

Efekt Fotoelektryczny

Krzysztof Tabeau

Grupa nr. 19

1. Wstęp

Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne – efekt oddziaływania fal elektromagnetycznych z materią, w którym dochodzi do uwalniania elektronów z substancji wystawionej na działania promieniowania elektromagnetycznego. Zjawisko to można wytłumaczyć na bazie korpuskularno-falowej natury światła (fal elektromagnetycznych). W tym przedstawieniu światło jest zarówno falą jak i cząsteczką zwaną fotonem. Foton jako cząsteczka może przekazywać pęd i energię innym cząsteczkom w trakcie ich wzajemnego zderzenia, przy czym proces ten podlega regułom mechaniki kwantowej.

Einstein udowodnił na podstawie opisu kwantowego zjawiska fotoelektrycznego, że skwantowana energia fotonów jest równa sumie energii kinetycznej wybitego elektronu i jego pracy wyjścia z powłoki metalu.

$$Ef = h * v \quad (1)$$

$$h * v = W + Ek \quad (2)$$

gdzie: Ef – energia fotonu, h – stała Plancka, v – częstotliwość promieniowania, W – praca wyjścia, Ek – energia kinetyczna elektronu.

Praca wyjścia jest to najmniejsza wartość energii, którą należy przekazać elektronowi z powłoki walencyjnej, aby stał się elektronem swobodnym. Powyższy wzór występuje w literaturze jako „wzór Einsteina”.

Jedną z najprostszych metod badania zjawiska opiera się na wykorzystaniu fotokomórki. Fotokomórka jest to lampa próżniowa, która ma dwie elektrody, anodę i katodę. Katodą jest zwykle warstwa metalu, naparowana na wewnętrzną stronę szklanej bańki próżniowej, natomiast anodę stanowi pręt metalowy znajdujący się wewnątrz lampy.

Fotokomórka jest urządzeniem, które przewodzi prąd pod wpływem oświetlenia światłem widzialnym. Układ pomiarowy składa się z źródła światła, monochromatora, fotokomórki, zasilacza napięcia stałego oraz woltomierza i amperomierza. Źródło światła emitowanego z żarówki oświetleniowej bądź halogenowej jest kierowane i skupiane w monochromatorze, którego zadaniem jest przepuszczanie wiązki światła o konkretnej długości fali z widma światła widzialnego. Zastosowanie monochromatora ma na celu zbadania odpowiedzi fotokomórki na różne długości fali oraz ustalenie konkretnej długości fali. Fotokomórka tak jak większość urządzeń do rejestracji światła widzialnego (w tym oko ludzkie) ma różną czułość na wybrane długości fal.

Zakres czułości fotokomórki mieści się w zakresie bliskiego ultrafioletu do bliskiej podczerwieni. Wiązka światła z monochromatora jest następnie skierowana na katodę fotokomórki. Elektrony wybite z warstwy katody są przyspieszane w polu elektrycznym w kierunku anody, przy czym elektrony ulatują w różnych kierunkach, a więc tylko część z nich dotrze do anody. Pole elektryczne jest generowane przez elektryczny zasilacz napięcia stałego. Prąd elektryczny jest zależny od ilości elektronów, które w danym czasie dotrą do anody, zatem będzie on zależny od natężenia padającego światła i przyłożonego napięcia.

Przy pewnym napięciu dodatnim prąd dla danego natężenia światła osiąga wartość maksymalną, dla której dalszy wzrost prądu jest niemożliwy. Pole elektryczne jest wtedy na tyle silne, aby wszystkie wybite elektrony

z katody skierować do anody. Gdy napięcie jest za słabe, część wybitych elektronów ucieka z obszaru pola elektrycznego. Dla ujemnych napięć elektrony są hamowane przez pole elektryczne, a więc dociera ich coraz mniej, aż poniżej pewnego napięcia hamującego U_h żaden elektron nie dociera do anody. Napięcie hamowania U_h jest granicznym przypadkiem, dla którego nawet najszybsze elektrony zmierzające w kierunku anody są zwracane przez ujemne pole elektryczne. Energia kinetyczna najszybszego elektronu jest równa zatem pracy, jaką musi wykonać ten elektron w polu elektrycznym o napięciu U_h ,

$$Ek = e * U_h \quad (3)$$

gdzie e – ładunek elektryczny elektronu. Wstawiając (3) do (2), otrzymujemy

$$U_h = h/e * v - W/e \quad (4)$$

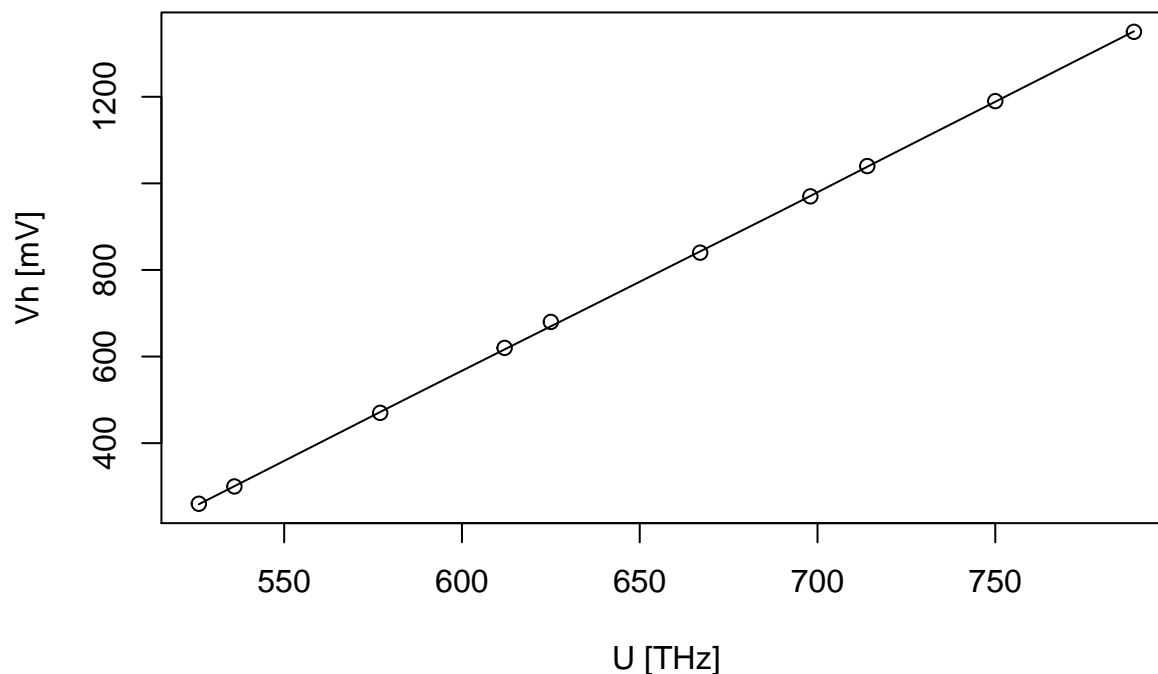
Z równania (4) wynika, że wartość napięcia hamowania jest wprost proporcjonalna do częstotliwości fali v i nie jest zależna od natężenia padającej wiązki światła. Znając częstotliwość (lub długość) padającej fali oraz mierząc napięcie U_h , można ustalić wartość pracy wyjścia W z powłoki katody. Mierząc wartość napięcia U_h , dla różnych długości fal można dopasować linię prostą do zależności $U_h(v)$, której współczynnik nachylenia jest proporcjonalny do wartości h/e . W ten sposób można wyznaczyć wartość stałej Plancka.

2. Tabelka wyników

I [A]	V _h [mV]	I [nm]	U [THz]
0	1040	420	714
0	620	490	612
0	470	520	577
0	300	560	536
0	260	570	526
0	1350	380	789
0	1190	400	750
0	680	480	625
0	840	450	667
0	970	430	698

3. Wykres

Zależność napięcia hamowania od częstotliwości padającej fali.



4. Podsumowanie

Z przeprowadzonego eksperymentu można dowiedzieć się że stała Plancka jest równa

$$4.35516759 \cdot 10^{-19} \cdot 4.1430 \cdot 10^{-16} = 1.804346 \cdot 10^{-34}$$

Nie jest to prawda, ponieważ

$$h = 6.626070040 \cdot 10^{-34}$$

To nie znaczy, że doswiadczenie się nie udało. Wyniki są zbliżone pod względem rzędu wielkości. A błąd wynika z niedokładności urządzeń pomiarowych.