

## Spis treści

<b>W 5. FIZYKA KWANTOWA</b> .....	2
W 5.1. Kwantowy charakter promieniowania ciała doskonale czarnego .....	2
W 5.2. Zjawisko fotoelektryczne .....	2
W 5.2.1. (W-60) Eksperymenty ilustrujące w sposób jakościowy własności efektu fotoelektrycznego zewnętrznego .....	2
W 5.2.2. (W-61) Badania ilościowe zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego .....	3

## W 5. FIZYKA KWANTOWA

### W 5.1. Kwantowy charakter promieniowania ciała doskonale czarnego

Kwantowy charakter promieniowania ciała doskonale czarnego możemy wykazać pośrednio, pokazując widmo promieniowania termicznego tego ciała dla różnych temperatur oraz wyjaśniając, że zależność widmowa tego promieniowania może być opisana tylko przy założeniu kwantów energii tego promieniowania.

Opis układu eksperymentalnego do tego pokazu zamieszczony jest w części IV Materiałów Pomocniczych z Fizyki, Optyka (pokaz O 3.1.). Układ ten składa się z rzutnika z umieszczoną w nim wąską szczeliną pryzmatu oraz ekranu. Rzutnik połączony jest z autotransformatorem, przy pomocy którego możemy zmieniać temperaturę włókna żarówki. Oprócz rzeczywistego eksperymentu celowe jest również zademonstrowanie symulacji komputerowej tego zjawiska.

Inne efekty kwantowe, takie jak np. ciśnienie światła trudno jest zademonstrować w czasie wykładu. Ruch skrzydełek radiometru Crookesa, tłumaczony czasem niewłaściwie jako efekt ciśnienia światła, związany jest z innym zjawiskiem (różnicą w nagrzewaniu się zaczernionych i błyszczących się skrzydełek radiometru i w związku z tym z różnym przekazem pędu od uderzających w skrzydełka molekuł powietrza wypełniającego radiometr).

### W 5.2. Zjawisko fotoelektryczne

Zjawisko fotoelektryczne jest eksperymentalnym potwierdzeniem faktu, że promieniowanie świetlne o częstotliwości  $\nu$  zachowuje się tak, jak gdyby składało się z małych porcji o energii  $E = h\nu$ .

Z punktu widzenia fizyki klasycznej należałoby oczekiwać, że energia kinetyczna elektronów wybitych z powierzchni metalu wzrasta z amplitudą a więc natężeniem fali, oraz że czas naświetlania metalu, potrzebny na zgromadzenie przez elektron wystarczającej energii, powinien być rzędu wielu sekund. Doświadczenie wskazuje, że energia fotoelektronu jest całkowicie niezależna od natężenia padającego światła oraz wybitcie elektronu zachodzi niemal natychmiastowo. Ilościowo zjawisko to opisane jest przez wzór Einsteina:

$$E_k = h\nu - W,$$

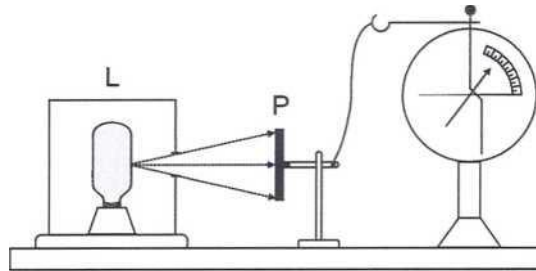
gdzie  $E_k$  - maksymalna energia kinetyczna fotoelektronu,  $h$  - stała Plancka,  $\nu$  - częstotliwość promieniowania,  $W$  - praca wyjścia.

W celu zapoznania słuchaczy z tym ważnym zjawiskiem celowe jest przeprowadzenie kilku eksperymentów, które ilustrowałyby w sposób jakościowy, jak i ilościowy, to zjawisko oraz na koniec pokazanie symulacji komputerowej tego zjawiska.

#### W 5.2.1. (W-60) Eksperymenty ilustrujące w sposób jakościowy własności efektu fotoelektrycznego zewnętrznego

Schemat układu służącego do tego eksperymentu pokazany jest na rys. W 5.2.1. Składa się on z płytki cynkowej P oczyszczonej uprzednio z tlenków przez potarcie papierem ściernym i połączonej z elektroskopem. Płytkę powinna być zamocowana w statywie i odizolowana elektrycznie od otoczenia. Przed płytką w odległości około 1 m umieszczamy źródło światła L; najpierw źródło światła widzialnego np. w postaci podświetlacza lub rzutnika z przesłoną a następnie lampę kwarcową. Na wstępie ładujemy płytkę oraz połączony z nią elektroskop ujemnie za pomocą pałeczki ebonitowej i oświetlamy światłem z podświetlacza. Stwierdzamy, że elektroskop nabój swój utrzymuje, listki elektroskopu nie opadają. Podobny efekt występuje, gdy płytkę naładujemy dodatkowo za pomocą potartej laseczki szklanej i oświetlimy światłem korzystając z lampy kwarcowej z przesłoną kołową. Gdy teraz oświetlimy płytkę naładowaną

ujemnie, widzimy, że listki elektroskopu szybko opadają. Kwanty promieniowania ultrafioletowego wybijają bowiem z powierzchni płytki cynkowej elektrony, które następnie są odpychane przez pole elektryczne naładowanej ujemnie płytki, wskutek czego nabój ujemny płytki zmniejsza się. Szybkość opadania listków zależy od odległości lampy od płytki (od natężenia światła). Jeśli na drodze promieni świetlnych ustawimy płytkę szklaną, stwierdzimy, że listki elektroskopu przestają opadać, po wyjęciu zaś płytki opadają dalej. Widzimy więc, że efekt fotoelektryczny w przypadku cynku zachodzi dzięki obecności w świetle kwarcówki składowej ultrafioletowej światła.



Rys. 5.2.1.

Naświetlanie płytki światłem kwarcówki powtarzamy jeszcze raz. Tym jednak razem elektroskop i płytkę ładujemy dodatnio za pomocą potartej laseczki szklanej. Stwierdzamy, że teraz elektroskop nie wykazuje utraty ładunku, ewentualnie bardzo nieznaczną, wywołaną jonizacją powietrza. Wybite przez światło elektrony nie mogą oddalić się od dodatnio naładowanej płytki i wracają ku niej z powrotem, wobec czego zmiany naboju nie obserwujemy. Ta druga część doświadczenia jest zarazem doskonałym potwierdzeniem tego, że w obserwowanym zjawisku fakt utraty naboju przez elektroskop jest wywołany wyrwaniem elektronów z płytki, a nie jonizacją powietrza.

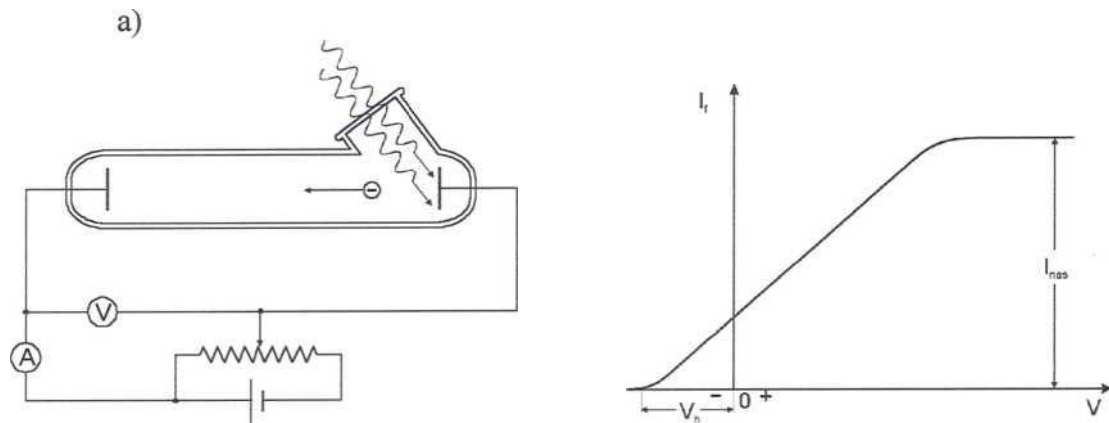
#### W 5.2.2. (W-61) Badania ilościowe zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego

Badanie ilościowe zjawiska fotoelektrycznego możliwe jest przy zastosowaniu fotokomórki. Na wstępie celowe jest pokazać różne typy fotokomórek, omówić ich budowę, działanie oraz przeznaczenie, a następnie, korzystając z układu przedstawionego na rys. W 5.2.2.a, zademonstrować przebieg charakterystyk prądowo-napięciowych fotokomórki w zależności od: a) natężenia oraz b) częstotliwości padającego promieniowania. W przypadku a) należy zwrócić uwagę na istnienie prądu nasycenia  $I_{\text{nas}}$  zależnego od natężenia padającego promieniowania oraz występowanie napięcia hamującego  $V_h$ , zaś w przypadku b) na zależność  $V_h$  od częstotliwości padającego promieniowania (rys. W 5.2.2.b).

Napięcie hamujące  $V_h$  jest to takie napięcie między katodą a anodą fotokomórki, przy którym natężenie prądu fotoelektrycznego opada do zera. Znajomość wartości  $V_h$  pozwala na wyznaczenie maksymalnej energii kinetycznej wybitych fotoelektronów na podstawie zależności

$$v_h \cdot e = \frac{1}{2} mv^2$$

Gdy fotokomórkę oświetlimy światłem monochromatycznym np. kwarcówką z filtrem Wooda przepuszczającym światło o długości 365nm, to wyznaczając  $V_h$  możemy, korzystając z wzoru Einsteina, wyliczyć pracę wyjścia fotokomórki  $W$ .



Rys. W 5.2.2.