

### 33-Mavzu: Fotonning impulsi. Yorug'lik bosimi.

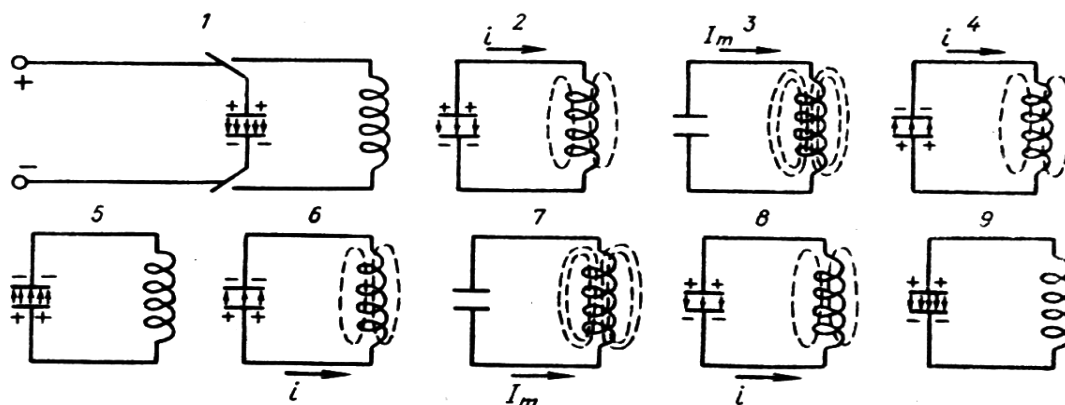
#### Reja:

1. Fotonning impulsi.
2. Yorug'lik bosimi.
3. Lebedev nazariyasi.

Foton doimiy harakatda bo'lganligidan, u  $p=mv$  impulsga ega bo'ladi. Yuqoridagi munosabatni hisobga olsak, fotonning impulsi  $p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$  ga teng bo'ladi.  $\lambda = \frac{c}{\nu}$  formulani hisobga olib, fotonning energiyasi va impulsini to'liq uzunligi orqali ifodalaymiz:  $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$  va  $p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$ . (6-7) Agar, jism yuzasiga fotonlar oqimi tushayotgan bo'lsa, u holda fotonlar shu yuzaga impuls beradi va yorug'lik bosimini vujudga keltiradi.

Maksvellning elektromagnit nazariyasiga binoan ham yorug'lik biror jism yuzasiga tushganda unga bosim bilan ta'sir qiladi. Lekin, bu bosim juda kichik qiymatga ega ekan. Maksvellning hisoblariga ko'ra, Yerga tushayotgan Quyosh nurining 1 m<sup>2</sup> yuzali absolut qora qismiga ko'rsatadigan bosim kuchi 0,48  $\mu\text{N}$  ekan. Bunday kuchni ochiq Yer sharoitida qayd qilish juda qiyin.

Ilk bor yorug'lik bosimini 1900-yilda rus olimi P. N. Lebedev tajribada o'lchaydi. Buning uchun o'ta nozik qurilma yasaydi. Bir yoki bir necha juft qanotchalar bo'lgan osma juda ingichka ipga osilgan. Ipga ko'zgu o'rnatilgan bo'lib, yupqa yengil qanotchalarining biri yaltiroq, ikkinchisi qoraytirilgan. Yaltiroq'i yorug'likni yaxshi qaytaradi, qoraytirilgani esa yutadi. Sistema, havosi so'rib olingan idish ichiga joylashtirilgan bo'lib, juda sezgir buralma tarozini tashkil qiladi. Osmaning burulishi ipga mahkamlangan ko'zgu va truba yordamida kuzatiladi. Osmaning burulish burchagiga qarab, osmaga ta'sir etuvchi yorug'likning bosim kuchi aniqlanadi.



Lebedevning natijalari Maksvellning elektromagnit nazariyasini tasdiqladi va o'lchangan yorug'lik bosimi nazariy hisoblangan yorug'lik bosimiga 20 % xatolik bilan mos keldi. Keyinchalik, 1923-yilda Gerlaxning tajribalar asosida o'lchagan yorug'lik bosimi nazariy hisoblangandan 2 % ga farq qildi. 143 Fotonlar oqimining sirtga beruvchi bosimning formulasini quyidagicha keltirib chiqarish mumkin. Fotonning yuzaga urilish natijasidagi ta'sir kuchi  $F_1 = \Delta(mc) \Delta t$  ga teng. Agar N ta foton urilsa, u holda  $F_k = NF_1 = N\Delta(mc) \Delta t$ . Bu yerda:  $\Delta(mc)$  – foton impulsining o'zgarishi. Agar yuza ideal yaltiroq bo'lsa,  $\Delta(mc) = 2mc$  ga, absolut qora bo'lsa,  $\Delta(mc) = mc$  ga teng. Unda absolut qora yuzaga berilgan bosim  $p = \frac{F}{S}$

$= N\Delta(mc) S \cdot \Delta t$ . Agar yuza yaltiroq bo'lsa,  $p_1 = N \cdot 2mc S \cdot \Delta t$ .  $E=mc^2$  dan  $mc = \frac{E}{c}$  ekanligini hisobga olinsa,  $p = \frac{NE}{c} S \cdot \Delta t$ . Bu yerda  $\frac{NE}{c} S \cdot \Delta t = I$  – yuza birligiga vaqt birligida tushuvchi yorug'lik (to'lqin) energiyasi yorug'lik (to'lqin) intensivligi  $I$  deyiladi. U holda  $p = \frac{I}{c}$ . Bu Maksvellning elektromagnit to'lqinlarning modda yuzasiga tushgandagi (absolut qora yuzaga) beradigan bosimining formulasidir. Fotoeffekt hodisasiga asoslanib ishlaydigan asboblardan eng ko'p qo'llaniladiganlari fotoqarshilikdir.

Fotoqarshilikning asosini yuzasi nisbatan katta bo'lgan, yorug'likka sezgir yarimo'tkazgich tashkil qiladi. Uning sxematik ko'rinishi va shartli belgisi 6.4-rasmda keltirilgan. a) b) yorug'lik iste'molchi 6.4-rasm. Xona temperaturasida yarimo'tkazgichning qarshiligi juda katta va undan juda kichik tok o'tadi. Unga yorug'lik tushishi bilan erkin zaryad tashuvchilarining konsentratsiyasi ortadi, qarshiligi kamayadi. Tok kuchi ortadi.

Fotoqarshiliklarning yutuqlari quyidagilar. Yuqori fotosezgirlik, uzoq muddatda samarali ishlashi, o'lchami kichikligi, tayyorlash texnologiyasi murakkab emas, har xil to'lqin uzunligida ishlaydigan yarimo'tkazgichli materialdan tayyorlanishi mumkinligidadir. Uning kamchiliklaridan biri – qarshiligining o'zgarishi yorug'lik oqimiga chiziqli bog'liq emasligi bo'lsa, ikkinchisi – temperaturaga sezgirligidir. Shu jumladan, uning inertligi katta, katta chastotalarda uning qo'llanilishida qator muammolar paydo bo'ladi. Ichki fotoeffektga asoslangan fotoelementlar. Ichki fotoeffektga asoslangan p-n o'tishli yarimo'tkazgichli fotoelementlar yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirishda qo'llaniladi.

Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beruvchi yarimo'tkazgich – kremniyli fotoelementlar keng qo'llanilmoqda va ular Quyosh batareyalari nomini olgan. yorug'lik p-tip n-tip Si – + 6.5-rasm. Quyosh batareyasining asosini n-turdagi kremniy plastinkasi tashkil qilib, uning barcha tomonlari p-tipdagi kremniyning yupqa (1–2- $\mu\text{m}$ ) qatlami bilan qoplangan (6.5-rasm). Elementning yuzasiga yorug'lik tushishi bilan yupqa p-tipdagi qatlamda elektron kovak juftlari hosil bo'lib, yupqa qatlamda rekombinatsiyalanishga ulgurmasdan p-n tip o'tishli sohaga o'tadi. p –n o'tishli sohada zaryadlarning ajralishi ro'y beradi. Hosil bo'lgan maydon ta'sirida elektronlar n-sohaga, kovaklar p-sohaga haydaladi. Hosil bo'lgan EYuK o'rtacha hisobda 0,5 V gacha bo'ladi. 1  $\text{cm}^2$  yuzali bunday element iste'molchiga ulanganda 25 mA gacha tok beradi. Kremniyli fotoelementlar sezgirliги yashil nurlar uchun maksimum, ya'ni Quyosh nurlanishining maksimal qismiga to'g'ri keladi. Shuning uchun ular yuqori FIKga ega bo'lib, odatda, 11–12 %, yuqori sifatli materiallarda 21–22 % ga bo'radi.

Quyosh batareyalari Yerdagi Quyosh elektrostansiyalaridan tashqari, Yerning sun'iy yo'ldoshlari va kosmik kemalarda elektr energiya manbasi sifatida xizmat qiladi. 145 Ichki fotoeffektga asoslangan va eng ko'p qo'llaniladigan asboblardan biri yorug'lik diodlari (yarimo'tkazgichli lazerlar)dir. Bu bir yoki bir nechta p– n o'tishga asoslangan diod bo'lib, undan elektr toki o'tganda o'zidan yorug'lik chiqaradi. Bu diod materialida elektronlarning miqdori hamda harakatchanligi kovaklarga nisbatan kattaroq bo'ladi. Elektronlar n-sohadan p-sohaga o'tganda kovaklar bilan rekombinatsiyalashib, o'zlaridan ortiqcha

energiyani nur sifatida chiqaradi. Yarimo'tkazgich materialining turiga bog'liq holda nurlanish rangi turlicha bo'ladi.

O'zbekiston FA akademigi M. Saidov tomonidan 10 ga yaqin turli nurlanishga ega bo'lgan yorug'lik diodlari yaratilgan hamda nazariyasi va tayyorlash texnologiyasi ishlab chiqilgan. Avvallari fotoasboblarni faqat kinotexnikada hamda fotoelektron sanagichlarda qo'llanilgan bo'lsa, bugungi kunda yoritgichlarda, robototexnikada, avtomatikada, fotometriyada, tungi ko'rish asboblari, Quyosh elektrostansiyalarida hamda yorug'lik nurlari yordamida amalga oshiriluvchi ilmiy tadqiqotlarda keng qo'llanilmoqda. O'zbekistonda Quyosh energiyasidan keng foydalanish maqsadida 1993-yilda "Fizika-Quyosh" ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi tashkil etildi va keng ko'lamda ilmiy-tadqiqot hamda amaliy izlanishlar olib borilmoqda.

**Mazvzu yuzasidan savollar:**

1. Fotorezistor nima va uning ishlashi qanday tamoyilga asoslanadi?
2. Ichki fotoeffektga asoslangan fotoelementning elektr energiya manbai sifatida qo'llanilish tamoyilini tushuntiring.
3. P. N. Lebedevning yorug'likning bosimini o'lchash tajribasini tushuntiring.
4. Yorug'lik bosimini yorug'likning kvant tasavvuri asosida tushuntiring