

# Vaja 68: Fotoefekt

Matevž Demšar

29. februar 2024

**Opis.** Pri vaji z opazovanjem fotoefekta izmerimo Planckovo konstanto. Pojav opazujemo s fotocelico, ki jo obsevamo z ultravijolično svetlobo različnih valovnih dolžin. Pri dovolj majhni valovni dolžini iz katode fotocelice izletavajo elektroni in skozi fotocelico steče tok. Kinetična energija elektronov je pri tem manjša od energije fotonov, saj pri izstopu iz kovine opravijo delo. Velja:

$$W_p = h\nu$$

$$W_k = h\nu - A_i$$

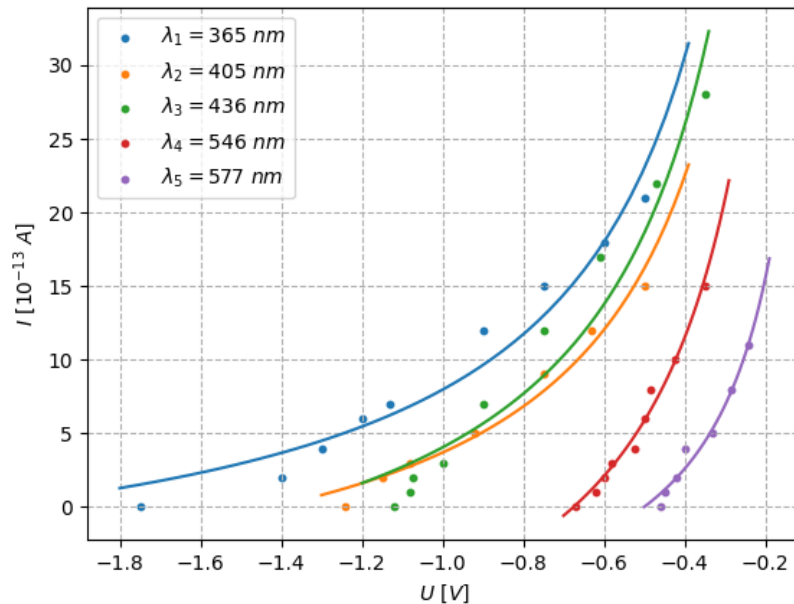
Kinetično energijo lahko zmanjšamo tako, da fotocelico povežemo v tokokrog, ki na njej ustvari zaporno napetost. Z  $U_m$  označimo vrednost zaporne napetosti, ki je dovolj velika, da elektroni prenehajo teči skozi fotocelico.

**Meritve.** Pri različnih zapornih napetostih z galvanometrom izmerimo tok skozi fotocelico. Meritev ponovimo pri različnih valovnih dolžinah ultravijolične svetlobe. Rezultate zapišemo v Tabelo 1.

$\lambda_1 = 365 \text{ nm}$		$\lambda_2 = 405 \text{ nm}$		$\lambda_3 = 436 \text{ nm}$	
$U \text{ [V]}$	$I \text{ [} 10^{-13} \text{ A]}$	$U \text{ [V]}$	$I \text{ [} 10^{-13} \text{ A]}$	$U \text{ [V]}$	$I \text{ [} 10^{-13} \text{ A]}$
-0,50	21	-0,50	15	-0,35	28
-0,60	18	-0,63	12	-0,47	22
-0,75	15	-0,75	9	-0,61	17
-0,90	12	-0,92	5	-0,75	12
-1,13	7	-1,08	3	-0,90	7
-1,20	6	-1,15	2	-1,00	3
-1,30	4	-1,24	0	-1,08	1
-1,40	2			-1,12	0
-1,57	0				
$\lambda_4 = 546 \text{ nm}$		$\lambda_5 = 577 \text{ nm}$			
$U \text{ [V]}$	$I \text{ [} 10^{-13} \text{ A]}$	$U \text{ [V]}$	$I \text{ [} 10^{-13} \text{ A]}$		
-0,35	15	-0,24	11		
-0,43	10	-0,29	8		
-0,49	8	-0,33	5		
-0,50	6	-0,40	4		
-0,53	4	-0,42	2		
-0,58	3	-0,45	1		
-0,60	2	-0,46	0		
-0,62	1				
-0,67	0				

Tabela 1: Meritve tokov skozi fotocelico pri različnih napetostih.

**Izračuni.** Z grafa toka v odvisnosti od napetosti (Slika 1) lahko odčitamo napetost, pri kateri je delo električne sile  $A_e = e U_m$  enako največji kinetični energiji elektronov. Pričakujemo, da sta tok in napetost v obratnem sorazmerju, zato izmerkom prilagodimo krivulje oblike  $y = ax^{-1} + b$ . V vrednosti  $U_m$  ima krivulja ničlo, torej lahko izračunamo  $U_m = -\frac{a}{b}$ . Vrednosti  $U_m$  so zapisane v Tabeli 2.



Slika 1: Tok skozi fotocelico v odvisnosti od zaporne napetosti

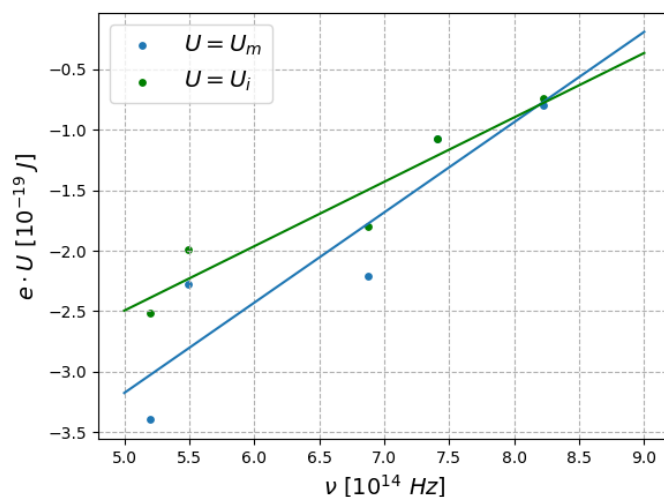
$\lambda$ [nm]	$U_m$ [V]	$U_i$ [V]
365	-2,13	-1,57
405	-1,42	-1,24
436	-1,38	-1,12
546	-0,67	-0,67
577	-0,50	-0,46

Tabela 2: Izračunana mejna zaporna napetost  $U_m$  za različne vrednosti  $\lambda$ . Ker smo pri vsaki valovni dolžini iskano napetost tudi izmerili, so v tabeli navedene tudi izmerjene napetosti  $U_i$ .

Vrednost Planckove konstante  $h$  lahko preberemo iz grafa  $e U$  v odvisnosti od frekvence svetlobe, kakršnega prikazuje slika 2. Izmerkom ponovno prilagodimo krivuljo, tokrat oblike  $y = ax + b$ . Vrednost  $a$  ustreza Planckovi konstanti, vrednost  $b$  pa izstopnemu delu.

**Rezultati.** S  $h_1$  označimo koeficient premice, ki jo priredimo grafu  $e U_m(\nu)$ , s  $h_2$  pa koeficient premice  $e U_i(\nu)$ . Kot rezultat vzemimo povprečno vrednost koeficientov  $h$ .

$$\begin{array}{lll} h_1 = 7,5 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s} & h_2 = 5,3 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s} & h = 6,4 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s} \\ A_{i1} = 6,9 \times 10^{-33} \text{ J} & A_{i2} = 5,2 \times 10^{-33} \text{ J} & A_i = 6,1 \times 10^{-33} \text{ J} \end{array}$$



Slika 2: Kinetična energija izstopajočih elektronov je odvisna od frekvence svetlobe po enačbi  $W_k = h\nu - A_i$ . Ker smo pri merjenju dobili dve različni vrednosti mejne zaporne napetosti, narišemo dve premici.

**Ocena napake.** Odstopanje od znane vrednosti  $h = 6,6 \times 10^{-34}$  znaša okoli 3 %. Do največjih merskih napak je prihajalo pri merjenju toka, saj je bil za tako majhne toke galvanometer verjetno premalo občutljiv. Ocenimo lahko sledeče merske napake:

$$\Delta I = \pm 10^{-13} \text{ A}$$

$$\Delta U = \pm 0,01 \text{ V}$$

$$\Delta \lambda = \pm 1 \text{ nm}$$

Ocenimo lahko torej napako izmerjene vrednosti Planckove konstante:

$$\Delta h = \pm 2,1 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$$

$$h = 6,4 (1 \pm 0,3) \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$$

**Zaključek.** Izmerjena Planckova konstanta  $h$  od znane vrednosti odstopa v okviru merske napake. Le-ta pa je precej velika, zato se na izmerjeno vrednost ne bi zanašal brez nadaljnega merjenja.