

Wydział WI	Imię i nazwisko 1. Dominik Marek 2. Maciej Nowakowski	Rok II	Grupa 8	Zespół 4
PRACOWNIA FIZYCZNA WFIS AGH	Temat: <u>Efekt fotoelektryczny</u>			Nr ćwiczenia 82
Data wykonania 07.11.2023	Data oddania 14.11.2023	Zwrot do popr.	Data oddania	Data zaliczenia
				OCENA

1. Cel ćwiczenia.

Badanie zależności energii fotoelektronów w zależności od długości światła padającego na metal. Wyznaczanie stałej Plancka i pracy wyjścia.

2. Wstęp teoretyczny.

Światło ma korpuskularno-falową naturę. Zjawiska dyfrakcji i interferencji dowodzą, że jest falą, podczas gdy efekt fotoelektryczny zewnętrzny tego, że jest również strumieniem cząstek.

Gdy oświetli się metal światłem o odpowiednio dużej częstotliwości to z powierzchni wybijane są elektrony. Zaobserwowano również, że:

- Emisja elektronów zależy od częstotliwości, a nie intensywności. Istnieje graniczna częstotliwość poniżej której zjawiska nie obserwuje się.
- Energia kinetyczna emitowanych elektronów zawsze zawiera się w przedziale od 0 do pewnego granicznego $E_{k_{max}}$
- Maksymalna energia kinetyczna $E_{k_{max}}$ zależy od częstotliwości światła i rodzaju użytego metalu.

Każdy foton ma energię E , która zależy tylko od jego częstotliwości f . Ponieważ elektrony zawarte w metalu są w pewien sposób związane, mimo, iż wewnątrz mogą poruszać się swobodnie, to energia uderzającego fotonu musi być większa niż praca wyjścia W , która pozwala pokonać siły utrzymujące elektron. Dopiero foton o częstotliwości większej niż częstotliwość obciążenia może wybić elektron z metalu. Energia najszybszych elektronów jest równa różnicy energii kwantu hf oraz pracy wyjścia W .

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E_{k_{max}} = hf - W$$

Gdzie: h – stała Plancka

c – prędkość światła

λ – długość fali padającego światła

W – praca wyjścia

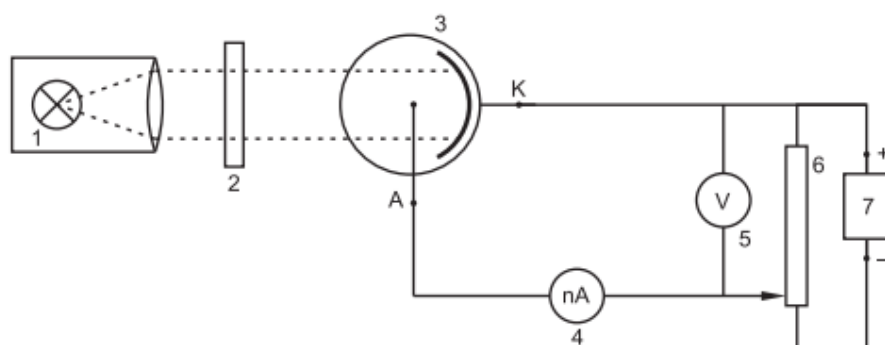
Maksymalną energię kinetyczną $E_{k_{max}}$ można zmierzyć dobierając takie napięcie zewnętrzne, że mierzony prąd zmaleje do 0. W takiej sytuacji eU_h równe jest $E_{k_{max}}$.

$$U_h = \frac{h}{e}f - \frac{W}{e}$$

3. Opis stanowiska.

Schemat aparatury użytej do wyznaczenia stałej Plancka składał się z następujących elementów:

1. Żarówka
2. Filtry barwne
3. Fotokoórka
4. Nanoamperomierz
5. Woltomierz
6. Potencjometr
7. Stabilizowany zasilacz napięcia stałego.



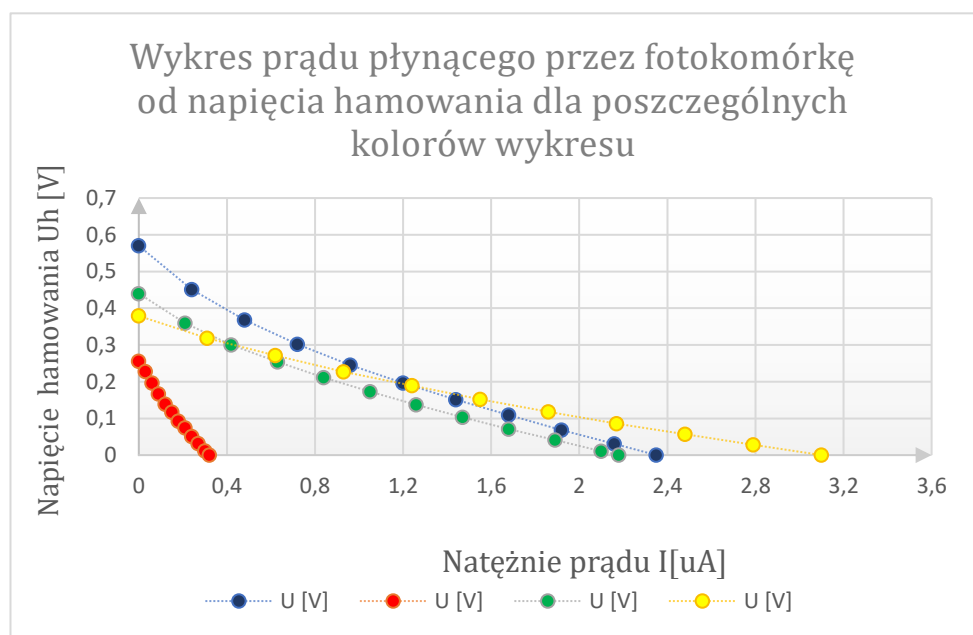
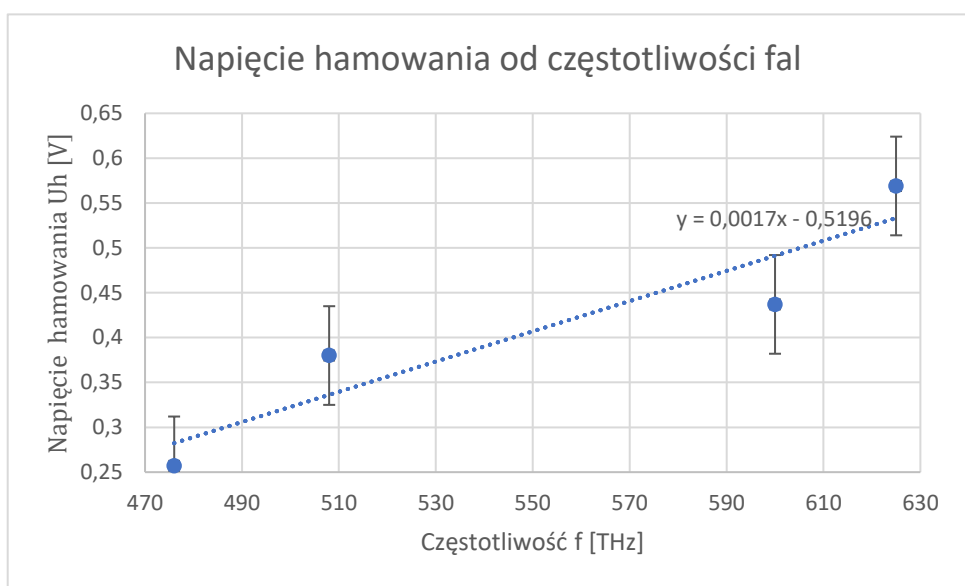
4. Przebieg doświadczenia.

Po uruchomieniu i zapoznaniu się z układem pomiarowym, zasłoniliśmy fotokomórkę pierwszym kolorowym filtrem. Odczekawszy około 10 minut w celu ustabilizowania się pracy nanoamperomierza, przystąpiliśmy do pomiaru natężenia prądu I przy napięciu hamującym $U_h = 0$, oraz wartości napięcia odcięcia U_h w sytuacji, gdy prąd jest zerowy. Następnie zanotowaliśmy wartości napięcia hamowania, dla dziesięciu kolejnych wartości natężenia prądu, różniących się od siebie o stałą wartość. Zmierzone wartości natężenia i napięcia posłużyły nam do wykonania wykresu. Analogiczne kroki zostały wykonane dla poszczególnych kolorów filtrów.

5.1 Wyniki pomiarów.

Kolor	λ [μm]	f [THz]	I [μA]	U_h [V]	U_{avg} [V]
niebieski	0,48	624	2,32	0,569	0,569
			2,35	0,567	
			2,33	0,570	
czerwony	0,63	476	0,36	0,258	0,257
			0,34	0,257	
			0,33	0,256	
zielony	0,50	600	2,17	0,436	0,437
			2,17	0,438	
			2,16	0,437	
żółty	0,59	508	3,18	0,380	0,380
			3,17	0,381	
			3,17	0,380	

Kolor							
niebieski		czerwony		zielony		żółty	
I [μ A]	U _{a-f} [V]	I [μ A]	U _{a-f} [V]	I [μ A]	U _{a-f} [V]	I [μ A]	U _{a-f} [V]
0,00	0,570	0,00	0,256	0,00	0,440	0,00	0,379
0,24	0,451	0,03	0,228	0,21	0,359	0,31	0,318
0,48	0,368	0,06	0,196	0,42	0,300	0,62	0,271
0,72	0,302	0,09	0,167	0,63	0,254	0,93	0,227
0,96	0,245	0,12	0,139	0,84	0,211	1,24	0,189
1,20	0,196	0,15	0,117	1,05	0,173	1,55	0,152
1,44	0,151	0,18	0,093	1,26	0,137	1,86	0,118
1,68	0,109	0,21	0,074	1,47	0,103	2,17	0,086
1,92	0,068	0,24	0,051	1,68	0,071	2,48	0,057
2,16	0,310	0,27	0,032	1,89	0,041	2,79	0,028
2,35	0,000	0,30	0,012	2,10	0,011	3,10	0,000
		0,32	0,000	2,18	0,000		



Wykres nr 2.

6. Opracowanie wyników.

6.1 Stała Plancka i praca wyjścia.

Na podstawie danych z pierwszej tabeli sporządzony został wykres pierwszy. Do wykresu przy pomocy arkusza kalkulacyjnego została dopasowana prosta regresji o współczynnikach:

$$a=0,0017 \frac{V}{THz} \quad u(a)=0,0005 \frac{V}{THz} \quad b=-0,5196V \quad u(b)=0,2610V$$

Wiedząc, że:

$$U_h = \frac{h}{e} f - \frac{W}{e}, \text{ gdzie } e = 1,6002 * 10^{-19} [A * s]$$

Można zauważyć, że:

$$a = \frac{h}{e} \text{ oraz } b = \frac{-W}{e}$$

Czyli:

$$h = a * e = 0,0017 \frac{V}{THz} * 1,6002 * 10^{-19} A * s = 0,0017 * 10^{-12} \frac{V}{Hz} * 1,6002 * 10^{-19} A * s$$
$$h = 0,0027 * 10^{-31} J * s = 2,70 * 10^{-34} J * s$$

$$W = -b * e = 0,5196V * e \approx 0,520 eV$$

6.2 Niepewności pomiarowe.

Dla amperomierza $u(I)=0,01 [\mu A]$

Dla woltomierza $u(U) = 0,001 [V]$

Niepewność przy wyznaczaniu stałej Plancka i pracy wyjścia można obliczyć ze wzoru:

$$u(a) = u\left(\frac{h}{e}\right) \Rightarrow u(h) = u(a) * e = 0,0005 \frac{V}{THz} * 1,6002 * 10^{-19} A * s = 8,001 * 10^{-35} J * s$$

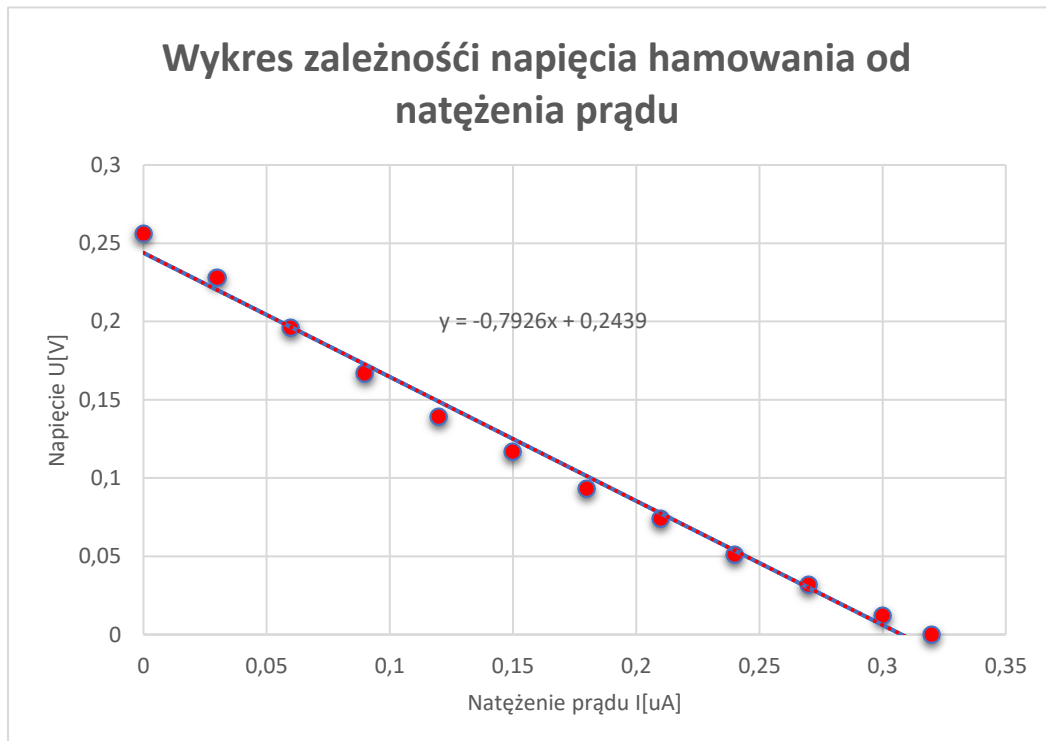
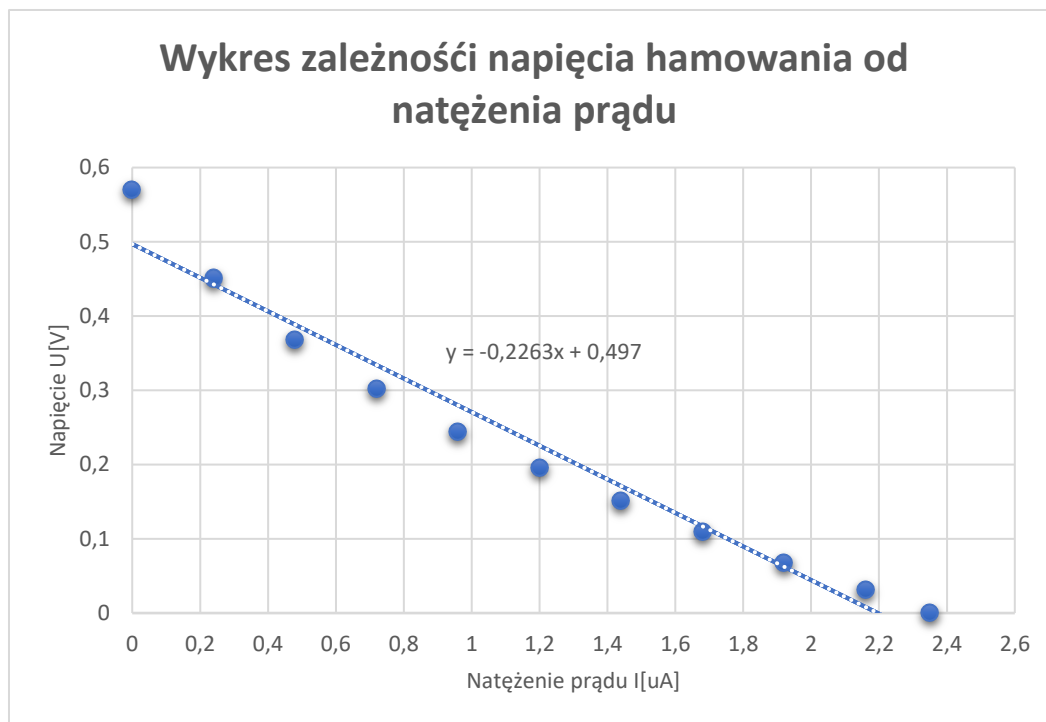
$$U(a) = k * u(a) = 2 * 8,001 * 10^{-35} J * s = 1,6002 * 10^{-34} J * s \approx 1,60 * 10^{-34} J * s$$

A niepewność pracy wyjścia można wyliczyć ze wzoru:

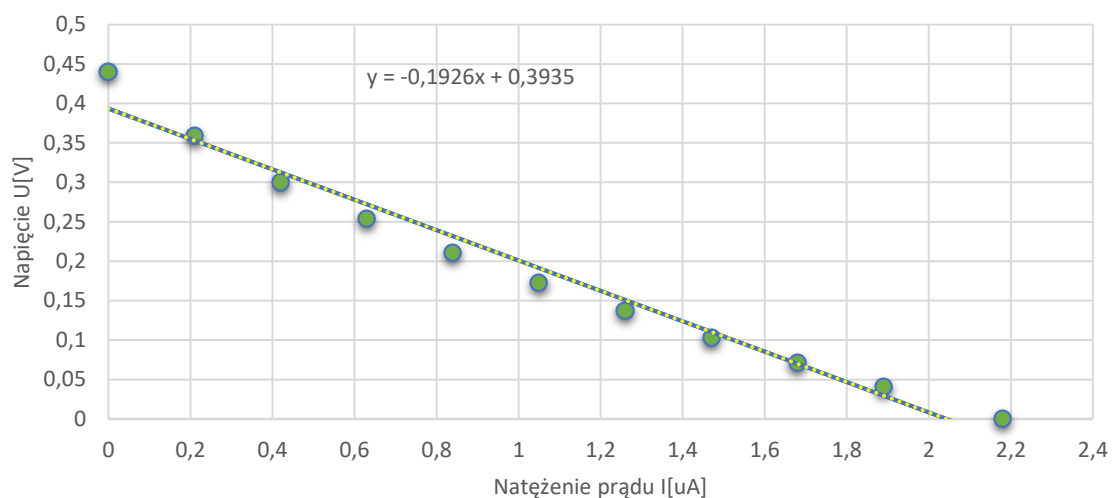
$$u(b) = u\left(\frac{W}{e}\right) \Rightarrow u(W) = u(b) * e = 0,2610V * e \approx 0,261 eV$$

Obliczona stała Plancka $h=2,70 * 10^{-34} \pm 1,60 * 10^{-34} [J * s]$ nie zawiera w swoim przedziale wartości tabelarycznej, która wynosi $6,63 * 10^{-34} [J * s]$.

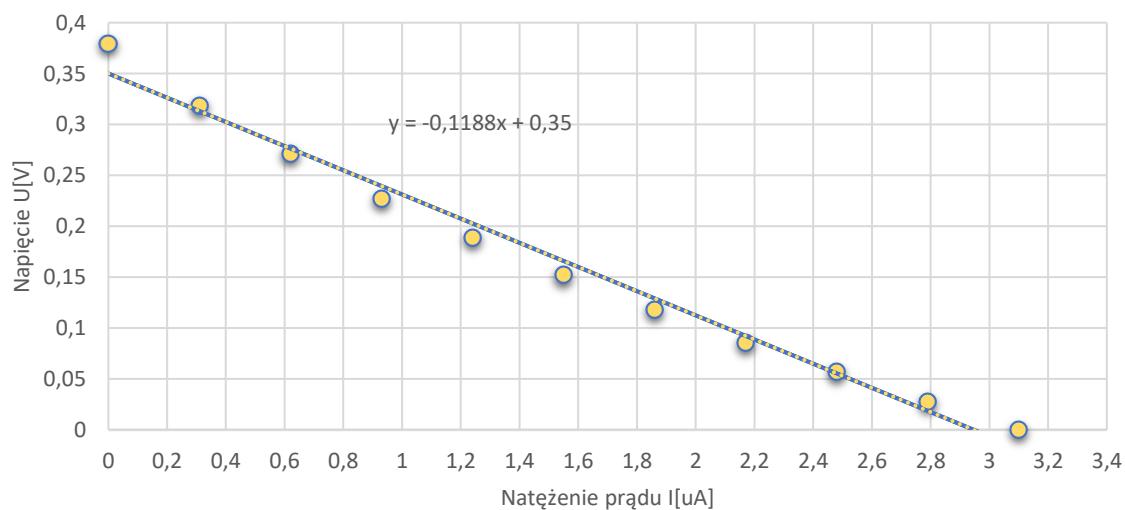
6.3. Ekstrapolacja napięcia hamowania



Wykres zależności napięcia hamowania od natężenia prądu



Wykres zależności napięcia hamowania od natężenia prądu



Kolor	U_h [V] zmierzone	U_h [V] z regresji
Niebieski	0,569	0,497
Czerwony	0,257	0,244
Zielony	0,437	0,394
Żółty	0,380	0,350

7. Wnioski

Wyniki przeprowadzonego doświadczenia nie pokrywają się z wartościami tabelarycznymi stałej Plancka. Wynika to z wielu czynników. Po pierwsze dokładność wykorzystanych narzędzi była zbyt mała, aby móc dokładnie wyznaczyć stałą Plancka. Dodatkowo czas na jaki zostawiono urządzenie, aby jego praca się ustabilizowała mógł być zbyt krótki. Należy także zwrócić uwagę na fakt, że wartości, które chcieliśmy zbadać i wyznaczyć są niezwykle małe, przez co różne zewnętrzne czynniki, których nie uwzględniono w trakcie badania mogły w znaczącym stopniu wpływać na wyniki badania.