

# XXXI OLIMPIADA FIZYCZNA

(1981/1982)

## ZAWODY III STOPNIA

### CZĘŚĆ TEORETYCZNA

#### Zadanie teoretyczne – T1D<sup>1</sup>

**Nazwa** – Określenie polaryzacji napięcia w fotokomórce w zależności od długości fali padającego światła.

**Źródła** – Komitet Główny Olimpiady Fizycznej

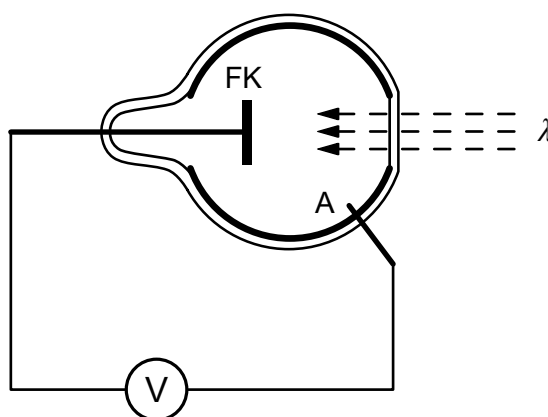
– Andrzej Kotlicki<sup>2</sup>, Andrzej Nadolny<sup>3</sup>, Krystyna Pniewska<sup>4</sup>: *Fizyka w Szkole* nr 5, 1982, s. 276–282

– Andrzej Nadolny, Krystyna Pniewska: *Olimpiada Fizyczna XXIX–XXXI*, WSiP, Warszawa 1986, s. 189, 190–191

– T.M. Molenda, IF US, [www.OF.szc.pl](http://www.OF.szc.pl).

---

Fotokatoda FK fotokomórki próżniowej (rys. 1) jest oświetlana światłem monochromatycznym, którego długość fali możemy zmieniać. Strumień fotonów (liczba fotonów padająca na fotokatodę w jednostce czasu) jest za każdym razem taki sam. Podczas oświetlania światłem o długości fali  $\lambda_1$  podłączony między fotokatodą a anodą A woltomierz o bardzo dużym oporze wewnętrznym wskazuje napięcie  $U_1$ , zaś przy długości fali  $\lambda_2$  – napięcie  $U_2$ .



Rys. 1

Jaka jest polaryzacja (znak) tego napięcia? Która z długości fali  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  jest większa, jeśli  $U_1 < U_2$ ? Omów wpływ na obserwowane zjawisko kontaktowej różnicy potencjałów między materiałem fotokatody a materiałem anody.

## Rozwiązanie zadania T1D – XXXI OF, III stopień, część teoretyczna

Pojawienie się napięcia między (metaliczną) fotokatodą a anodą jest spowodowane fotoemisją elektronów z fotokatody (zewnętrzne zjawisko fotoelektryczne). Aby zjawisko to wystąpiło, energia fotonów  $hc/\lambda$  ( $h$  – stała Plancka,  $c$  – prędkość światła) musi być większa od pracy wyjścia elektronów  $W_k$  elektronów z fotokatody. Maksymalna energia emitowanych elektronów wynosi

$$E_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - W_k.$$

Wyemitowane elektrony osiadają na anodzie (która otacza fotokatodę niemal ze wszystkich stron), powodując jej ujemne ładowanie się. W rezultacie powstaje między fotokatodą a anodą pole elektryczne, hamujące ruch dalszych elektronów. Proces ładowania anody przez fotoelektrony może przebiegać tak długo, dopóki praca  $L$ , potrzebna do pokonania przez elektrony hamującego pola elektrycznego, nie stanie się równa maksymalnej energii emitowanych elektronów  $E_{\max}$ .

Ponieważ praca ta jest równa

$$L = -e(V_a - V_k) = e(V_k - V_a),$$

gdzie  $e$  jest ładunkiem elementarnym (dodatnim), natomiast  $V_a$  i  $V_k$  oznaczają odpowiednio potencjał anody i fotokatody, warunek  $L = E_{\max}$  przyjmuje postać równania

$$e(V_k - V_a) = \frac{hc}{\lambda} - W_k \quad (1)$$

Jeśli między fotokatodą i anodą nie istnieje kontaktowa różnica potencjałów (czyli ma ona zerową wartość), to występująca między nimi różnica potencjałów  $U_{ka} = V_k - V_a$  jest równa napięciu  $U$  wskazywanemu przez woltomierz. Z równania (1) otrzymujemy wówczas

$$U = \frac{1}{e} \left( \frac{hc}{\lambda} - W_k \right). \quad (2)$$

Wynika stąd, że jeśli  $U_1 < U_2$ , musi zachodzić  $\lambda_1 > \lambda_2$ . Oczywiście polaryzacja mierzonego napięcia jest zawsze jednakowa: na anodzie występuje minus.

W ogólnym przypadku kontaktowa różnica potencjałów  $V_{ka}$  między fotokatodą a anodą jest różna od zera ( $eV_{ka}$  jest równe różnicy prac wyjścia z materiału anody  $W_a$  oraz fotokatody  $W_k$ , a ponieważ fotokatody wykonuje się na ogół z materiału o bardzo niskiej pracy wyjścia, z reguły zachodzi  $W_a > W_k$  i w konsekwencji  $V_{ka} = (W_a - W_k)/e > 0$ ). W takiej sytuacji różnica potencjałów  $U_{ka}$  jest równa sumie napięcia  $U$  i kontaktowej różnicy potencjałów  $V_{ka}$ :  $U_{ka} = U + V_{ka}$ . W rezultacie mierzone napięcie  $U$  ulega w stosunku do wartości wynikającej ze wzoru (2) zmniejszeniu o  $V_{ka}$ :

$$U = \frac{1}{e} \left( \frac{hc}{\lambda} - W \right) - V_{ka}.$$

Widać, że wartość  $V_{ka}$  – o ile tylko zjawisko zachodzi – nie ma wpływu na odpowiedź „ $\lambda_1 > \lambda_2$ ”, natomiast zmienia ona związek ilościowy między  $U$  a  $\lambda$ , wpływa ponadto na graniczną wartość długości fali, przy której zjawisko wystąpi (progowa energia fotonów, przy której pojawia się efekt, ulega zwiększeniu przy  $V_{ka} > 0$ , natomiast przy  $V_{ka} < 0$  pozostaje taka sama, jak dla  $V_{ka} = 0$ ).

**Punktacja**

Za ten punkt zadania T1 można było otrzymać maksymalnie 4 pkt., o 2 pkt. więcej niż w punktach A–C, gdyż to zadanie było wyraźnie trudniejsze.

*Komentarz*

Analizując rozwiązania zadania T1 dało się stwierdzić niedokładne czytanie treści zadań przez uczestników. Ten punkt zadania sprawił uczniom najwięcej trudności; tylko nieliczni poprawnie przedyskutowali wpływ kontaktowej różnicy potencjałów.

---

<sup>1</sup>Zadanie T1 składało się z czterech punktów, dla których odpowiedzi należało krótko uzasadnić (przyp. red.).

<sup>2</sup>Andrzej Kotlicki (wówczas dr) był kierownikiem organizacyjnym w KGOF od XXV OF do XXXVII OF, w tym okresie był współautorem artykułów w *Fizyce w Szkole* z OF i współautorem z W. Gorzkowskim książki *Olimpiada fizyczna. Wybrane zadania doświadczalne z rozwiązaniami*. W latach 1984–1999 był sekretarzem Międzynarodowej Olimpiady Fizycznej. (Od 1991 r. – prof. University of British Columbia.) (przyp. red.)

<sup>3</sup>Dr Andrzej Nadolny był sekretarzem naukowym ds. zadań w KGOF od II st. XXX OF do XXXI OF, w tym okresie był współautorem artykułów w *Fizyce w Szkole* z OF (przyp. red.).

<sup>4</sup>Krystyna Pniewska (Garbowska–Pniewska) pełniła funkcję Kierownika Organizacyjnego Olimpiady Fizycznej w XXX OF w 1981 r, w XXXIV OF i następnie, wspólnie z dr A. Kotlickim, do XXXVII OF; w tym okresie była autorką lub współautorką artykułów w *Fizyce w Szkole* z OF, współautorką ww. książki (przyp. red.).