gipoteza yorug'lik kosmosdan to'liq to'lqin holatida keladi degan taxmindan kelib chiqqan. Shuningdek, olimlar yorug'lik to'lqinining energiyasi uning ravshanligiga to'g'ri proporsional deb hisoblashgan, ammo u to'lqinning amplitudasiga proporsional. O'z gipotezalarini tekshirib ko'rish uchun ular yorug'lik amplitudasi va chastotasining elektron emissiyasiga ta'siri, shuningdek, fotoelektronlarning kinetik energiyasini bilish uchun tajribalar o'tkazdi.

Ular yorug'likning to'lqin nazariyasiga asoslanib quyidagilarni bashorat qildi:

- Yorug'lik amplitudasi orttirilganda, chiqarilgan fotoelektronlarning kinetik energiyasi ham ortishi kerak.
- Elektronlarning sirtidan uchib chiqish miqdori, ya'ni o'lchangan elektr toki yorug'likning chastotasiga to'g'ri proporsional bo'lishi kerak.

Ular ushbu xulosaga qanday kelganini tushunish uchun biz yorug'lik to'lqinini suv to'lqini bilan taqqoslashimiz kerak. Tasavvur qiling, okean o'rtasidagi palubada bir nechta ko'ptoklar bor. Paluba metall sirtini, ko'ptoklar elektronlarni, okean to'lqinlari esa yorug'lik to'lqinlarini anglatadi.

MUHOKAMA

Genrix Gerts "fotoeffekt hodisasi" kashfiyoti juda ko'p fiziklarda qiziqish uyg'otdi. Bu hodisani Gertsning shogirdi Filipp Lenard juda chukur o'rgandi va unga katod nuridagi izlanishlari uchun 1905 yilda Nobel mukofoti berildi. 2.1-rasmda fotoeffekt tajribasining chizmasi keltirilgan. Chizmada S - monohromatik yorug'lik manbai, K - katod, metall plastinka bo'lib u emitter vazifasini o'taydi, A -

anod plastinka esa kollektor (yiguvchi) vazifasini bajaradi, G - galvanometr va V - voltmetr kurilmadagi mos ravishda kuchsiz fototok va kuchlanishni o'lcaydi. R - potentsiometr manba kuchlanishini o'zgartirishiga xizmat qiladi. Nihoyat B - batareya. Fotoeffektning eskperimental o'rgangan F.Lenard kuyidagi faktlarni o'rnatdi: 1. Kaliy yoki volframdan tayyorlangan K - metall plastinkaga $\nu = 10^{15}$ Hz chastotaga ega bo'lgan yorug'lik nurlanishi tushganda, undan manfiy zaryadlangan zarralar ajralib chiqadi va ular A - musbat elektrod tomon harakat kiladilar; 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 kuyilgan magnit maydon, zaryad tashuvchilarni ishorasi manfiy ekanligini bildiradi; 4. Eskperimental yo'l bilan olingan munosabat, zaryad tashuvchilar uchun (2.1) ga teng ekanligi va bu qiymat Milliken va Tomson tomonidan elektron uchun topilgan munosabatga mos ekanligini aniqladi. Eskperiment natijalaridan zaryad tashuvchilarni fotoelektronlar ekanligi kelib 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, J_f -fototokni) A va K elektrodlararo orasidagi tezlantiruvchi potentsial ayrimaga (U) bog'lik grafigini tuzdi. Fototok - kuchlanish volt-amper karakteristikasi 2.3 a) rasmda keltirilgan. 2.3 a) rasmdan kuramizki $U=0$ bo'lganda ham, fotoelementdan J_f -fototok mavjud. Bu degani chekli boshlangich tezlikka ega bo'lgan muayyan elektronlar soni mavjud. $U>0$ da, ya'ni potentsial ayrimaning ortishi bilan J_f -fototok ham ortib boradi. U ning ma'lum qiymatidan boshlab, potentsial ayirma ortsa ham fototok kiymati o'zgarishsiz qoladi. Bundan chiqadiki, U ni ma'lum bir kiymatidan boshlab, K - metall sirtidan chiqayotgan fotoelektronlar soni o'zgarmay qoladi va shuning uchun bu uchastkani to'yinish fototoki deb yuritiladi. Fotoelektronlar uchun Eynshteyn tenglamasi Yuqoridagi mulohazalardan ko'rdikki, fotoeffekt jarayonini klassik fizika nuqtai nazarida turib tushuntirishning umuman imkoni yo'q. Bu effekt yangi goya, yangi tushuncha talab qilardi. Yangi g'oyani 1905 yilda A.Eynshteyn Plank gipotezasiga va o'zining yorug'likning fotonlar nazariyasiga asoslanib berdi. Eynshteyn taklifiga ko'ra yorug'lik zarralardan tashkil topgan. Shu sababli metall elektronlari bilan o'zaro ta'sir jarayonida elektromagnit maydon hv energiya ulushlari tarzida yutiladi. Foton va elektron to'knashuvida uyin yakkama-yakka bo'ladi. Har foton bitta elektron tomonidan yutiladi va har bir elektronga fakat bitta foton to'g'ri keladi. Bu jarayon oldin keltirilgan zarralar to'qnashuvi qonuniga mos keladi va ular uchun saqlanish

qonunlari yaxshi bajariladi. Oldingi energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra $h\nu + E = h\nu_1 + E_1$. Bu ifodani fotoeffekt uchun yozamiz, ya'ni $h\nu - A = 0 + K_{\max}$ (bu yerda $E = -A$ - chiqish ishi, $h\nu_1 = 0$ chunki foton yutiladi, $E_1 = K_{\max}$ metall sirtidan chiqayotgan elektronlarning maksimal kinetik energiyasi, $h\nu$ -tushayotgan yorug'likning nurlanish energiyasi). (2.4) ni qulay shaklda yozaylik: $K_{\max} = eU_0 = h\nu - A$. (2.5) (2.5) tenglamaga fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi deyiladi. Shunday qilib, yorug'likning to'liq tabiatidan fotoeffekt qonunlarini tushuntirib berib bo'lmaydi. Yorug'likni $h\nu$ -energiyaga teng bo'lgan fotonlar oqimidan iborat deb qarasaq, hammasi joyiga tushadi, barcha qiyinchiliklar yo'qoladi. Boshqacha aytganda, fotoeffekt korpuskulyar hodisadir.

XULOSA

Fotoeffekt quyidagi uchta qonunga bo'ysunadi: 1) Belgilangan chastotali yorug'lik ta'sirida vaqt birligi ichida katoddan ajralib chiqadigan elektronlarning soni yorug'lik intensivligiga proporsional (to'yinish fototokining kuchi katodning energetik yoritilganligiga proporsional) bo'ladi. Bu Stoletov qonuni deb ham yuritiladi. 2) Fotoelektronlarning maksimal tezligi (maksimal kinetik energiyasi) tushayotgan yorug'likning intensivligiga bog'liq bo'lmaydi, balki faqat uning chastotasi bilan aniqlanadi, to'g'rirog'i chastotaga chiziqli bog'liq holda o'zgaradi. 3) Har qanday modda uchun fotoeffektning «qizil chegarasi» mavjud, ya'ni yorug'likning shunday minimal 0 v chastotasi mavjudki (u moddaning ximiyaviy tabiatiga va shu modda sirtining tozalik darajasiga bog'liq), undan kichik chastotali yorug'likning har qanday intensivligida ham fotoeffekt vujudga kelmaydi. Yorug'likning to'liq nazariyasi asosida fotoeffekt hodisasini tushuntirib bo'lmaydi.

FOYDANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. D.V. Sivuxin. Umumiy flzika kursi. Toshkent, « 0 'qituvchi», IV tom, Optika. 1985.
2. I.V. Savelyev. Umumiy fizika kursi. III tom, Toshkent, « 0 'qituvchi» 1976, M.
3. G.S. Landsberg. Optika, Toshkent, « 0 'qituvchi», 1981.
4. F.A. Korolyov. Fizika kursi. Optika, atom va yadro fizikasi, Toshkent, « 0 'qituvchi», 1978.
5. Г.А. Зисман, О.М. Тодес. Курс общей физики. III том, М., «Наука», 1974.
6. R.B. Bekjonov. Atom va yadro fizikasi. Toshkent, « 0 'qituvchi», 1994., Atom yadrosi va zarralar fizikasi « 0 'qituvchi», 1995.
7. Fizikadan praktikum. Elektr va optika, prof. V.I. Iveronova tahriri ostida, Toshkent, «Okqituvchi», 1979.



8. Руководство к лабораторным занятиям по физике. Под ред. ЛЛ1. Голдина. М., «Наука», 1983.
9. М. О 'Imasova va boshqalar. Fizika, elektr, optika, atom va yadro fizikasi. Toshkent, « O 'qituvchi», 1985.
10. А. М. Наумов. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М., «Просвещение», 1984.
11. О.1. Ahmadjonov. Fizika kursi. Optika, atom va yadro fizikasi. Toshkent, « O 'qituvchi», I qism, 1983.
12. В.С. Баращенко. Протон. Вселенная. М., «Знание», 1987.
13. Fizikadan praktikum «Elektr va optika» prof. P.Q. Habibullayev tahriri ostida T. « O 'qituvchi», 1982.
14. Под ред. Е.М. Гершеизона и Н.Н. Малова. Лабораторный практикум по общей физике. М., «Просвещение», 1985.
15. К.Н. Мухин, Экспериментальная ядерная физика. Том I. М.: «Энергоатомиздат», 1983