

Obliczenia

Przyrządy pomiarowe

Woltomierz do pomiaru napięcia żarówki	analogowy
Watomierz do pomiaru mocy żarówki	analogowy
Woltomierz do pomiaru napięcia fotokomórki	Miernik 3650
Amperomierz do pomiaru natężenia prądu anodowego	Multimetr UNIT UT8802E

Analogowy woltomierz	
Używany zakres	300 V
Klasa	0.5

Analogowy watomierz	
Używany zakres	100 W
Klasa	0.5

Miernik 3650, pomiar napięcia DC		
Używane zakresy	Rozdzielczość	Dokładność
20 V	10 mV	$\pm(0.5\% + 1 \text{ dgts})$
200 V	100 mV	

Multimetr UNIT UT8802E, pomiar prądu DC		
Używany zakres	Rozdzielczość	Dokładność
200 μA	0.01 μA	$\pm(0.5\% + 20 \text{ dgts})$

Pomiary

Niepewności typu B przyrządów cyfrowych obliczyliśmy w następujący sposób:

$$\Delta x = a\% \cdot \text{wynik} + b \cdot \text{rozdzielczość}$$

gdzie $a\%$ – podawana w % klasa przyrządu, b – *dgts*

$$u_b(x) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}}$$

Na przykład niepewność ostatniego pomiaru napięcia na fotokomórce w pomiarach natężenia prądu anodowego od napięcia fotokomórki:

$$\Delta U_f = 0.5\% \cdot 63.4 \text{ V} + 1 \cdot 0.1 \text{ V} = 0.417 \text{ V}$$

$$u_b(U_f) = \frac{\Delta U_f}{\sqrt{3}} \approx 0.2408 \text{ V}$$

Niepewności typu B przyrządów analogowych obliczyliśmy w następujący sposób:

$$\Delta x = \frac{\text{klasa} \cdot \text{zakres}}{100}$$

$$u_b(x) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}}$$

Na przykład niepewność pomiaru mocy żarówki w pomiarach natężenia prądu anodowego od napięcia żarówki:

$$\Delta U_z = \frac{0.5 \cdot 100 \text{ V}}{100} = 0.5 \text{ V}$$

$$u_b(U_z) = \frac{\Delta U_z}{\sqrt{3}} \approx 0.289 \text{ V}$$

Najmniejsza działka skali linijki wykorzystanej do zmierzenia odległości d żarówki od fotokomórki jest równa 1 cm . Przeważnie przyjmuje się, że dokładność jest równa najmniejszej działce skali, jednak skorygowaliśmy tę ocenę w dół i subiektywnie oceniliśmy dokładność Δd jako równą 0.5 cm .

$$u_b(d) = \frac{\Delta d}{\sqrt{3}}$$

$$u_b(d) \approx 0.29 \text{ cm}$$

Zależność natężenia prądu anodowego od napięcia fotokomórki

U_z, V	220
P, W	40
d, cm	60

U_f, V	$I_a, \mu A$	$u_b(U_f), V$	$u_b(I_a), \mu A$	Zakres U_f
0.00	0.18	0.006	0.116	20 V
1.82	0.98	0.011	0.118	
4.00	1.16	0.017	0.119	
5.80	1.20	0.023	0.119	
7.80	1.23	0.028	0.119	
9.81	1.27	0.034	0.119	
11.87	1.31	0.040	0.119	
13.65	1.32	0.045	0.119	
15.61	1.33	0.051	0.119	
17.36	1.35	0.056	0.119	
19.40	1.37	0.062	0.119	
21.2	1.39	0.119	0.119	200 V
23.3	1.38	0.125	0.119	
25.1	1.39	0.130	0.119	
27.2	1.41	0.136	0.120	
28.9	1.41	0.141	0.120	
32.8	1.43	0.152	0.120	
46.4	1.48	0.192	0.120	
59.6	1.49	0.230	0.120	
63.4	1.50	0.241	0.120	

Zależność natężenia prądu anodowego od napięcia żarówki

U_f, V	50
d, cm	60

U_z, V	$I_a, \mu A$	P, W	$u_b(I_a), \mu A$	$u_b(U_z), V$	$u_b(P), W$
50	0.09	4.0	0.116	0.866	0.289
60	0.09	5.3	0.116		
70	0.09	6.1	0.116		
80	0.09	8.2	0.116		
90	0.11	10.0	0.116		
100	0.12	11.0	0.116		
110	0.16	13.0	0.116		
120	0.21	15.3	0.116		
130	0.23	17.9	0.116		
140	0.27	19.9	0.116		
150	0.33	22.2	0.116		
160	0.37	25.1	0.117		
170	0.45	27.2	0.117		
180	0.61	28.2	0.117		
190	0.87	32.1	0.118		
200	1.01	33.9	0.118		
210	1.18	37.5	0.119		
220	1.49	40.0	0.120		

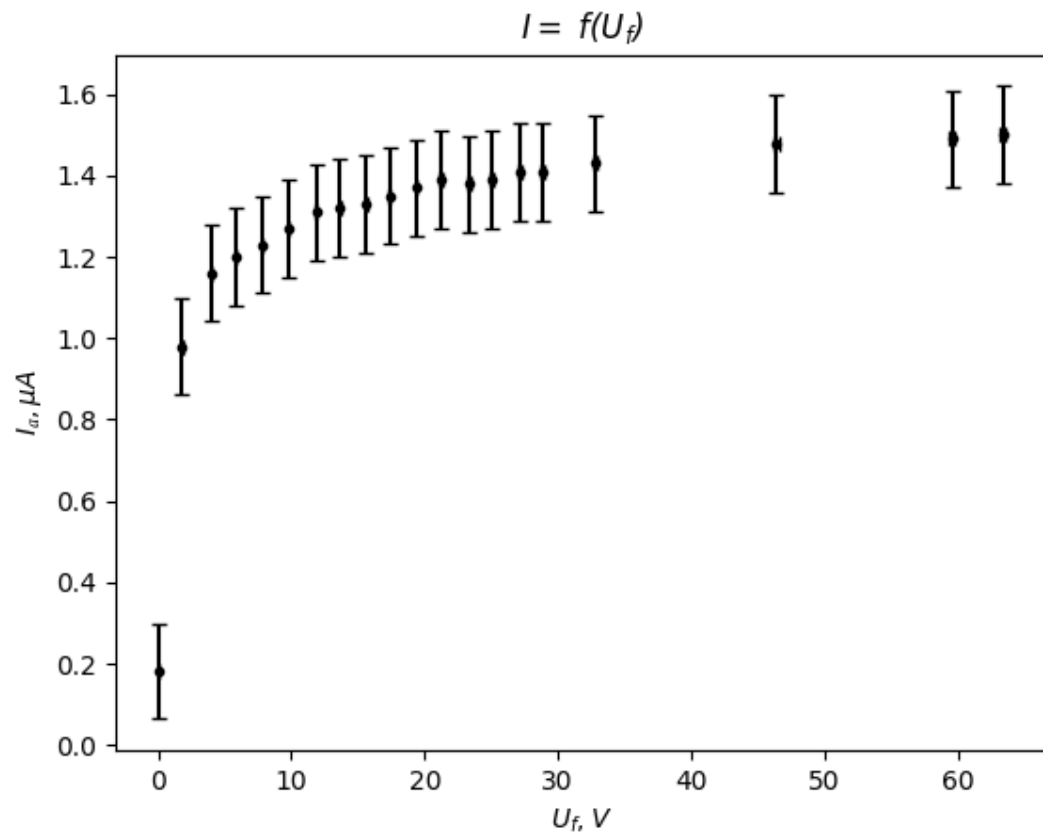
Zależność natężenia prądu anodowego od odległości żarówki od fotokomórki

U_f, V	50
U_z, V	180
P, W	29.4

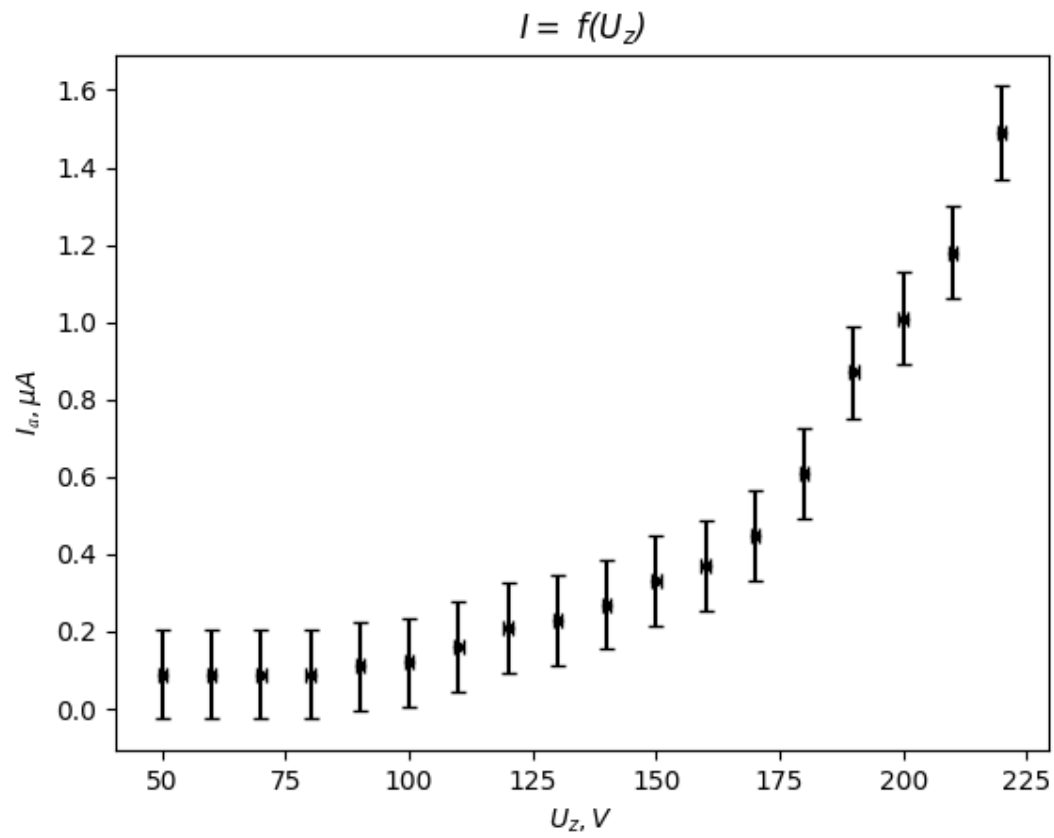
d, cm	$I_a, \mu A$	$u_b(I_a), \mu A$	$u_b(d), cm$
60	0.62	0.117	0.29
62	0.54	0.117	
64	0.50	0.117	
66	0.48	0.117	
68	0.45	0.117	
70	0.43	0.117	
72	0.41	0.117	
74	0.40	0.117	
76	0.38	0.117	
78	0.37	0.117	
80	0.36	0.117	
82	0.34	0.116	

Wszystkie pomiary I_a zostały wykonane na zakresie 200 μA , czyli najmniejszym dostępnym na UT8802E.

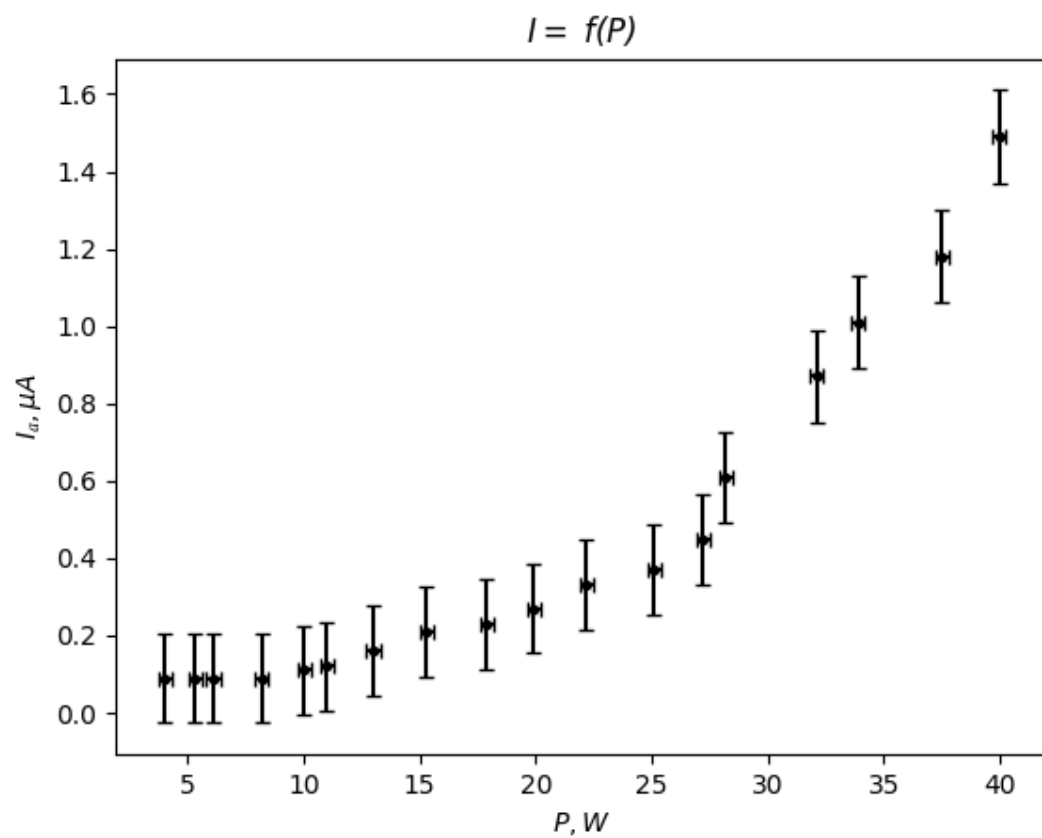
Wykres zależności natężenia prądu anodowego fotokomórki od napięcia fotokomórki



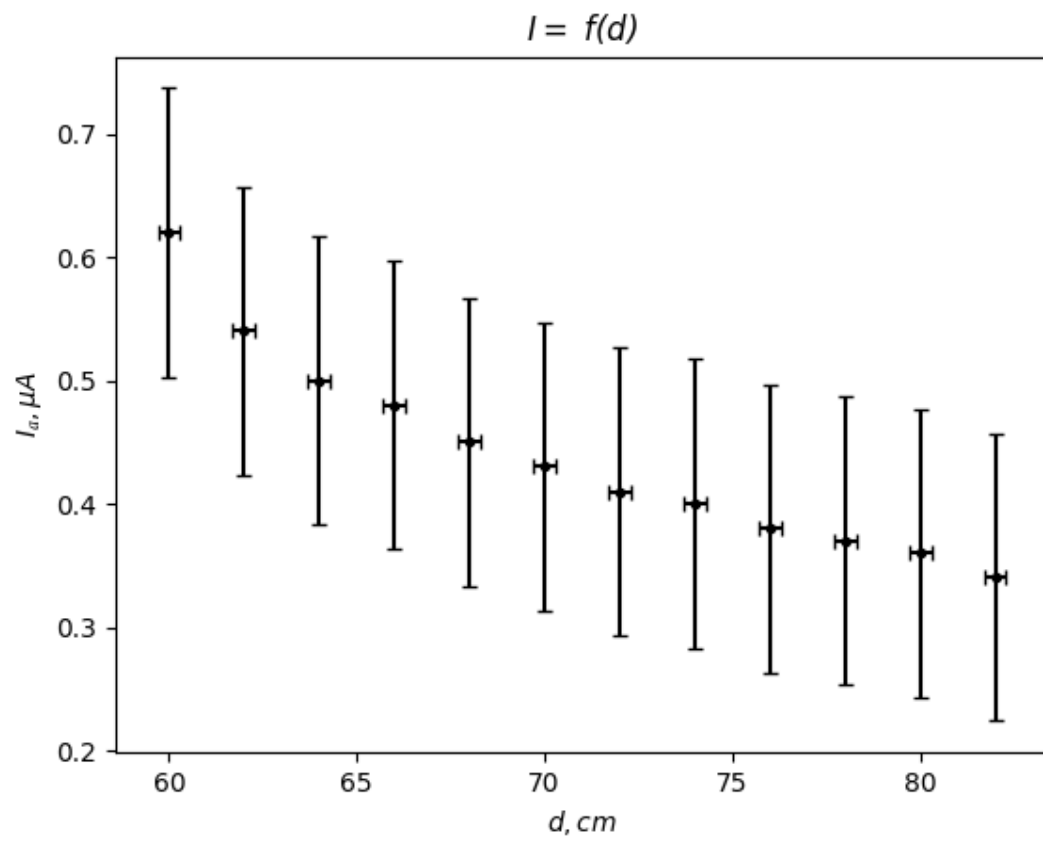
Wykres zależności natężenia prądu anodowego fotokomórki od napięcia żarówki



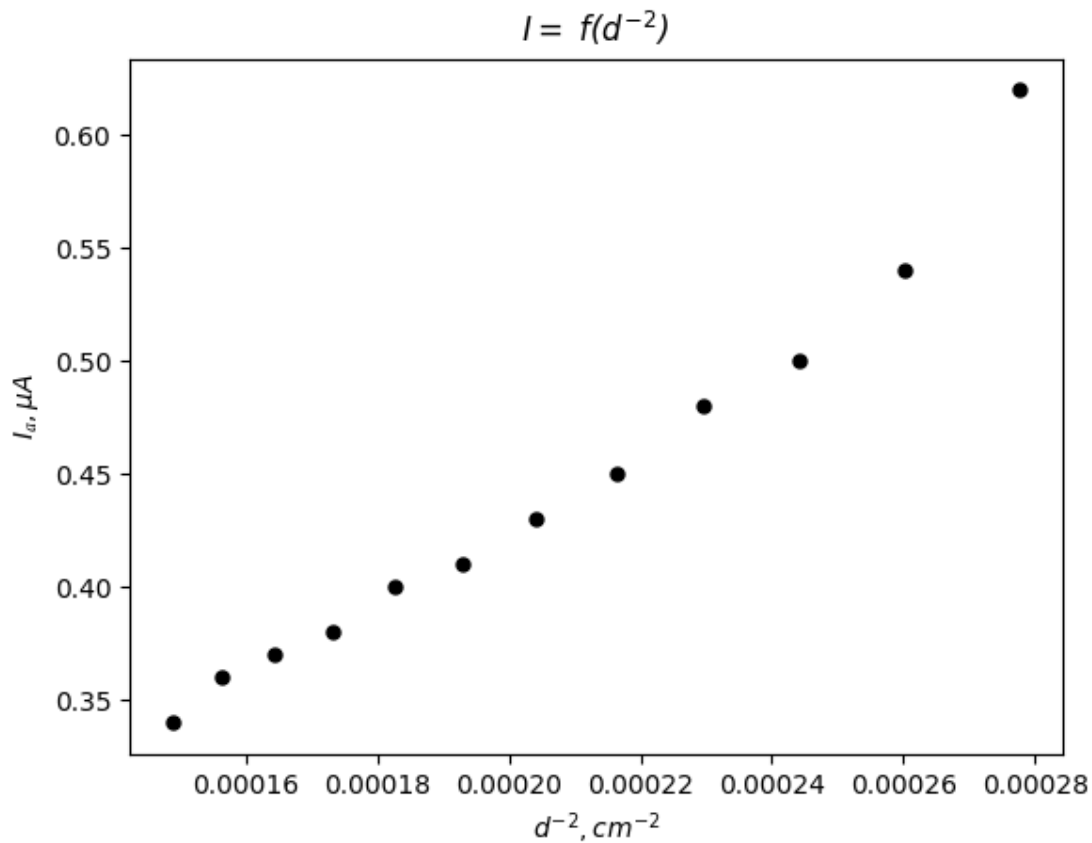
Wykres zależności natężenia prądu anodowego fotokomórki od mocy pobieranej przez żarówkę.



Wykres zależności natężenia prądu anodowego fotokomórki od odległości żarówki od fotokomórki



Wykres zależności natężenia prądu anodowego fotokomórki od odwrotności kwadratu odległości żarówki od fotokomórki



Na wykresach $I = f(U_z)$ oraz $I = f(P)$ widać korelację dodatnią między natężeniem prądu anodowego, a napięciem na żarówce oraz pobieraną przez nią mocą. Jest ona spowodowana rosnącą energią fotonów, które padają na fotokomórkę. Zwiększanie napięcia i mocy żarówki prowadzi do wzrostu energii fotonów. Na wykresach można dostrzec, że po przekroczeniu pewnej wartości U_z i P natężenie prądu anodowego szybko rośnie, co świadczy o tym, że energia fotonów w tym punkcie przekroczyła pracę wyjścia.

Na wykresie $I = f(d^{-2})$ widać, że zależność natężenia prądu anodowego od odwrotności kwadratu odległości od żarówki jest liniowa. Obserwacja ta jest zgodna z teorią, ponieważ natężenie światła jest proporcjonalne do odwrotności kwadratu odległości punktu powierzchni od punkowego źródła światła.

Niepewności natężenia prądu anodowego $u(I_a)$ są duże w stosunku do zmierzonych wartości I_a . Mierzony prąd był mały w porównaniu z zakresem ustawionym na amperomierzu. Wartości I_a nie przekraczały $1.5 \mu\text{A}$, a najmniejszy dostępny zakres na amperomierzu wynosił $20 \mu\text{A}$.

Wnioski

Przeprowadzone doświadczenie potwierdza występowanie zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego. Fotokomórkę gazowaną można zastosować do detekcji światła i pomiaru jego intensywności lub do zmierzenia odległości od źródła światła, co jest szczególnie przydatne w automatyce. Prąd płynący przez fotokomórkę po oświetleniu jej żarówką jest możliwy do wykrycia, jednak jest na tyle mały, że niektóre mierniki będą miały problem ze zmierzeniem go z dużą dokładnością.

github.com/krzysztfwtk/polsl-sprawozdania-fizyka