

UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

## **Poročilo**

Vaja 68 - Fotoefekt

Luka Orlić

9. april 2023

# Kazalo

<b>1</b>	<b>Teoretični uvod</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Naloga</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Vprašanja</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Potrebščine</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Skica</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>Meritve</b>	<b>4</b>
6.1	Metodologija . . . . .	5
<b>7</b>	<b>Obdelava meritev</b>	<b>5</b>
<b>8</b>	<b>Analiza rezultatov</b>	<b>13</b>

# 1 Teoretični uvod

Iz površine kovine, ki jo obsevamo z elektromagnetnim valovanjem, izletavajo elektroni, če je valovna dolžina 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: Elektrni 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 taka, ki jo opiše enačba (1), večja ali enaka izstopnemu delu. Njegova kinetična energija je tedaj taka, kot jo opiše enačba (2), kjer je  $\nu$  frekvenca vpadlega valovanja,  $h$  je Planckova konstanta. Pri večini kovin je izstopno delo  $A_i$  nekaj  $ev$  (elektron-voltov). Enačba velja le za elektrone s površja; tisti iz notranjosti izgubijo nekaj kinetične energije na poti do površja. Pojav opazujemo s posebno napravo, ki ji rečemo fotocelica. Na sliki je nearisano 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 je negativna napetost doseže vrednost  $U_m$ , ki zadrži tudi elektrone z največjo kinetično energijo. Tedaj velja enačba (3). Iz diagram (1) tok-napetost, lahko odčitamo maksimalno kinetično energijo ( $U_m$ ) 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.

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

$$W_k = h\nu - A_i \quad (2)$$

$$eU_m = W_k = h\nu - A_i \quad (3)$$

## 2 Naloga

- i.) Preveri linearno zvezo med frekvenco svetlobe  $\nu$  in energijo fotona. Določi Planckovo konstanto in izstopno delo!

## 3 Vprašanja

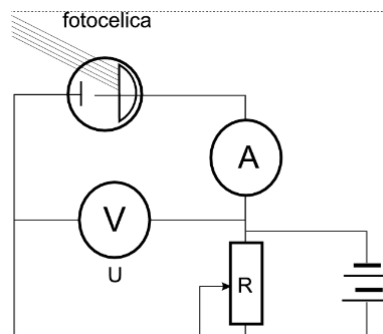
- i.) Kako je sila na vodnik odvisna od kota, ki ga oklepata smeri polja in toka? Kakšna je smer sile?
- ii.) Tehnica silo preračuna v maso. Kaj bi taka tehnika pokazala, če bi poskus izvajali npr. na Luni, kjer je  $g = 1,6 \text{ m/s}^2$ ?

## 4 Potrebščine

- Optična klop,
- Živosrebrna luč s transformatorjem,
- Zaslونka,
- Ampermeter,
- Fotocelica z vezalno ploščo,
- Izvor napetosti.

## 5 Skica

Skica (1) je skica poskusa.



Slika 1: Shema poskusa za opazovanje fotoefekta

## 6 Meritve

Meritve I(U)		
Index	U [V]	tok [pA]
$\lambda = 365 \text{ nm}$		
1	0.002	6.8
2	0.14	6.0
3	0.33	5.0
4	0.503	4.2
5	0.639	3.6
6	0.808	2.8
7	1.000	2.0
8	1.250	1.1
9	1.373	0.7
10	1.592	0.1
11	1.660	0.0
12	1.808	-0.2
13	1.992	-0.2
$\lambda = 405 \text{ nm}$		
1	0.000	5.6
2	0.12	4.9
3	0.24	4.2
4	0.407	3.4
5	0.55	2.8
6	0.772	1.7
7	0.974	9.0
8	1.121	5.0
9	1.266	0.0
10	1.479	-2.0
11	1.668	-2.0
$\lambda = 436 \text{ nm}$		
1	0.000	7.4
2	0.166	6.1
3	0.404	4.4
4	0.601	3.0
5	0.74	2.1
6	0.944	1.0
7	1.116	0.3
8	1.295	-0.1
9	1.364	-0.2
10	1.667	-0.2

Meritev I(U)		
Index	U [V]	tok [pA]
$\lambda = 546 \text{ nm}$		
1	0.000	3.5
2	0.205	2.1
3	0.422	0.6
4	0.559	-0.1
5	0.67	-0.4
6	0.723	-0.5
7	0.792	-0.5
8	0.958	-0.5
9	1.263	-0.5
$\lambda = 577 \text{ nm}$		
1	0.000	1.2
2	0.080	0.9
3	0.131	0.7
4	0.229	0.4
5	0.338	0.0
6	0.433	-0.2
7	0.511	-0.3
8	0.579	-0.4
9	0.680	-0.4
10	0.800	-0.4

$$l = 0, 3 \text{ m} \tag{4}$$

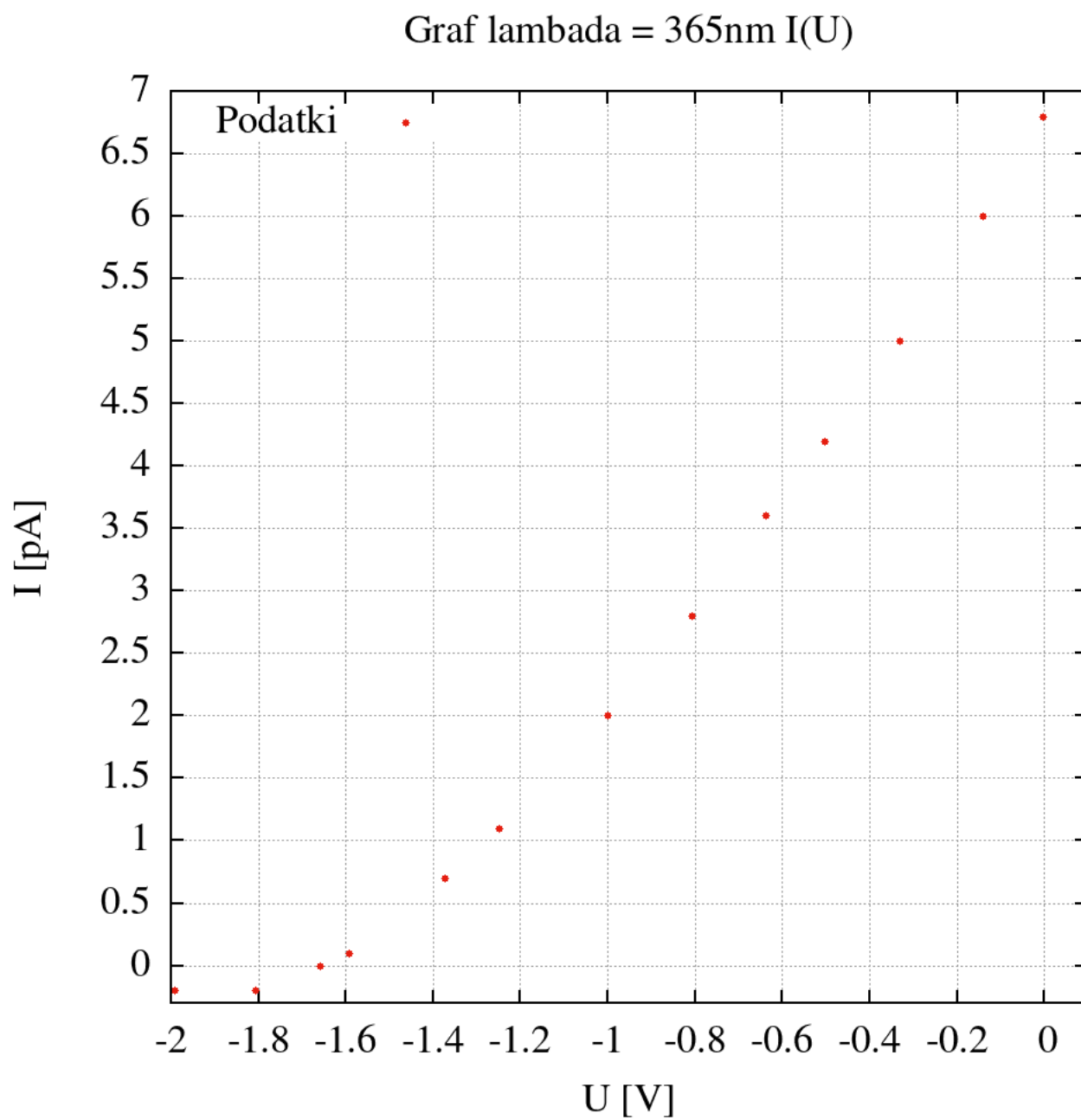
## 6.1 Metodologija

Sledili smo navodilom za meritve.

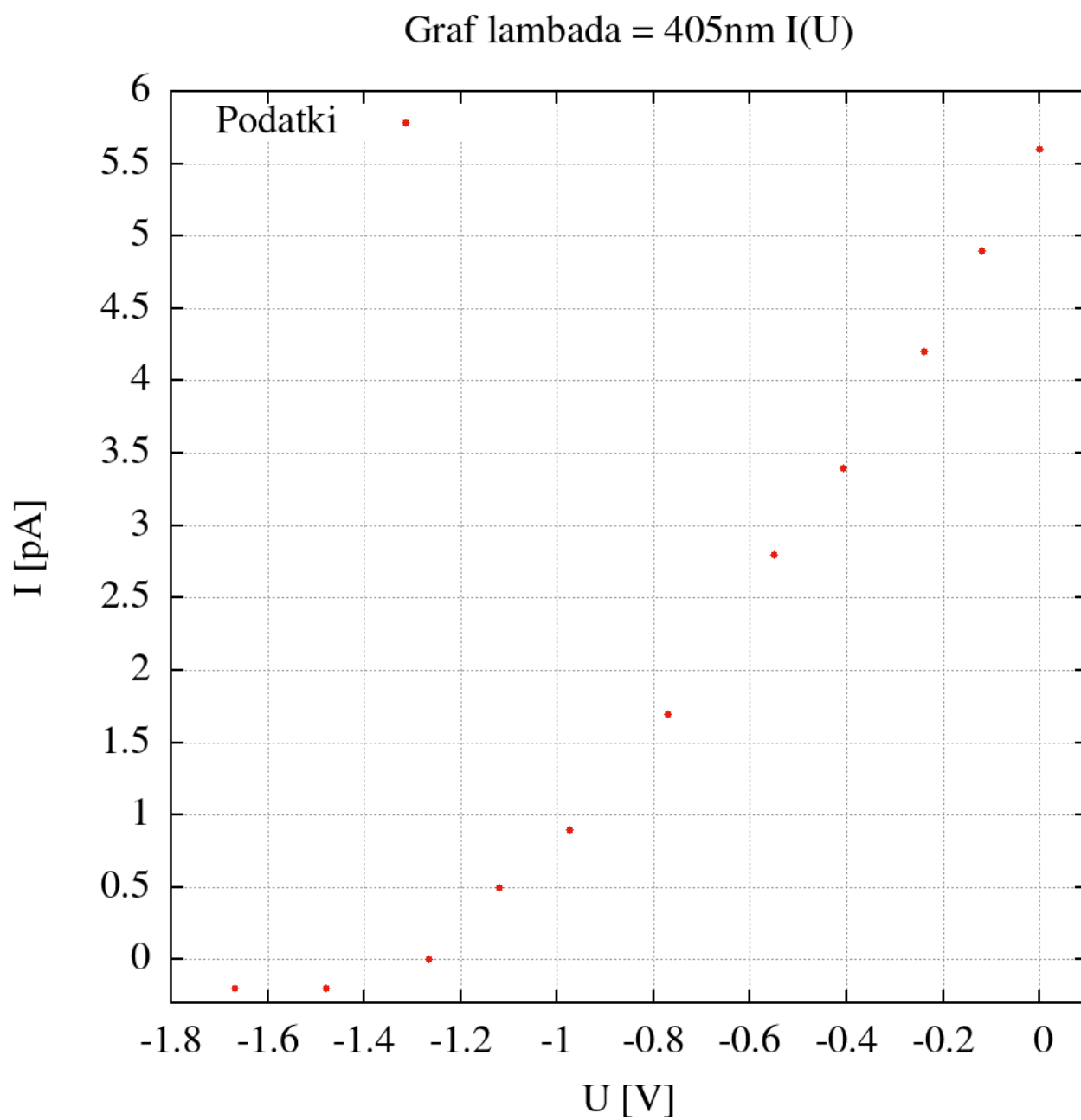
## 7 Obdelava meritev

Slike (2, 3, 4, 5, 6) prikazujejo meritve.

Podatki : zaporna napetost	
$\nu \text{ [Hz]}$	$W_k \text{ [eV]}$
0.82	1.808
0.74	1.479
0.68	1.364
0.54	0.792
0.51	0.579

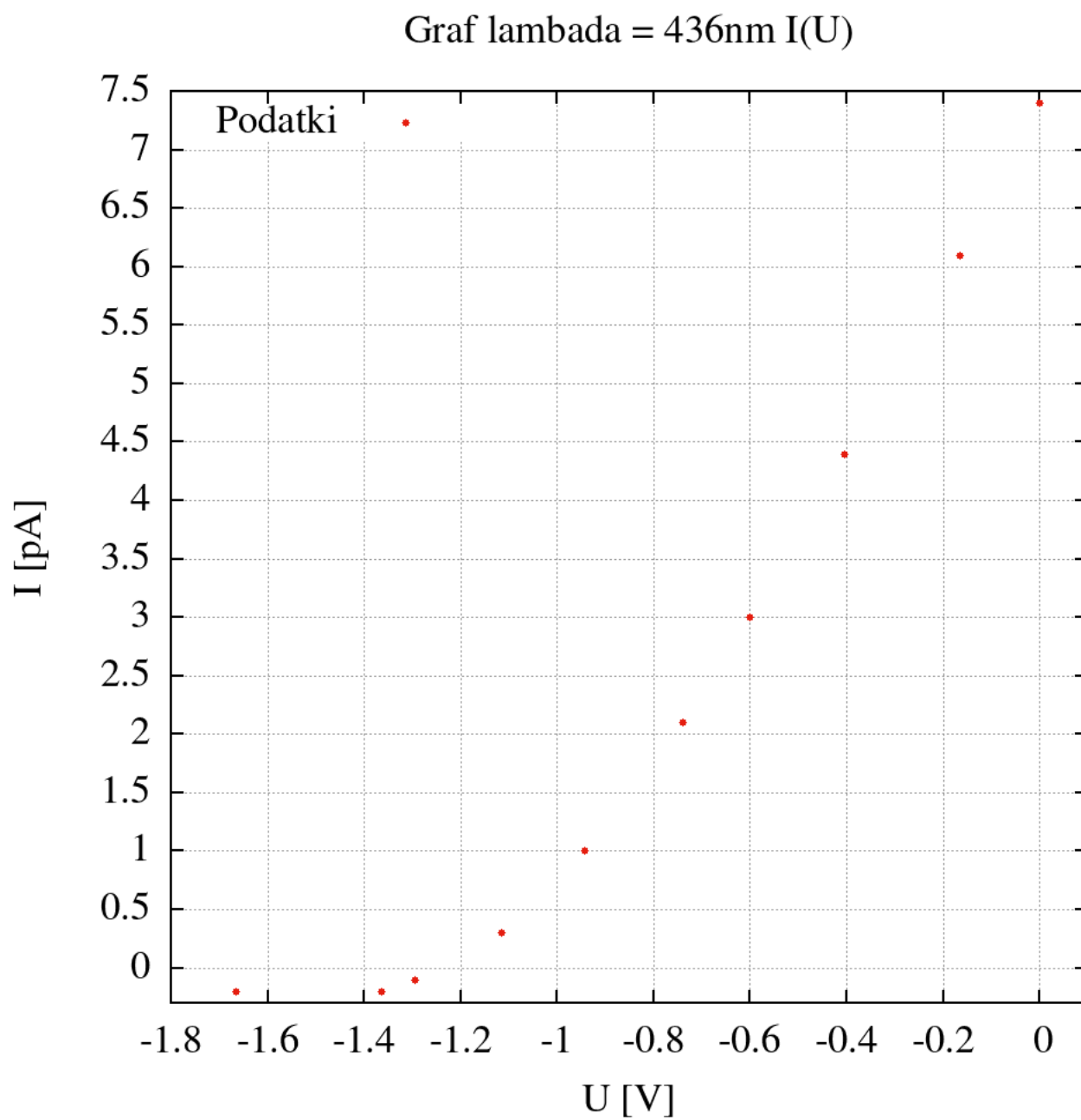


Slika 2: Graf  $I(U)$  pri  $\lambda = 365 \text{ nm}$

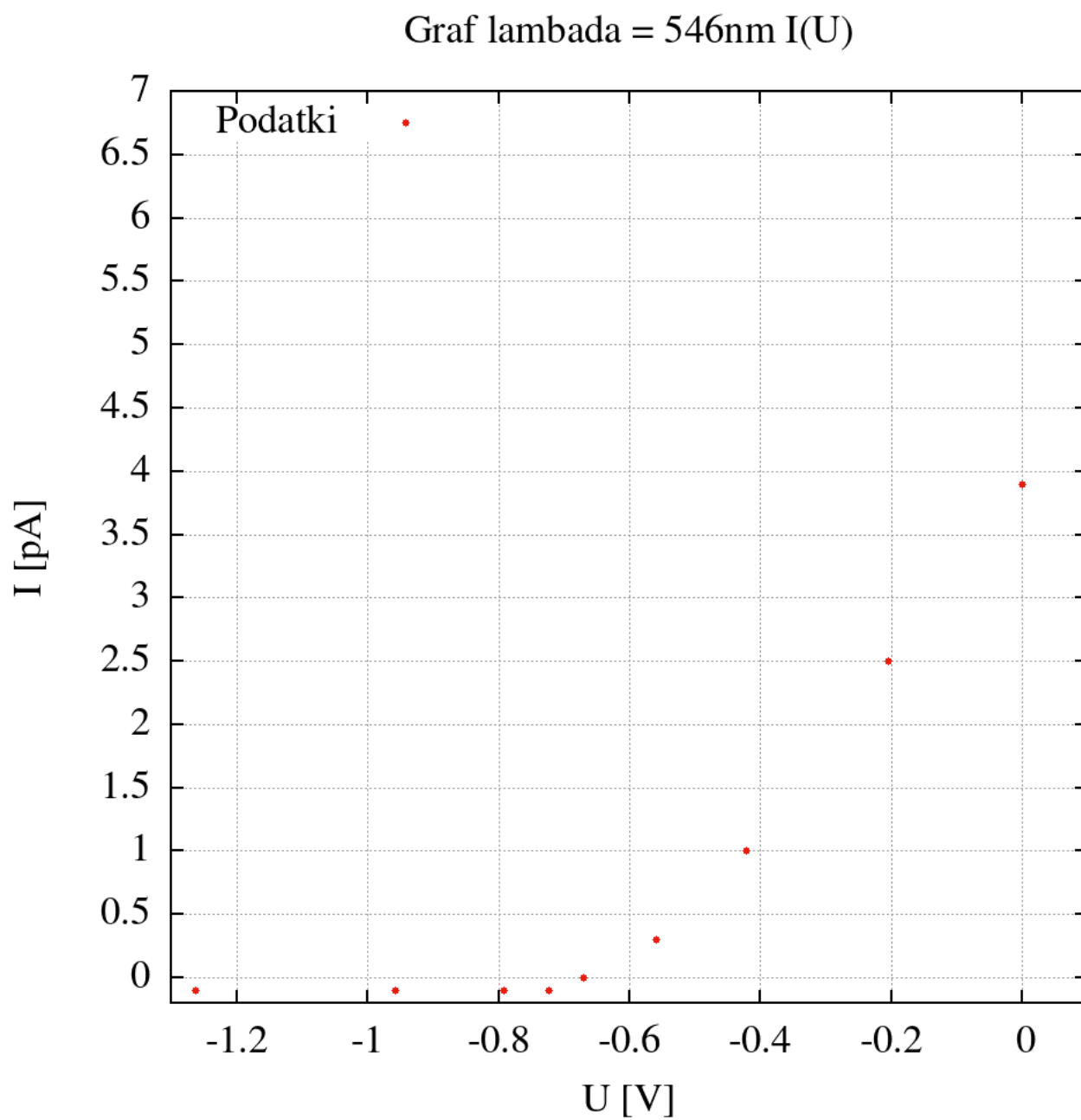


Slika 3: Graf  $I(U)$  pri  $\lambda = 405 \text{ nm}$

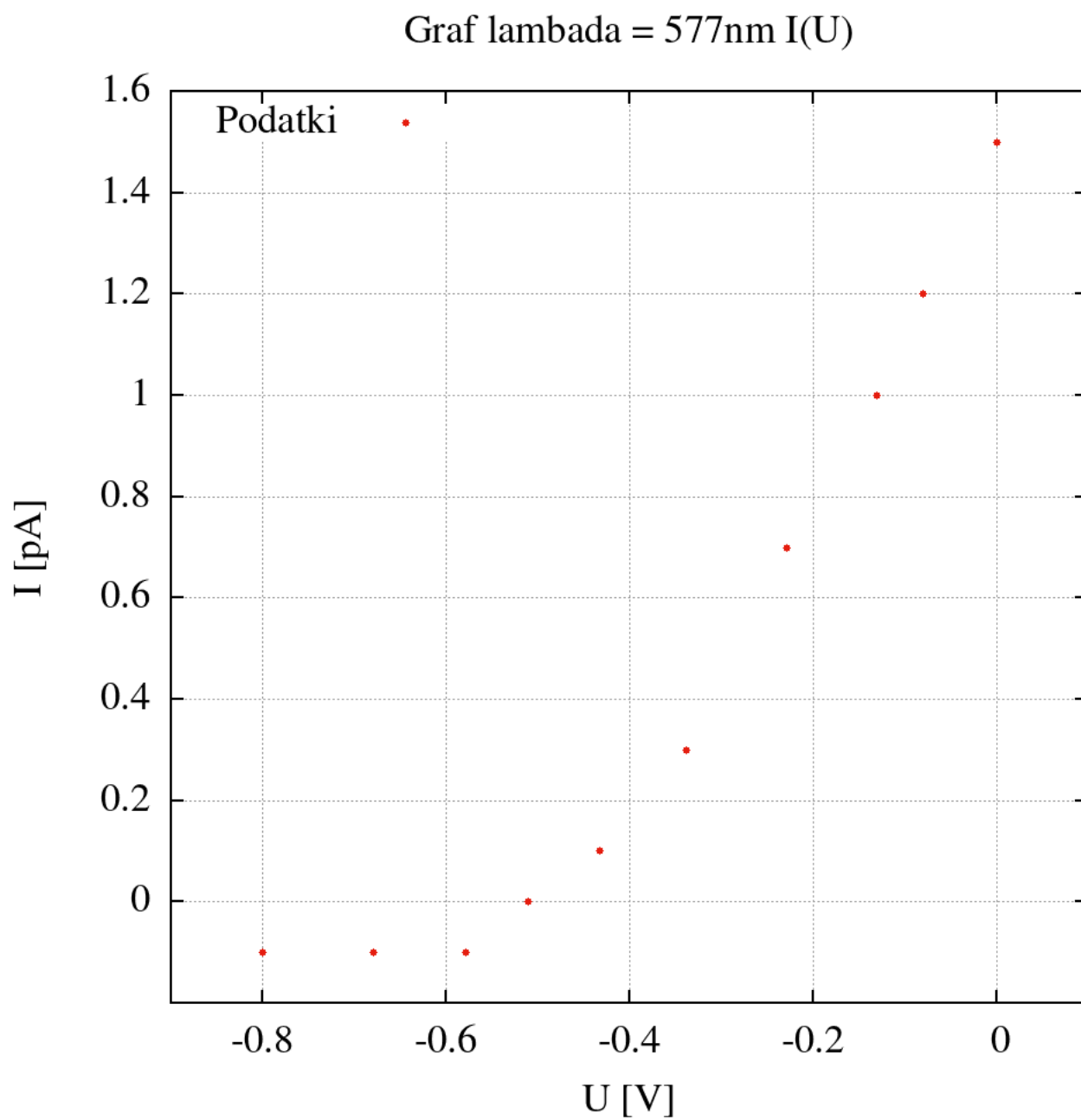




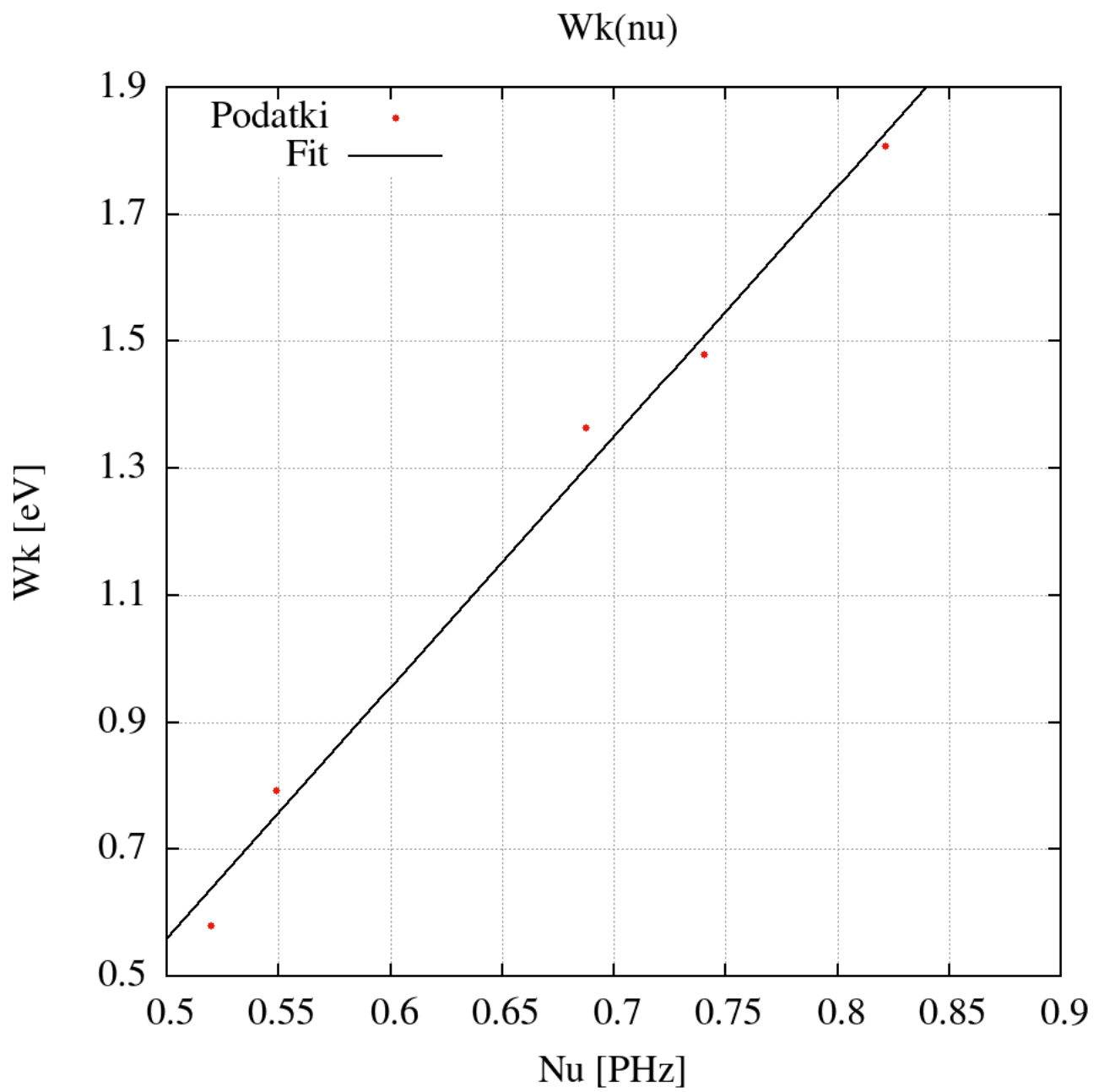
Slika 4: Graf  $I(U)$  pri  $\lambda = 436 \text{ nm}$



Slika 5: Graf  $I(U)$  pri  $\lambda = 546 \text{ nm}$



Slika 6: Graf  $I(U)$  pri  $\lambda = 577 \text{ nm}$



Slika 7: Graf  $W_k(\nu)$

Za določitev Planckove konstante, rabimo za vsak  $\lambda$  poiskati  $U_m$  (zaporno napetost). Izbrane napetosti tabeliramo v tabelo, narišemo na graf (7) in fitamo po funkciji opisani v enačbi (5), kjer je  $c$  hitrost svetlobe.

$$\begin{aligned} W_k &= h\nu - A_i \\ \nu &= \frac{c}{\lambda} \\ W_k &= e \cdot U_m f(x) = k \cdot x + n; \quad k, n \Rightarrow \text{fit. var.} \end{aligned} \tag{5}$$

Rezultati so:

$$\begin{aligned} k &= h = (3,9 \pm 0,2) \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \\ n &= A_i = -1.42 \pm 0,03 \text{ eV} \end{aligned} \tag{6}$$

## 8 Analiza rezultatov

Če ne upoštevamo meritve, kjer je  $U_m > U$ , dobimo približno linearno zvezo med energijo elektrona in frekvenco svetlobe, kar še ne pomeni, da je zares linearna zveza.

Planckovo konstanto smo določili tako, da je splošno veljavna vrednost te konstante znotraj naše napake.

Uspešno smo določili izstopno delo za izlet elektrona iz površine kovine.