

Stanisław ZIEMECKI

Interpretacja i zastosowanie selektywnego zjawiska fotoelektrycznego.

Interpretation and application of the selective photoeffect.

Interpretacja zjawiska.

Jak pokazały badania J. Elstera i H. Geitla¹⁾, następnie R. Pohla i P. Pringsheima²⁾, w wypadku selektywnego zjawiska fotoelektrycznego decydującą rolę gra położenie wektora świetlnego w stosunku do płaszczyzny padania światła. Używając światła spolaryzowanego i biorąc jako katodę ciekły stop sodu i potasu, przy dwu podstawowych położeniach nikola polaryzującego z łatwością można otrzymać stosunek natężeń prądu równy 20:1, a nawet znacznie większy. Maksymalny skutek znajdujemy, gdy wektor świetlny leży w płaszczyźnie padania, minimalny — gdy jest do niej prostopadły; inaczej mówiąc — gdy jego drgania zachodzą równolegle do swobodnej powierzchni cieczy. Badając zależność zjawiska od kąta padania stwierdzono, że efekt szybko rośnie ze wzrostem tego kąta; na przykład, ceteris paribus, przy zwiększeniu kąta od 11° do 80° , prąd fotoelektryczny wzrastał przeszło dziesięciokrotnie. Należy dodać, iż dotyczy to określonych wąskich odcinków widma. W przypadku stopu K-Na maksimum różnic efektu fotoelektrycznego, zależnych od położenia wektora świetlnego, obserwuje się dla λ wynoszącego ok. 4000 Å.

Charakter zależności efektu selektywnego od kąta padania promienia świetlnego wskazuje wyraźnie na to, że w wyzwaniu elektronów decydujące znaczenie ma składowa wektora świetlnego prostopadła do powierzchni metalu. Jasnym jest tedy, że chcąc dać poglądowe, intuicyjne wytłumaczenie selektywnego efektu fotoelektrycznego musimy oprzeć się na falowej interpretacji światła. Z drugiej jednak strony, jak pokazały badania³⁾ dotychczasowe, selektywny efekt fotoelektryczny podlega

tym samym prawom, dotyczącym liczby i prędkości fotoelektronów, co i efekt zwykły; w tym zakresie wymaga zatem interpretacji korpuskularnej.

W związku z powyższym łatwo możemy obmyślić doświadczenie z selektywną komórką fotoelektryczną, które będzie wymagało równocześnie interpretacji i falowej, i korpuskularnej. Zbudujmy przyrząd zaopatrzonej w selektywną kulistą komórkę fotoelektryczną i w długi sztywny pręt, wzdłuż którego można przesuwac jakieś bardzo słabe monochromatyczne źródło światła, którego λ leży w okolicy największej wrażliwości powierzchni na działanie wektora względem niej prostopadłego. Założmy, że pręt można obracać w płaszczyźnie pionowej koło środka komórki, na który pada promień świetlny. Z początku oddaliśmy światelko na tyle, że wytłumaczenie emisji elektronów, posiadających maksymalną a nawet średnią prędkość, wymaga koniecznie korpuskularnej interpretacji; przy dalszym odsuwaniu źródła interpretacja kwantowa tym bardziej będzie obowiązywać.

Następnie powiększamy wciąż odległość źródła świetlnego od środka komórki, a jednocześnie nachylamy pręt, na którym ono jest osadzone, zwiększając tym sposobem kąt padania promieni. Przy odpowiednim skoordynowaniu ruchów. przeważą w skutkach zwiększanie kąta: prąd fotoelektryczny będzie w r a s t a ć, p o m i m o o d d a l a n i a ś w i a t e ł k a. Aby wytłumaczyć ten fakt paradoksalny, musimy powołać się na działanie składowej pionowej wektora świetlnego, a zatem — uciec się do interpretacji falowej.

Nieuchronny jest wniosek, że obserwowane zjawisko wymaga r ó w n o c z e s n e g o stosowania obu obrazów: falowego i korpuskularnego. Wypada wreszcie nadmienić, że choć jest tu mowa o doświadczeniu fikcyjnym, jednak — napewno wykonalnym przy współczesnej technice mierzenia słabych prądów. Do otrzymania światła jednobarwnego użylibyśmy odpowiednich filtrów; spolaryzowalibyśmy światło z pomocą polaroidu lub nikola, co wyżej uważałem za rzecz domyslną.

Znamy szereg zjawisk takich, jak prążki interferencyjne w klasycznym doświadczeniu Younga ze szparkami, jak normalny efekt fotoelektryczny, z których każde wymaga w wyjaśnieniu poglądowym b a d ż falowego, b a d ż korpuskularnego obrazu.

Uogólniając ten wynik wypowiada się naogół pogląd, że korpuskularna i falowa interpretacja wyłączają się nawzajem; to uogólnienie, które podają wybitni teoretycy^{5 i 4)}, na przykład de Broglie, jak widać z powyższego, nie może się ostać.

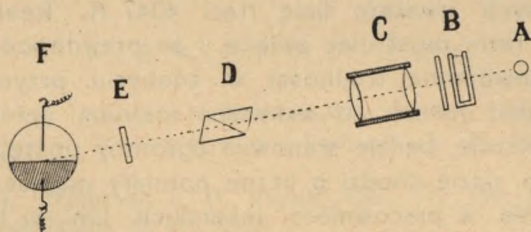
Zastosowania polarymetryczne.

Po tych rozważaniach ogólnych, dotyczących selektywnego zjawiska fotoelektrycznego, zwróć uwagę na możliwość praktycznego wyzyskania

komórki fotoelektrycznej w badaniach polarymetrycznych, co, o ile mi wiadomo, uszło dotychczas uwagi fizyków.

Zastosowałem w tym celu układ optyczny pokazany na fig. 1-szej.

FIG. 1.



- A — oznacza źródło światła, którym może być łukowa lampa rtęciowa,
- B — są to odpowiednie filtry świetlne,
- C — obiektyw odpowiednio dobrany,
- D — nikol,
- E — ciało skręcające, które można usuwać z biegu promieni,
- F — selektywna komórka fotoelektryczna, zawierająca ciekły stop K-Na.

Oto pewne szczegóły doświadczalne. Komórka fotoelektryczna została sporządzona za pomocą aparatury, zaprojektowanej przez P. Asystenta Stefana Wieluńskiego. Różni się ona w kilku punktach od aparatury Elstera i Geitla; główna różnica polega na stosowaniu azotu sprężonego i na przelewaniu ciekłego stopu ciśnieniem azotu do pierwszej z połączonych ze sobą trzech kolbek szklanych. Próżnię wytwarzano za pomocą dyfuzyjnej pompy rtęciowej; celem oczyszczenia destylowałem dwukrotnie stop w próżni. Bliższe szczegóły dotyczące techniki sporządzania komórek podam prawdopodobnie w jednej z dalszych prac nad tym samym zagadnieniem. Komórkę fotoelektryczną umieszczałem w obwodzie, zawierającym suchą baterię o 240 V i galwanometr czułości 5×10^{-10} A na 1 mm.; używałem wieloodbiciowego galwanometru z wytwórni D-ra B. Langego (Multiflexgalvanometr). Źródłem światła była lampa rtęciowa małej mocy, w osłonie szklanej, przeznaczona do celów spektralnych; długość łuku - rzędu 20 mm. Rolę filtrów świetlnych grał zespół niebieskiego szkła kobaltowego i roztworu siarczanu chininy. Ta kombinacja przepuszcza głównie niebieską linię 4358 Å; jak jednak stwierdzić mogłem, nie usuwa całkowicie linii fioletowych. Ciałem skręcającym był kwarc.

W doświadczeniach dotychczasowych, mających charakter próbny i prowizoryczny, osiągnąłem niewielką dokładność. Mogłem jednak przekonać się, że droga obrona jest metodycznie właściwa. Należy ulepszyć

stronę eksperymentalną w dwu punktach: 1) zastosować amplifikację słabych prądów fotoelektrycznych; 2) zważywszy silną dyspersję skreślenia płaszczyzny polaryzacji w niebieskiej i fioletowej części widma, użyć do doświadczeń światła ściśle jednobarwnego. Ze względu na szczególną wrażliwość komórki na fiolet za najbardziej nadającą się do celów pomiarowych uważam linię rtęci 4047 Å. Realizacja ulepszeń w aparaturze na razie musi ulec zwłoce, i to prawdopodobnie znacznej, ze względu na powojenne trudności w zdobyciu przyrządów precyzyjnych. Jasnym jest jednak, iż wskazana metoda, jeżeli się uda wydoskonalić ją technicznie, będzie stanowiła ogromny postęp w polarymetrii, zwłaszcza — tam, gdzie chodzi o liczne pomiary mające znaczenie praktyczne, jak badania w pracowniach lekarskich lub w laboratoriach cukrowniczych. Zastąpienie subtelnego bądź co bądź pomiaru okularowego odczytaniem położenia wskazówki elektrycznego przyrządu mierniczego uczyniłoby polarymetrię bardziej obiektywną, pozwoliłoby uniknąć zmęczenia i przyspieszyłoby tempo dokonywania spostrzeżeń.

PIŚMIENNICTWO:

- 1) J. Elster i H. Geitel: *Wied. Annalen*, 55, 684, (1895).
- 2) R. Pohl i P. Pringsheim: *Verhandl. d. D. Phys. Gesellschaft*, 12, 682, (1910).
- 3) R. Pohl.: *Verhandl. d. D. Physik. Ges.* 11, 339, (1900); J. Elster H. Geitel: *Physik-Ztschr.* 10, 457, (1909).
- 4) Louis de Broglie: *Ondes, Corpuscules, Mécanique Ondulatoire*, Paris, 147, (1945).
- 5) F. K. Richtmyer i E. H. Kennard: *Introduction to modern physics* p. 95, (1947).

S U M M A R Y.

In cells with the liquid K-Na alloy the position of the light vector exerts a marked influence on the magnitude of the photoeffect. The ratio of the current for light vectors situated in the plane of incidence and perpendicular to that plane may be as high as 20:1 and even much higher. This ratio grows steadily with the angle of incidence and has a maximum for the violet part of the spectrum. This makes the photoelectric K-Na cell a suitable instrument for polarimetric measurements.

I used for that aim the arrangement shown in fig. 1 (p. 207). The light from a mercury lamp is filtered to obtain monochromatic light; it passes further through the polarizing nicol and is focussed on the surface of the alloy. The rotation of the plane of polarization can be compensated by a suitable rotation of the nicol.

In my provisory experiments the current from the photoelectric cell, connected to a battery of 240 V, was read on a galvanometer of the sensitivity 5×10^{-10} A pro mm (Multiflexgalvanometer from B. Lange, Berlin, Zehlendorff). I hope to improve the somewhat rough measurements by: 1) the use of strictly monochromatic light, 2) the electron tube amplification of the photoelectric current.

It is obvious that the method described, when suitably improved, may be of great utility, — especially in routine measurements, because tiresome optical observations could be replaced by simple pointer readings.

I am very much indebted to M-r Stefan Wieluński for his most valuable help in preparing the photocells.

In connection with the above text some remarks of a more general character may be added. It seems generally accepted that a given optical phenomenon admits either the wave or the corpuscular interpretation: for instance Young's classical experiment will be explained by waves and the normal photoeffect by photons. It seems however possible to indicate experiments with selective photoelectric cells, that will not agree with this rule.

As was stated above the selective photoeffect increases quickly with the angle of incidence. If the light vector lies in the plane of inci-

dence and the angle of incidence rises from 11° to 80° , the photoelectric current increases about 10 times. This fact is most simply explained by assuming, in accordance with the wave picture of the phenomenon, that the electrons are driven out of the metal by the normal component of the light vector. On the other hand even with the selective photoeffect the general laws of photoelectric phenomena remain valid, and the action of very faint light source requires corpuscular interpretation.

Now let us take a very faint source of monochromatic polarized light and mount it on a long rigid rod which can be rotated round the horizontal axis passing through a selective photocell. We bring the light source above the cell in such a distance that the existence of the photocurrent can be explained only by means of the corpuscular theory. The same applies a fortiori for still longer distances. Let us now shift the light source away from the cell and at the same time tilt suitably the rod on which the source is fastened. The angle of incidence increases, the photoelectric current rises, although the light source is shifted away from the cell. This paradox evidently requires simultaneous application of the corpuscular and wave interpretations of light. With the modern technique of measurement of very weak currents it should be possible actually to carry out such experiment.

