

## OCZY ELEKTROSKOPU

Tak, nie mylicie się. Dzisiejsze wydanie naszego kącika poświęcone jest zjawisku fotoelektrycznemu. W warunkach amatorskich najłatwiej zaobserwować je przy pomocy elektroskopu. Jak pamiętacie, zjawisko fotoelektryczne (zewnętrzne) polega na wybijaniu elektronów z powierzchni przewodnika przez światło. Jeżeli taki przewodnik połączymy z ujemnie naładowanym elektroskopem, będzie on stopniowo tracił ładunek pod wpływem odpowiedniego oświetlenia przewodnika. Kto zdecyduje się zbadać doświadczalnie to zjawisko, staje od razu wobec pytania:

## Z CZEGO WYBIJAĆ ELEKTRONY?

W tym miejscu czas na przypomnienie pewnego minimum teorii. Elektrony w metalu są przyciągane przez dodatnie jony. Dopóki elektron znajduje się wewnątrz metalu, jony ciągną go w różne strony, pochodzące od nich siły z grubsza się znoszą i elektron może poruszać się w miarę swobodnie. Kiedy jednak próbujemy go wyrwać z metalu, musimy wykonać pewną pracę przeciwko tym siłom, tym razem działającym już w jedną stronę. Ta praca (oznaczamy ją przez  $W$ ) nosi nazwę „praca wyjścia”. Aby wyrzucić elektrony z powierzchni metalu, musimy skierować na nią światło o energii fotonów  $E_f$  nie mniejszej niż praca wyjścia  $W$ :

$$E_f \geq W.$$

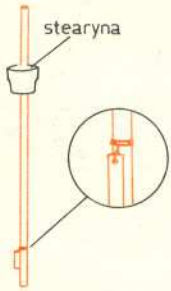
Warunek ten spełnić tym łatwiej, im mniejszą pracę wyjścia ma badany przewodnik. W fotokomórkach używa się zazwyczaj katod z metalami alkalicznymi (np. rubid, cez). Z materiałów ogólnie dostępnych oraz nie wymagających ochrony przed powietrzem najłatwiej użyć cynku — kawałek blachy cynkowej znakomicie nada się do naszych celów pod warunkiem odpowiedniego oczyszczenia jej powierzchni (na przykład papierem ściernym).

Miło było sobie pogawędzić, ale teraz spójrzmy w oczy faktom: trzeba zbudować

## ELEKTROSKOP

Czy to trudne? I tak, i nie. Konstrukcja jest niezmiernie prosta, ale zaniedbanie pewnych szczegółów może całkowicie zniszczyć efekt naszej pracy. Postępując ściśle według moich wskazówek będziecie mogli zbudować przyrząd reagujący już na napięcia paruset woltów, co jak na elektrostatykę jest wartością bardzo małą. Do zbudowania elektroskopu potrzebne będą następujące materiały: szklana butelka, pręcik lub gruby drut, kawałek świeczki, cienki drucik i folia aluminiowa (może być nawet po cukierku). Wykonujemy ze świeczki korek pasujący do szyjki butelki i przetykamy przezeń pręcik lub grubszy drut w taki sposób, żeby po włożeniu tego korka do butelki nie dosięgnął jej dna. Robimy to rozgrzewszy pręcik na tyle, aby wtopiony w stearynę podczas przetykania utrzymał się pewnie po jej zastygnięciu. Na pręciku montujemy w płaskiej pętelce z cienkiego drucika pasek folii w sposób zapewniający mu swobodę odchylenia się od pręcika (patrz rysunek — fragment w powiększeniu).

Butelkę z zewnątrz owijamy folią aluminiową zostawiając okienka do obserwacji listka elektroskopu. W braku odpowiedniego kawałka folii można butelkę parę razy owinać drutem. Ta zewnętrzna osłona, którą w czasie używania elektroskopu uziemiamy, jest potrzebna, jeśli nie chcemy, żeby elektroskop zachowywał się w sposób niekontrolowany. Uziemić osłonę można łącząc ją z rurą wodociągową lub centralnego ogrzewania (nigdy gazową) albo stawiając elektroskop bezpośrednio na ziemi. Po zmontowaniu całości możemy przystąpić do sprawdzania elektroskopu. Najprościej wziąć grzebień (nie metalowy) i przeczesać nim włosy. Gdy naelektryzowany w ten sposób grzebień zbliżymy do wystającego pręcika elektroskopu (rys. 2), listek powinien się odchylić. Możemy przytknąć grzebień do pręcika (rys. 3) — wtedy elektroskop uzyska ładunek o tym samym znaku, co grzebień — lub uziemić pręcik na krótko palcem (rys. 4a), następnie oddalić grzebień (rys. 4b), a wówczas elektroskop uzyska przez indukcję ładunek o znaku przeciwnym. Mając więc jeden przedmiot naelektryzowany możemy ładować elektroskop zarówno dodatnio, jak i ujemnie. Można się długo bawić podobnymi doświadczeniami i na pewno każdy, kto zrobi sobie elektroskop, będzie tego próbował, przynajmniej do chwili, kiedy sobie przypomni, że zbudował go, aby badać



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4a



Rys. 4b





Rys. 5

## EFEKT FOTOELEKTRYCZNY

Jak badać? Bardzo prosto. Blaszkę cynkową łączymy z pręcikiem elektroskopu (jak na rysunku 5), ładujemy całość i oświetlamy. Tu dochodzimy do istotnego problemu. Cynk ma pracę wyjścia na tyle dużą, że aby wybijać z niego elektrony należy oświetlić go światłem nadfioletowym. Jeżeli macie dostęp do kwarcówki używanej do opalania — problem „z głowy”. W przeciwnym razie popróбуйте bezpośredniego światła słonecznego (nie przez szybę — pochłania nadfiolet). W trakcie doświadczeń przekonacie się, że światło powoduje rozładowanie tylko przy jednym znaku ładunku — ujemnym. Jeśli elektroskop naładujemy dodatnio, elektrony wybite światłem będą przyciągane z powrotem i ładunek nie będzie się zmieniać.

Osoby, które wiedzą, jak się różne rzeczy robi, żeby dobrze wyszło, proszę o ominięcie następnego fragmentu. Będą to bowiem

## DOBRE RADY WUJKA

1. Elektrostatyka udaje się tylko na sucho, ale naprawdę na sucho.
2. Przedmioty metalowe w doświadczeniach elektrostatycznych nie powinny w miarę możliwości mieć ostrych końców ani krawędzi.
3. Dla uzyskania silnego efektu lampę kwarcową należy zbliżyć na odległość około 20 cm.
4. Jeżeli listek elektroskopu początkowo odchyła się dobrze, a potem szybciej lub wolniej opada, to o ile tylko nie jesteśmy na skażonym radioaktywnie terenie, najprawdopodobniej winna jest izolacja (wilgoć lub złe materiały).

Teraz już mogą czytać wszyscy, bo wszystkim życzę powodzenia w doświadczeniach.

## Kończy czy jeszcze poczekać?

Dr Tomasz BOJDECKI



Szukaniem odpowiedzi na to nieco hamletowskie pytanie zajmuje się rachunek prawdopodobieństwa, a dokładniej — jego dział zwany „teorią optymalnego stopowania”. Teoria ta stanowi efektowny przykład wykorzystania skomplikowanego, wysoce abstrakcyjnego aparatu matematycznego w tak zwanej „matematyce stosowanej”, aparatu, dzięki któremu można rozwiązać wiele konkretnych zagadnień (nie zawsze intuicyjnie oczywistych), sformułowanych językiem zwykłym. W niniejszym artykule będę się starał przekonać Czytelnika o prawdziwości tego stwierdzenia; oczywiście to, co napisałem o trudnej matematyce, będzie wymagać ze zrozumiałych względów uwierzenia mi na słowo.

Przechodząc do rzeczy, przypuścimy, że uczestniczymy w grze, której zasady można ująć w następujących punktach:

- 1) jest  $N$  pól ponumerowanych  $1, 2, \dots, N$ ;
  - 2) na jednym z pól stoi pionek; rzucamy monetą i jeżeli upadnie ona orłem do góry przesuwamy pionek na sąsiednie pole o numerze o jeden większym, jeśli zaś reszką — na pole o numerze o jeden mniejszym; następnie znowu rzucamy monetą itd.; gra kończy się z chwilą dotarcia pionka do któregośkolwiek z pól skrajnych, tzn. o numerach  $1$  albo  $N$ ;
  - 3) z każdym polem związana jest pewna wygrana:  $w(i)$  oznacza wygraną przyporządkowaną polu o numerze  $i$  dla  $i = 1, 2, \dots, N$  ( $w(i)$  może być też ujemne lub równe zero, oczywiście „wygrana ujemna” oznacza przegraną);
  - 4) w każdej chwili przed wykonaniem kolejnego rzutu monetą możemy wycofać się z gry; jeżeli w momencie wycofania pionek znajduje się na polu o numerze  $i$ , to nasza wygrana w całej grze równa jest  $w(i)$ ; jeśli nie zdecydujemy się na przerwanie gry przed dojściem pionka do pola  $1$  albo  $N$ , to chcąc nie chcąc musimy zadowolić się wygraną, odpowiednio,  $w(1)$  albo  $w(N)$ .
- Problem polega na znalezieniu takiej strategii wycofania się z gry, która zapewniłaby największą wygraną.

Opisane zagadnienie jest typowym, a równocześnie, jak sądzę, najprostszym nietrywialnym zadaniem, którym zajmuje się teoria optymalnego stopowania. Oczywiście, problem został postawiony na razie zupełnie nieściśle. Przed dokonaniem jednak niezbędnych uściśleń warto chyba postarać się zrozumieć lepiej istotę zagadnienia. Niech na przykład  $N = 8$ ,  $w(1) = -1$ ,  $w(2) = 0$ ,  $w(3) = 1$ ,  $w(4) = 3$ ,  $w(5) = 4$ ,  $w(6) = 2$ ,  $w(7) = 1$ ,  $w(8) = -1$ . Wykres funkcji  $w$  ( $w$  jest tzw. „funkcją wypłaty”) podany jest obok.

