

# Vaja 68 - Fotoefekt

Jure Kozamernik

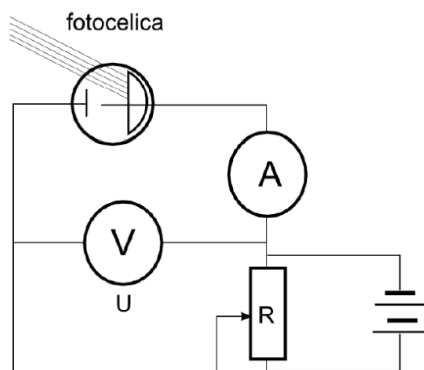
04.20.2022

## 1 Uvod

Iz površine kovine, ki jo obsevamo z elektromagnetnim valovanjem, izletavajo elektroni, če je valovna dolžina valovanja dovolj kratka. Pojav imenujemo fotoelektrični pojav ali fotoefekt. Energija izstopajočih elektronov je sorazmerna frekvenci vpadle svetlobe in neodvisna od intenzitete svetlobnega toka. Klasično pojmovanje, po katerem se svetloba širi kot valovanje, ne pojasnjuje pojava, zato moramo privzeti, da se pri tem svetloba vede, kot da bi jo sestavljali delci - fotoni. Fotoefekt pa pojasnimo takole: Elektroni so v kovini vezani. Zapustijo jo, če jim dovedemo energijo, ki je enaka ali večja od njihove vezavne energije. Torej morajo opraviti izstopno delo  $A_i$ . Elektron, ki zajame foton z valovno dolžino  $\lambda$ , lahko zapusti kovino, če je energija fotona  $hc\lambda = h\nu$  večja ali enaka izstopnemu delu. Njegova kinetična energija je tedaj:

$$W_k = h\nu - A_i, \quad (1)$$

kjer je  $\nu$  frekvenca vpadlega valovanja in  $h$  Planckova konstanta.



Slika 1: Shema merilne naprave [kopirano iz navodil za 68. vajo]

Pri večini kovin je izstopno delo  $A_i$  nekaj eV. Enačba velja le za elektrone s površja; tisti iz notranjosti izgube nekaj kinetične energije na poti do površja. Pojav opazujemo s posebno napravo, ki ji rečemo fotocelica. Na sliki je narisano merilno vezje s

fotocelico. Katoda fotocelice je kovinska ploščica ali pa je na stekleno steno naparjena plast kovine. Tok skozi fotocelico lahko merimo z občutljivim merilnikom električnega toka – galvanometrom. Dokler je celica v temi, instrument ne kaže odklona. Ko pa katodo osvetlimo, steče tok, ki narašča z intenziteto svetlobe. Elektroni s kinetično energijo  $W_k$  dosežejo anodo, tudi če je med njo in katodo majhna zaporna napetost. Preneha šele, ko negativna napetost doseže vrednost  $U_m$ , ki zadrži tudi elektrone z največjo kinetično energijo. Tedaj velja enačba:

$$eU_m = W_k = h - A_i. \quad (2)$$

Iz diagrama tok-napetost, lahko določimo maksimalno kinetično energijo (ali  $U_m$ ) v točki, ko preneha teči tok. Z osvetljevanjem fotocelice s svetlobo različnih valovnih dolžin, lahko določimo ustrezne energije izstopajočih elektronov. V diagramu energija elektronov-frekvenca svetlobe pa lahko iz naklona premice določimo Planckovo konstanto  $h$ . Iz njenega premika vzdolž osi energije pa ocenimo izstopno delo.

## 2 Naloga

Preveri linearno zvezo med frekvenco svetlobe in energijo fotona. Določi Planckovo konstanto in izstopno delo!

### 2.1 Potrebščine

1. Optična klop,
2. živosrebrna luč s transformatorjem,
3. zaslonka,
4. filtri za svetlobo,
5. fotocelica z vezalno ploščo,
6. izvor napetosti,

Potek poskusa (glej tudi navodila na klopì):

#### Obdelava podatkov:

1. Za vsak barvni filter nariši graf, ki prikazuje odvisnost katodnega toka od zaporne napetosti.
2. Z grafov odčitaj mejne zaporne napetosti in jih zapiši v tabelo.
3. Nariši graf, ki prikazuje odvisnost mejne zaporne napetosti od frekvence svetlobe.
4. Iz grafa določi Planckovo konstantno in izstopno delo.

### 3 Meritve

Tabele 1, 2, 3, 4, 5 predstavljajo meritve posameznih svetlobnih filtrov.

i	U [V]	I [ $10^{-13}A$ ]
0	0,004	77
1	-0,031	76
2	-0,202	65
3	-0,384	55
4	-0,554	46
5	-0,778	35
6	-0,979	25
7	-1,221	15
8	-1,470	6
9	-1,746	0

Tabela 1:  $\lambda = 365 \text{ nm}$

i	U [V]	I [ $10^{-13}A$ ]
0	0,004	72
1	-0,060	76
2	-0,094	65
3	-0,153	60
4	-0,225	55
5	-0,305	50
6	-0,471	40
7	-0,635	30
8	-0,816	20
9	-1,047	10
10	-1,384	0

Tabela 2:  $\lambda = 405 \text{ nm}$

i	U [V]	I [ $10^{-13}A$ ]
0	0,005	98
1	-0,068	90
2	-0,120	85
3	-0,164	81
4	-0,230	75
5	-0,279	70
6	-0,374	60
7	-0,486	50
8	-0,598	40
9	-0,712	30
10	-0,927	15
11	-1,010	10
12	-1,114	5
13	-1,246	0

Tabela 3:  $\lambda = 436$  nm

i	U [V]	I [ $10^{-13}A$ ]
0	0,004	61,5
1	-0,042	55
2	-0,089	50
3	-0,141	45
4	-0,194	40
5	-0,253	35
6	-0,302	30
7	-0,358	25
8	-0,414	20
9	-0,518	10
10	-0,758	0

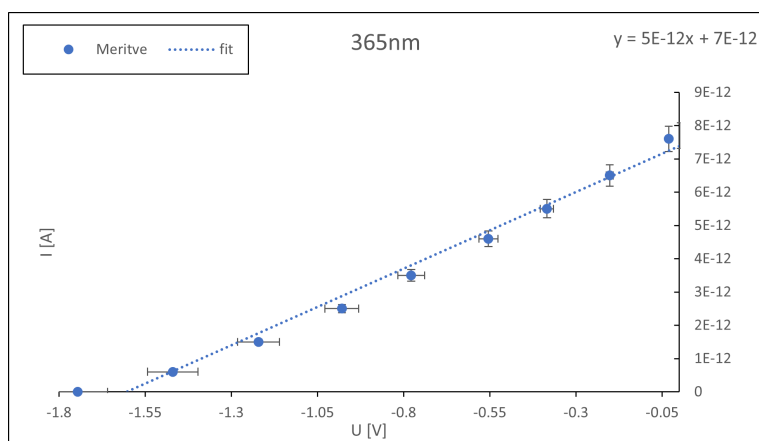
Tabela 4:  $\lambda = 546$  nm

i	U [V]	I [ $10^{-13}$ A]
0	0,004	33
1	-0,032	30
2	-0,091	26
3	-0,157	20
4	-0,217	16
5	-0,311	10
6	-0,355	8
7	-0,421	4
8	-0,602	2
9	-0,611	0

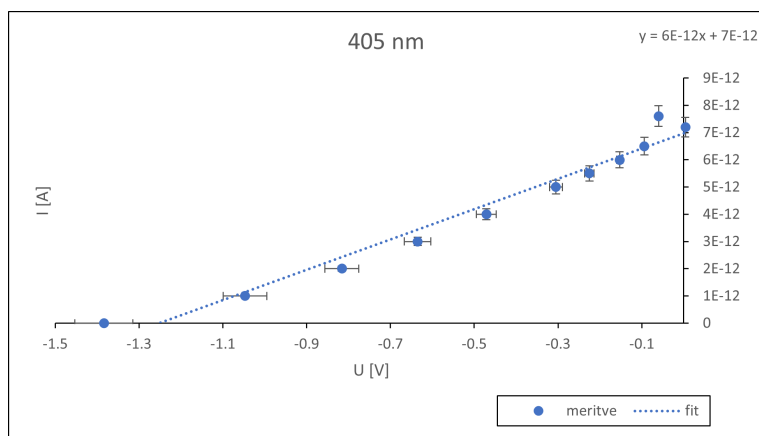
Tabela 5:  $\lambda = 577$  nm

## 4 Obdelava meritev

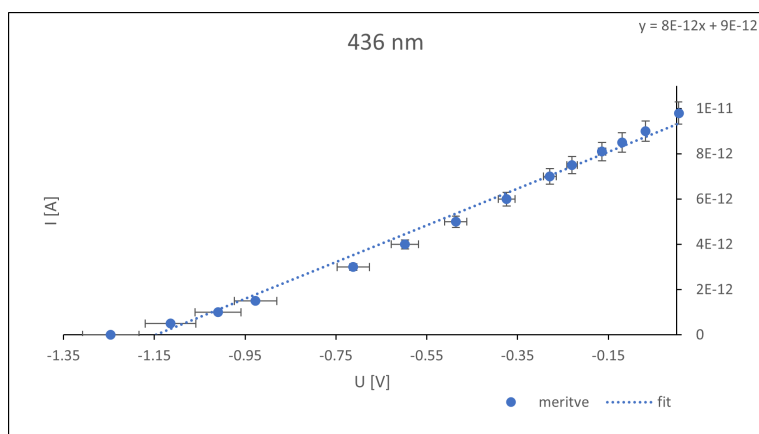
Grafi 1, 2, 3, 4 in 5 prikazujejo meritve pri posamezni svetlobi posamezne valovne dolžine.



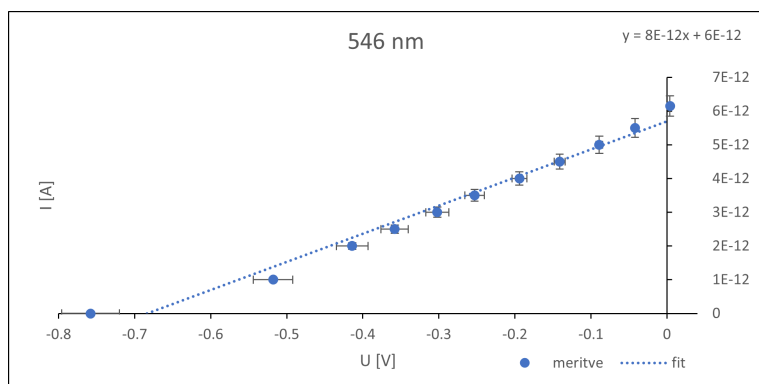
Slika 2: Graf meritev s filterom  $\lambda = 365$  nm



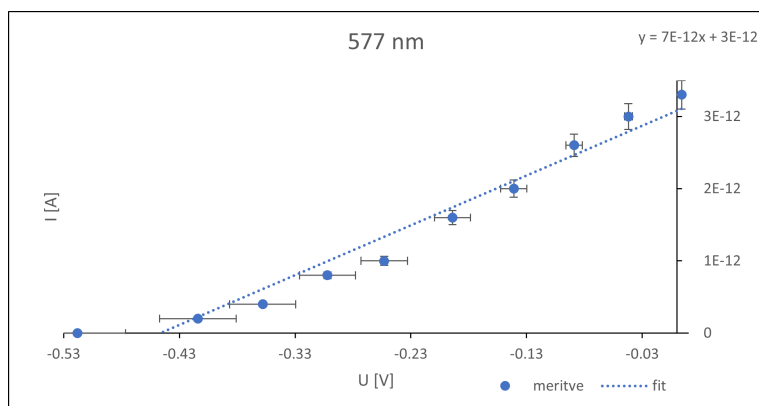
Slika 3: Graf meritev s filterom  $\lambda = 405nm$



Slika 4: Graf meritev s filterom  $\lambda = 436nm$



Slika 5: Graf meritev s filterom  $\lambda = 546nm$



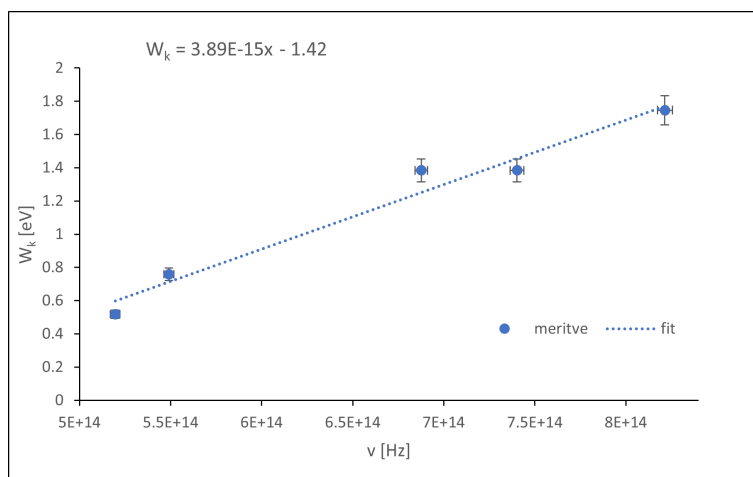
Slika 6: Graf meritev s filterom  $\lambda = 577nm$

Za določitev Planckove konstante, za vsako valovno dolžino izberemo napetost  $U_m$  pri kateri tok več ne teče. Izbrane napetosti prikazuje tabela 6.

i	U [V]	I [ $10^{-13}A$ ]
1	365	-1,746
2	405	-1,384
3	436	-1,246
4	546	-0,758
5	577	-0,611

Tabela 6: Napetosti za določitev Planckove konstante

Valovno dolžino sedaj pretvorimo v frekvenco po enačbi  $\nu = c/\lambda$ , napetost pa v kinetično energijo po enačbi (2). Slika 7 prikazuje odvisnost kinetične energije elektrona  $W_k$  od frekvence  $\nu$  vpadne svetlobe. Premica, ki se najboljše prilega meritvam ima enačbo  $W_k = k\nu + n$ , kjer je  $k = 3,89 \times 10^{15} \text{ eV s}$  in  $n = 1,42 \text{ eV}$



Slika 7: Graf odvisnosti kinetične energije  $W_k$  od frekvence svetlobe  $\nu$

Po enačbi (2) določimo, da je Planckova konstanta enaka  $h = 3,89 \cdot 10^{-15} \text{ eV s} \pm 0,4 \times \text{eV s}$ . Za določitev napake ocenimo naklon najstrmejše in najpoložnejše premice, ki se še prilegata podatkom. Po enačbi (2) je izstopno delo približno enako  $A_i \approx 1,42 \text{ eV}$ .

## 5 Analiza rezultatov

Potrdili linearno zvezo med kinetično energijo elektrona in frekvenco vpadne svetlobe. Planckova konstanta, določena pri tej vaji, se kar približa sprejeti vrednosti  $h = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV s}$ , oziroma je celo vključena v interval napake. Prav tako nam je uspelo določiti tudi izstopno delo, potrebno, za izlet elektrona iz površine kovine.