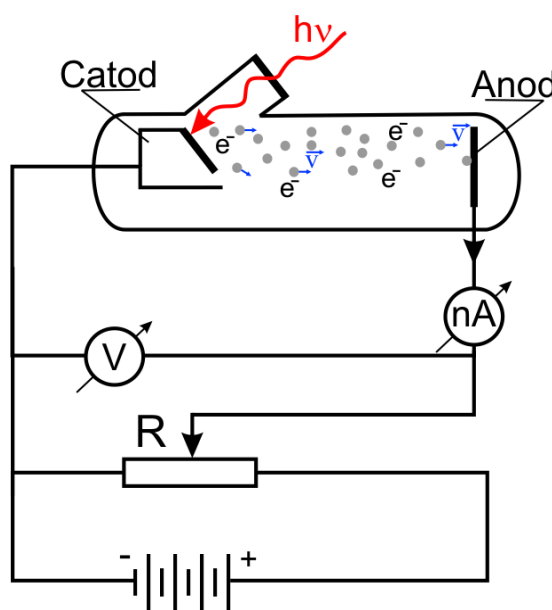


Cursul 8.6. Interacțiunea radiației luminoase cu substanța: Efectul fotoelectric

În 1887 H. Hertz a descoperit în decursul unor experimente în care investiga proprietățile undelor electromagnetice ca lumina ultravioletă care cadea pe unul din cei doi electrozi metalici ușura trecerea, producerea de scintile. Ulterior W. Hallwacs, M. Stoletov și P. Lenard și chiar și alții au arătat că din suprafețe metalice iradiate cu unde electromagnetice de înaltă frecvență sunt scoase particule încărcate. În 1900 prin măsurarea raportului dintre sarcina și masa particulelor încărcate ca acestea sunt similare cu cele descrise de J. J. Thompson și denumite electroni.

Definiție: Efectul fotoelectric constă în emisia de electroni de către unele materiale luate la iradiare în domeniul vizibil și ultraviolet.

Efectul fotoelectric a fost explicat de Einstein (1905), atestând caracterul corpuscular al luminii. Efectul fotoelectric poate fi studiat cu următoarea experiență ușor realizabilă prezentată în Figura 1. În balonul de sticlă vidat sunt dispuși doi electrozi; catodul format dintr-un strat de metal fotosensibil (Cesiu, Rubidiu) și un anod format dintr-un inel sau sferă metalică, dispus la o anumită distanță de catod. Iradiind catodul cu un fascicul de lumină monocromatică, în anumite condiții de frecvență și intensitate, galvanometrul (nano-ampermetrul) indică un curent fotoelectric în circuitul exterior. Intensitatea acestui curent este influențată de diferența



de potențial dintre cei doi electrozi. Acest dispozitiv care realizează transformarea energiei radiante în energie electrică se numește celulă fotoelectrică. Variind condițiile în care are loc experiența (diferența de potențial, iluminare) s-au stabilit următoarele legi ale efectului fotoelectric exterior:

Rezultatele experimentale ale lui Lenard pot fi rezumate în legile efectului fotoelectric enunțate de către

Figura 1. Celulă fotoelectrică și montajul experimental.

Albert Einstein care a primit premiul Nobel în anul 1921 pentru explicarea acestuia:

1. Exista un minim, sau o frecvență de prag a radiației ν_p sub care nu are loc emisia de electroni, indiferent de intensitatea radiației, sau de durata în care aceasta cade pe suprafața.
2. Pentru o radiație incidentă de o frecvență dată, numărul de electroni emisi în unitatea de timp este proporțional cu intensitatea radiației (fluxul).
3. Electroni sunt emisi cu viteze cuprinse într-un domeniu de la zero până la o viteză maximă v_{\max} , iar energia cinetică maximă $\frac{1}{2}mv^2$ depinde liniar de frecvența radiației și este independentă de intensitatea ei (fluxul luminos).
4. Efectul fotoelectric se produce practic instantaneu, astfel emisia de electroni are loc imediat ce lumina cade pe suprafața, fără nici o întârziere detectabilă.

Conform fizicii clasice următoarele efecte ar fi trebuit să se observe:

- Energia cinetică maximă a electronilor emisi ar trebui să crească cu intensitatea radiației incidente, independent de frecvență.
- Pentru a scoate un electron din atom clasic ar trebui să se aștepte un timp apreciabil pentru ca energia, altfel distribuită pe întreaga suprafață iluminată să se concentreze pe o arie de dimensiuni atomice.

În 1905 Albert Einstein a oferit o explicație elegantă a acestor aspecte ciudate a efectului fotoelectric. Aceasta a fost o extindere a teoriei lui Planck care a presupus că oscilatorii care sunt sursa câmpului electromagnetic pot vibra cu energii de tipul $E = h\nu$. Einstein a postulat că însuși câmpul electromagnetic este cuantificat și este format din corpusculi, numiți cuante de lumină sau fotoni. Fiecare astfel de foton se deplasează cu viteza luminii și posedă o cantă de energie de:

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \hbar\omega \quad (1)$$

Definiție: Energia minimă necesară unui astfel de foton să scoată un electron dintr-un atom și să devină electron liber se numește lucru mecanic de extracție, L_e . Legea de conservare a energiei, sau relația lui Einstein este dată atunci de relația:

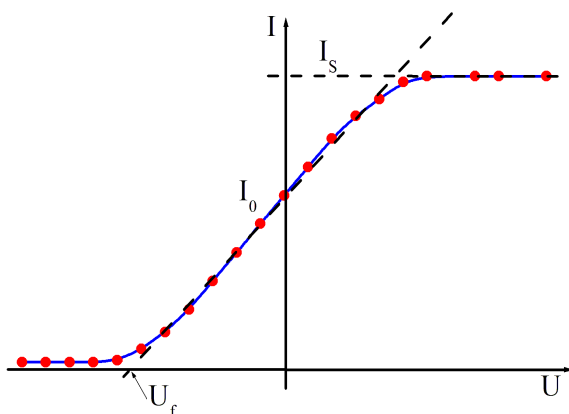


Figura 2 Caracteristica intensitatea curentului fotoelectric în funcție de tensiunea electrică aplicată între anod și catod.

$$h\nu = L_e + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (2)$$

Electronii pot fi opriti de a mai cadea pe anodul unei celule fotoelectrice si astfel de a anula un curent fotoelectric daca asupra celulei se aplica o diferenta de potential in polarizare inversa (+ pe catod si – pe anod). Tensiunea de stopare este astfel echivalata cu energia cinetica:

$$\frac{mv_{max}^2}{2} = eU_f \quad (3)$$

și satisface relația:

$$eU_f = h\nu - L_e \quad (4)$$

Efectul fotoelectric, pe lângă faptul că a jucat un rol important în confirmarea teoriei corpusculare a luminii, are și numeroase aplicații practice. Alarmerile antifurt și sistemele automate de deschidere a ușilor utilizează adesea circuite cu celule fotoelectrice. Când o persoană întrerupe fasciculul luminos, anularea bruscă a curentului activează un comutator care activează o sonerie sau o ușă. Uneori sunt folosite radiații UV sau IR la alarme, pentru că sunt invizibile. Se mai folosește și ca barieră optică cu fascicule multiple la sistemele de protecție și alarmare sau declanșarea automată a închiderii sau deschiderii ușilor halelor, garajelor etc. Multe detectoare de fum folosesc celule fotoelectrice pentru a detecta cantități infime de fum, care întrerup fluxul luminos și astfel produc scăderea curentului electric. De asemenea, pot fi amintite și fotoamplificatoarele utilizate în aparatura de detectare a diverselor tipuri de radiații (, , sau radiații X). Celulele fotoelectrice, fotorezistențele, diferiți fotosenzori, reprezintă aplicații ale efectului fotoelectric extern. Panourile fotovoltaice, utilizate din ce în ce mai mult în ultimii ani, implică tot un efect fotoelectric, dar de astă dată un efect fotoelectric intern.