

## Z cyklu referaty....

### Zjawisko fotoelektryczne

W normalnych warunkach elektron nie może opuścić metalu. Musi on pokonać barierę potencjału metal – powietrze, na co potrzebna jest pewna energia. W zjawisku fotoelektrycznym energii tej dostarczają **fotony**. W zjawisku fotoelektrycznym zewnętrznym fotony uwalniają elektrony zwane fotoelektronami. W przypadku zjawiska fotoelektrycznego wewnętrznego, fotony przenoszą elektrony z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa, wskutek czego wzrasta przewodnictwo właściwe.

Z powyższej informacji już wiemy, że zjawisko fotoelektryczne dzielimy na zewnętrzne i wewnętrzne, ale w obu przypadkach główną rolę odgrywają fotony.

Istnienie fotonów jako dyskretnych składników promieniowania elektromagnetycznego nie było łatwe do zaakceptowania. Z wielkim sceptycyzmem była przyjęta hipoteza Plancka, który wyjaśniając promieniowanie ciała doskonale czarnego założył, że promieniowanie z wnętrza jest emitowane i absorbowane przez oscylatory atomowe w ścianach wnętrza.

Po pierwsze: energia oscylatorów może przybierać tylko takie wartości, które dane są przez:

$$E = nh\nu \quad \nu = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

$\nu$  – częstotliwość drgań oscylatora,  $h$  – stała Plancka

Po drugie: oscylatory mogą emitować energię jedynie w dyskretnych, czyli skwantowanych ilościach.

Można by było wnioskować, że jeśli oscylatory atomowe emitują energię w dyskretnych porcjach, to i samo promieniowanie powinno się składać z kwantów – porcji energii. Korpuskularna teoria światła długo była odrzucana, ponieważ falowa teoria pozwalała na wytłumaczenie pełnego opisu zjawisk fizycznych związanych ze światłem, to naturalne było traktować właśnie ją jako poprawną.

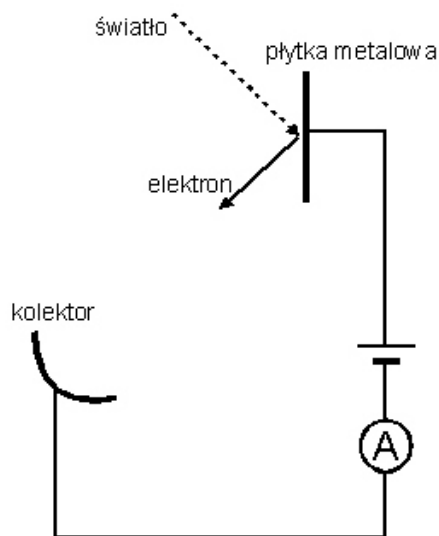
Tak było do momentu kiedy trzeba było wytłumaczyć zjawisko fotoelektryczne. Aby móc wyjaśnić zachodzenie emisji elektronów pod wpływem światła, konieczne było zaakceptowanie istnienia fotonów jako dyskretnych składników promieniowania elektrycznego, a tym samym przyjęcie korpuskularnej natury światła za równie poprawną jak naturę falową.

W celu wyjaśnienia zjawiska fotoelektrycznego Einstein rozwinął teorię Plancka. Skoro Planck sugerował, że światło wytwarzane jest wtedy gdy atomy pozbywają się kwantów energii, to można było sądzić, że samo światło składa się z takich właśnie porcji energii – zwanych fotonami.

$$\text{Każdy foton posiada energię: } E = h\nu \quad (2)$$

Wiązka światła białego składa się z fotonów o wielu różnych energiach. Elektron może opuścić metal jedynie wtedy, gdy zaabsorbuje foton o energii równej lub większej od pracy wyjścia  $W$ .

Układ do badania zjawiska fotoelektrycznego przedstawia rysunek.



Monochromatyczne światło padając na metalową płytkę dostarcza energii wystarczającej do uwolnienia elektronów z metalu. Niektóre z elektronów osiągają płytkę kolektora i amperomierz pokazuje przepływ prądu elektrycznego – fotoprądu.

Przeprowadzone doświadczenie pozwoliło na wysunięcie następujących wniosków:

1. *Gdy różnica potencjałów  $V$  (między płytką a kolektorem) jest równa zero, fotoelektrony są emitowane zawsze wtedy, gdy płytkę jest oświetlana światłem o częstotliwości większej od pewnej wartości progowej  $\nu_0$ . Dla takiej częstotliwości energia fotonu jest równa pracy wyjścia  $W = h\nu_0$ .*

Praca wyjścia  $W$ , czyli minimalna energia potrzebna do uwolnienia elektronu z metalu, zależy od własności metalu i jego powierzchni. Elektron, który uzyskał wystarczającą energię na to aby uciec z metalu, posiada maksymalną energię kinetyczną równą:

$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = E - W \quad (3)$$

Porównując równanie (2) i (3) otrzymujemy:

$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = h\nu - W \quad (4)$$

Wzrost natężenia światła, o stałej częstotliwości  $\nu$  prowadzi do wzrostu liczby emitowanych elektronów, ale ich energia jest zawsze taka sama.

2. *Dla każdej częstotliwości (wyższej od progowej) zwiększanie potencjału  $V$  powoduje, że przy pewnej jego wartości progowej  $V_0$  prąd przestaje płynąć. Jeżeli płytkę emitująca elektrony i kolektor są wykonane z tego samego materiału to taka sytuacja ma miejsce wtedy, gdy energia  $eV_0$  jest równa maksymalnej energii kinetycznej emitowanego elektronu.*

$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = eV_0 \quad (5)$$

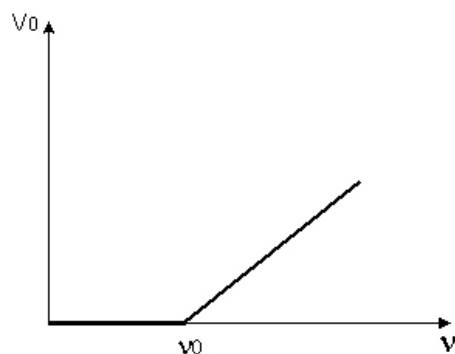
Porównując równania (4) i (5) otrzymamy:

$$eV_0 = h\nu - W \quad (6)$$

Albo inaczej, że

$$V_0 = \frac{h\nu}{e} - \frac{W}{e} \quad (7)$$

Jest to ważny wynik, gdyż przewiduje teoretyczną wartość nachylenia prostej wykresu  $V_0$  w funkcji  $\nu$ . Nachylenie jest równe  $h/e$ . Ponieważ zarówno stała Plancka jak i ładunek elektronu są znane, to łatwo można przewidzieć jakie powinno być nachylenie wykresu (takiego jak na rysunku). Doświadczenie dało oczekiwany rezultat, co doprowadziło do akceptacji korpuskularnej teorii światła.



Opisaliśmy już zatem jeden z rodzajów zjawiska fotoelektrycznego – zewnętrzne. Jest ono wykorzystywane w fotokomórkach, czyli bańkach szklanych, których przednia ścianka jest przezroczysta, a tylna jest pokryta warstwą metalu wykazującego zjawisko fotoelektryczne przy stosunkowo niskiej częstotliwości światła. Obecnie fotokomórki wykorzystuje się tylko do celów naukowych, natomiast do rejestracji światła wykorzystuje się fotopowielacze. W tym przypadku zostaje wykorzystane zjawisko fotoelektryczne wewnętrzne.

W fotopowielaczach wykorzystuje się wysokie napięcie przyspieszające, wskutek czego na anodzie zachodzi wtórna emisja elektronów. Zwiększenie prądów uzyskuje się poprzez wielokrotne wykorzystanie emisji wtórnej. Efekt ten uzyskano zaopatrując fotopowielacze w kilka dynod, na każdej z nich zachodzi wtórna emisja elektronów (każda dynoda zwiększa efekt poprzedniej). W efekcie powstaje na anodzie bardzo duży sygnał. Zjawisko fotoelektryczne wewnętrzne występuje również tylko dla częstotliwości wyższych od pewnej wartości progowej. Ta graniczna wartość częstotliwości jest równa szerokości pasma wzbronionego – które to musi być „pokonane” przez elektron przy jego przejściu z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa. Zachodzi również zjawisko odwrotne zwane rekombinacją – elektrony wracają do pasma walencyjnego. W wyniku obydwu procesów ustala się równowaga dynamiczna, w której liczba nośników zależy jedynie od oświetlenia. Zjawisko to znalazło zastosowanie w fotoopornikach.

Obecne teorie dobrze opisują dualizm falowo-korpuskularny światła. Charakter doświadczenia decyduje o tym, czy do zrozumienia wyników potrzebny jest opis falowy, czy też korpuskularny.

Znając już efekt zjawiska fotoelektrycznego na pewno nie będzie problemu z odpowiedzią na pytanie: dlaczego listki elektroskopu rozchylają się, jeśli płytkę oświetlamy światłem o odpowiednio wysokiej częstotliwości.

