

# Fotoelektrični efekat

Maturski rad

Jocić Emilija

16.6.2007

1

## 1. Eksperimentalni rezultati ispitivanja fotoelektričnog efekta

- Među pojave u kojima se ispoljavaju korpuskularne osobine svetlosti dolazi u prvom redu oslobađanje elektrona dejstvom svetlosti – fotoelektrični efekat.



16.6.2007

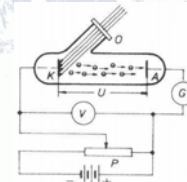
2

- Ova pojava se sastoji u udaljavanju negativnog elektriciteta sa površine metala pod dejstvom ultraviolettne svetlosti.
- Dalja istraživanja su pokazala da se suština fotoelektričnog efekta sastoji u oslobađanju elektrona.
- Lenard je 1899. god. ustanovio da se ovaj efekat zasniva na emisiji elektrona iz metalne elektrode kada na ovu padne svetlost kraće talasne dužine.

16.6.2007

3

- Ovakva pojava – da se dejstvom svetlosti mogu osloboditi elektroni iz metala – nazvana je fotoelektrični efekat.



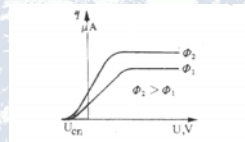
Aparatura za ispitivanje fotoefekta

16.6.2007

4

Intenzitet struje je jednak nuli tek kada se na anodu stavi negativan napon – napon zaustavljanja  $U_{cn}$ .

Pri smanjenju negativnog i povećanju pozitivnog napona intenzitet struje kroz cev raste samo do jedne granice odnosno do struje zasićenja.



Grafik intenziteta struje u funkciji od napona

16.6.2007

5

- Lenard je 1902. god. došao do eksperimentalnih rezultata koji su odigrali odlučujuću ulogu u razvoju shvatanja prirode svetlosti. Ovi rezultati se mogu prikazati sa tri važna stava:

1. Maksimalna kinetička energija elektrona koje oslobađa svetlost iz metala nezavisna je od intenziteta svetlosti i zavisi samo od talasne dužine svetlosti.

16.6.2007

6

- 2. Kinetička energija fotoelektrona je proporcionalna frekvenciji svetlosti koja izaziva fotoefekat.
- 3. Fotoelektrični efekat počinje tek kada talasna dužina upotrebijene svetlosti bude manja od jedne određene talasne dužine, koja se naziva granična talasna dužina.

16.6.2007

7

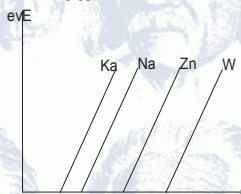
- Kasnije je ustanovljen i sledeći stav:
- 4. Fotoefekat nastupa uvek u nimerljivo kratkom vremenu posle početka dejstva svetlosti i važi izraz:

$$E_m = const(\nu - \nu_g).$$

16.6.2007

8

- Sve do granične frekvencije  $\nu_g$  ne dolazi do fotoelektričnog efekta.
- Granična frekvencija zavisi od vrste metala. Najmanje granične frekvencije imaju alkalni metali.



Grafik zavisnosti energije elektrona od frekvencije svetlosti za različite metale

16.6.2007

9

## 2. Teorijsko objašnjenje fotoelektričnog efekta i kvantna priroda svetlosti

- Nije bilo moguće objasniti postojanje granične frekvencije i činjenicu da je maksimalna brzina fotoelektrona potpuno nezavisna od intenziteta svetlosti.
- Postoji razmena energije između elektrona i svetlosti, i prema klasičnoj elektromagnetskoj teoriji razmena energije se mora vršiti intenzivnije pri većem intenzitetu svetlosti.

16.6.2007

10

- Druga poteskoća je bila činjenica da se fotoelektrični efekat javlja u nimerljivo kratkom intervalu vremena posle početka dejstva svetlosti.
- Dakle, fotoelektrični efekat nije bilo moguće objasniti klasičnom elektrodinamikom.
- Po Ajnštajnu kod svetlosti energija ostaje raspodeljena u blokovima čija je energija  $h\nu$ . Jedan takav blok je **s v e t l o s n i k v a n t**, ili **f o t o n**.

16.6.2007

11

- Da bi elektron napustio metal, mora da raspolaže najmanje onom količinom energije koliko iznosi izlazni rad  $A_i$  za taj metal ( tabela 2.1.).
- Ako je od fotona primljena energija manja od izlalnog rada elektron ne može da napusti metal i fotoelektrični efekat se ne javlja.

Izlazni rad metala  $A_i$

Metal	Izlazni rad (eV)	Metal	Izlazni rad (eV)
Li	2.4	W	4.5
Na	2.1	Pd	5.0
K	2.0	Pt	6.3
Cs	0.7		

16.6.2007

12

- Prema Ajnštajnu, do fotoefekta dolazi kada foton interaguje sa elektronima u atomu neke supstancije tako što se sva energija fotona predaje jednom elektronu. Ova energija se raspoređuje na energiju jonizacije atoma  $E_{jon}$  i izlazni rad elektrona iz tela  $A_i$ , dok ostatak prelazi u kinetičku energiju fotoelektrona  $E_k$ .

$$h \cdot \nu = E_{jon} + A_i + E_k$$

- $E_{jon}$  se zanemaruje kod metala jer imaju dosta slobodnih elektrona, pa je :

$$h \nu = A_i + E_k$$

16.6.2007

13

- Stanje površine metala bitno utiče na veličinu izlaznog rada .
- Znajući izlazni rad moguće je izračunati talasnu dužinu crvene granice fotoelektričnog efekta,  $\lambda_0$  ( tabela 3.2.) :

$$E = h \nu_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

Granične talasne dužine za različite fotokatode

Metal	Na	K	Cs	Ag	Au	Mg	Al	Fe	Pt	Si
$\lambda_0(\text{nm})$	591	665	783	264	256	396	375	289	237	306

16.6.2007

14

- Upoznaćemo se sa verovatnoćama događaja ( efikasnim preseccima ) i sa pojmom stanja sistema pre i posle odigravanja događaja.
- Ako se sa  $\eta = \frac{n_e}{n_f}$ , definiše kvantna efikasnost,
- srednja vrednost fotostruje se može napisati kao
- Ako se iz izraza za snagu svetlosti koju donose na fotokatodu fotoni  $P_f = n_f E_f = n_f h \nu$  izrazi  $n_f$  i zameni u jednačinu (2.1.) dobija se:

$$I_f = e n_e = e n_f \eta. \quad (2.1.)$$

$$I_f = \frac{e P_{fn}}{h \nu} = \frac{e \lambda \eta P_f}{hc} = \gamma P_f,$$

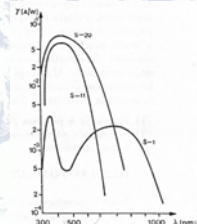
- gde  $\gamma = \frac{e \eta \lambda}{hc} = \frac{I_f}{P_f}$  predstavlja fotoelektričnu osetljivost.

16.6.2007

15

- Fotokatode mogu biti različitih sastava i njihove fotoelektrične osetljivosti se najčešće prezentuju kao funkcije talasne dužine.

- Tako je fotokatoda napravljena od antimona i ceziuma označena sa S-11. S-1 je oznaka za kombinaciju srebrooksida i antimona, dok je na primer S-20 oznaka za fotokatodu od multialkalnih elemenata ( natrijum, kalijum i rubidijum).



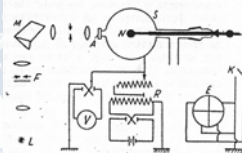
Krive fotoelektrične osetljivosti za različite fotokatode

16.6.2007

16

### 3. Eksperimentalno proveravanje Ajnštajnovе formule

- Koristi se metoda sfernog kondenzatora
- Ovde je izvor svetlosti kvarcni monohromator FM. Kroz kvarcno oko A svetlost dospeva u stakleni sferni balon S koji je sa unutrašnje strane posrebn.
- Metalna kuglica N, napravljena od ispitivanog metala .

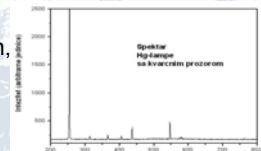


Schema eksperimentalnog uređaja

16.6.2007

17

- Potencijometar dozvoljava da se obloga kondenzatora dovede na određeni napon, koji se meri voltmetrom V; potencijal kuglice meri se elektrometrom E. Svetlost koju emituje živina lampa

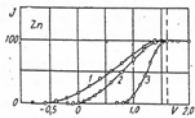


Spektar Hg lampe sa kvarcnim prozorom

- pada na katodu napravljenu od materijala koji se proučava i izaziva pojavu naelektrisanja. Naelektrisanja se kreću ka anodi (A), i mogu se kočiti dejstvom električnog polja između anode i katode koji nastaje kao posledica primene zakočnog napona.

16.6.2007

18



Fotoelektrični efekat na cinku

- Na slici su prikazane tri krive, dobijene pri osvetljavanju cinkove kuglice talasnim dužinama 1-2302 Å, 2-2537 Å i 3-3130 Å. Krive počinju da se spuštaju počevši od jedne iste potencijalne razlike nezavisno od talasne dužine. Ova potencijalna razlika upravo je jednaka kontaktnoj razlici potencijala, koja se prema tome određuje bez specijalnih merenja.

16.6.2007

19

## 4. Primena fotoelektričnog efekta

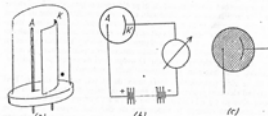
- Primena fotoefekta se obično vrši pomoću fotočelija.
- Fotočelije obično služe za prevođenje promena svetlosnog fluksa u promene intenziteta električne struje.
- Fotoelektrični efekat može da se vrši na dva načina:
  1. kad elektroni prime dovoljno energije da mogu da izlete iz tela u spoljašnji prostor - **spoljašnji fotoelektrični efekat**.
  2. primljena energija je nedovoljna da elektroni napuste telo, ali ta energija eksituje elektrone - **unutrašnji fotoelektrični efekat**.

16.6.2007

20

### 4.1. Spoljašnji fotoelektrični efekat

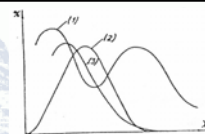
- Za praktičnu upotrebu fotoefekta značajna je pojava tzv. **fotoelektričnog zamora**. Primećeno je da se emisija fotoelektrona sa površine metala smanjuje sa vremenom.
- **Fotočelije u kojima se koristi spoljašnji fotoefekat**



Izgled i shema fotočelije sa spoljašnjim fotoefektom

16.6.2007

21



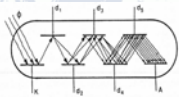
Spektralne karakteristike fotočelija

- Date su spektralne karakteristike vakuumskih fotočelija Cs-Ag (1), Cs-Sb (2) i K-Sb (3). Na apscisnu osu nanete su talasne dužine upotrebljene svetlosti, a na ordinatu relativna osetljivost fotočelije u % odnosno anodna struja po jedinici svetlosnog fluksa.

16.6.2007

22

- Postoje i gasne fotočelije kod kojih gas povećava anodnu struju ćelije efektom udarne jonizacije.
- Najčešće korišćena fotočelija u poslednje vreme je **fotomultiplikator**.



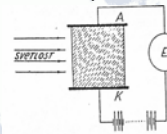
- Geometrijska raspodela ovih elemenata i napon fokusirajuće rešetke su faktori koji određuju graničnu učestanost koja se datim fotomultiplikatorom može detektovati.

16.6.2007

23

### 4.2. Unutrašnji fotoelektrični efekat

- Za praktične ciljeve mnogo je važniji unutrašnji fotoefekat na poluprovodnicima. I kada su poluprovodnici neosvetljeni, kroz njih protiče izvesna struja, tzv. tamna struja. Pri osvetljenju poluprovodnika nastupa unutrašnji fotoelektrični efekat i struja u kolu se povećava.



Poluprovodnik sa unutrašnjim fotoefektom

16.6.2007

24

- U grupi fotoćelija sa unutrašnjim fotoefektom razlikuju se dva tipa:
  - a) Fotoćelije sa zaprečnim slojem (fotoelementi),
  - b) Fotootpornici.

Kod **fotoelemenata** se svetlosna energija prevodi u rad električne struje, pa se može reći da je ovo neka vrsta elemenata slična galvanskim **Fotootpornici** su fotoćelije čije se dejstvo zasniva na promeni otpornosti poluprovodnika pod dejstvom svetlosti. To je pločica od izolatora na kojoj je nanešen tanak sloj nekog poluprovodnika.

16.6.2007

25

- Postoji još jedna vrsta fotoćelija koja je u današnje vreme našla najveću primenu u ljudskom životu i naziva se **solarna ćelija**.
- Solarna ćelija predstavlja element električnog kola koji vrši konverziju energije sunčevog zračenja u električnu energiju.



16.6.2007

26

Hvala na pažnji!

16.6.2007

27