

Dr Jan A. GAJ

Prąd elektryczny w szkło

Z góry zastrzegam, że nie będzie mowy o żadnym nowym wynalazku. Będziemy przepuszczać prąd przez najzwyklejsze szkło, które — jak wiadomo — używane jest nieraz jako izolator, chociażby w pierwowzorze kondensatora — butelce lejdejskiej. Nie będziemy się też posługiwać żadnymi wyrafinowanymi przyrządami, które byłyby w stanie mierzyć znikome natężenia prądu, jakie mogą płynąć przez izolator. Postaramy się zmusić szkło, aby przewodziło zupełnie łatwo wykrywalne prądy.

Jak to zrobić?

Trzeba szkło ogrzać i to dosyć mocno. Zrobimy to w płomieniu gazowym kuchenki domowej lub turystycznej. Z góry ostrzegam, że pierwsze nasze doświadczenie będzie bardzo trudno wykonać przy użyciu gazu ziemnego. Musimy zaopatrzyć się w pięć lub sześć baterii płaskich, które połączymy szeregowo otrzymując źródło prądu o napięciu dwudziestu kilku woltów. Do stwierdzenia przepływu prądu użyjemy żaróweczki o możliwie małym nominalnym natężeniu prądu (najwyżej 0,2 A). Jako elektrody do szkła będą nam potrzebne dwa kawałki niezbyt cienkiego (ok. 0,5 mm) drutu stalowego (mogą być wyprostowane spinacze biurowe), które musimy zamocować tak, aby ich końce znajdowały się w stałej odległości 1–2 mm i nie groziły zwarcie, co spowodowałoby zniszczenie żaróweczki. Wymagane zamocowanie można osiągnąć na przykład przybijając druty gwoździkami do kawałka drewna. Do przeciwnych końców drutów dołączamy przewody miedziane (rys. 1). Wystająca część drutów musi być dostatecznie długa, aby przy ogrzewaniu ich w płomieniu deseczka nie paliła się. Można się też posłużyć kostką porcelanową, jakiej używa się do łączenia lamp elektrycznych z przewodami zasilającymi. Źródło prądu, elektrody i żaróweczkę łączymy szeregowo (rys. 2). Następnie w płomieniu gazowym rozgrzewamy silnie kawałek szkła — na przykład z małej buteleczki lub rurki szklanej. Kiedy szkło zmięknie, nabieramy go trochę na elektrody tak, aby utworzyło „perełkę” łączącą końce drutów i dalej ogrzewamy ją w płomieniu. Żaróweczka powinna zacząć się żarzyć, wskazując przepływ prądu. Gdyby posiadany przez nas przedmiot szklany był za duży, aby zmięknąć w płomieniu kuchenki, możemy odłupać kawałek szkła, położyć go na końcach elektrod i tak ogrzewać. Szkło powinno być zwykle łatwotopliwe (nie jenajskie).

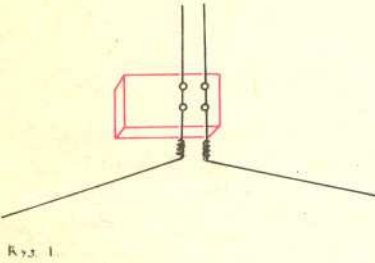
Przekonawszy się w ten sposób doświadczalnie, że prąd przez szkło może płynąć, stajemy wobec problemu:

Dlaczego szkło przewodzi?

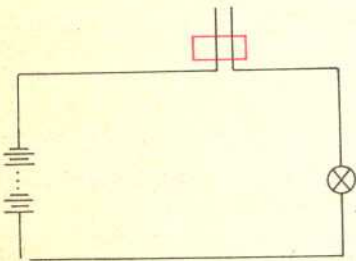
Najprostsza nasuwająca się odpowiedź brzmi: bo elektrony przenoszą się do pasma przewodnictwa pod wpływem energii cieplnej. Niestety jest ona błędna. Szkło przewodzi na tej samej zasadzie co elektrolity, a nie półprzewodniki: przez ruch jonów. W wysokiej temperaturze, kiedy szkło zaczyna mięknąć, a nawet nieco wcześniej, drgania cieplne ułatwiają ruch makroskopowy jonów, które się tam znajdują. Najłatwiej będzie poruszać się jonom najmniejszym jak na przykład Na^+ , które też w głównej mierze przyczyniają się do przewodzenia prądu. Mam nadzieję, że nie dasz się, Czytelniku, zbyt głośnymi zapewnieniami i zapytasz:

A skąd wiadomo, że to jony?

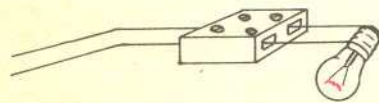
Z doświadczenia oczywiście i to bardzo ciekawego. Żeby je wykonać, musimy zdobyć pewną ilość dwóch związków: azotanu sodu NaNO_3 i azotynu sodu NaNO_2 . Można próbować posłużyć się tylko jednym z nich (zapewne łatwiej będzie zdobyć azotan sodu, czyli saletrę sodową), utrudni to jednak wykonanie doświadczenia. Ale do rzeczy: równe ilości azotanu i azotynu sodu stapiamy na małym płomieniu w pudełku po paście do butów, uprzednio dokładnie wymyłym szczotką i mydłem. Można użyć płytki azbestowej. W stopionej soli zanurzamy częściowo bańkę żaróweczki, trzymanej gwintem w górę. Żaróweczkę należy zamocować w tym położeniu tak, aby ją można było zasilać. Można to zrobić przy pomocy wspomnianej już kostki porcelanowej i drutu, jak na rys. 3, a następnie kostkę oprzeć na brzegu pudełka zanurzając jednocześnie żaróweczkę.



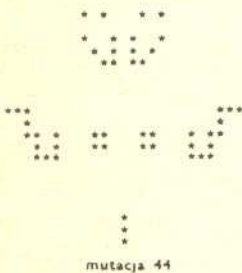
Rys. 1.

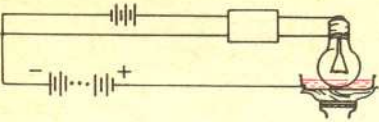


Rys. 2.



Rys. 3.





Rys. 4.

Żaróweczkę zasilamy z jednej baterijki, a pięć lub sześć baterii połączonych szeregowo łączymy pomiędzy włókno żarówki (minus) a ogrzewane na gazie pudełko (plus) — patrz rys. 4. I teraz zacznie się najciekawsze: dołączone do ujemnego bieguna rozgrzane włókno będzie emitowało elektrony i odpychało je w stronę bieguna dodatniego czyli stopionej soli. Po przejściu przez gaz w żarówce elektrony dotrą do wewnętrznej powierzchni szkła, gdzie będą zobojętniać docierające tam poprzez szkło dodatnie jony sodu. W efekcie na wewnętrznej powierzchni żaróweczki powstanie już po kilku minutach cienka warstwa metalu, głównie sodu. Jest to bezpośredni dowód jonowego charakteru prądu elektrycznego w szkłe. Aby doświadczenie się udało, podaję jeszcze

Kilka rad praktycznych

1. Należy użyć żarówki 3,5 V — włókno będzie miało temperaturę wyższą od nominalnej i silniej będzie emitować elektrony. Dobrze jest mieć kilka żaróweczek na zapas.
 2. Bardzo przydatny jest czuły miernik natężenia prądu płynącego przez szkło o zakresie 100 μA , a w każdym razie nie więcej niż 1 mA — na przykład opisany w „Delcie” nr 5/75 miernik własnej roboty ze wzmacniaczem tranzystorowym.
 3. Nie należy dopuścić do zbyt silnego rozgrzania się cieczy — szkło żaróweczki może zmięknąć. Najlepiej kontrolować miernikiem natężenie prądu i utrzymywać je w okolicy 100 μA przez regulowanie płomienia — w przeciwnym razie trzeba grać bardzo ostrożnie metodą prób i błędów — przy którejś żaróweczce powinno się udać.
- A teraz rzecz bez precedensu, a mianowicie

Konkurs samych zwycięzców

Każdy, kto do 1.III.1977 r. przyśle pod adresem redakcji żaróweczkę pokrytą wewnątrz do połowy metalem oraz dane dotyczące wykonania doświadczenia, otrzyma nagrodę książkową. Ponadto między uczestników zostanie rozlosowana nagroda specjalna — silniczek elektryczny. Powodzenia!



Zadania

Redaguje mgr Andrzej MAKOWSKI

M 112. Na płaszczyźnie dane są dwa okręgi współśrodkowe i punkt P na zewnątrz nich. Przez punkt P poprowadzono styczne do tych okręgów; punktem styczności z mniejszym okręgiem jest A , z większym — B . Odcinek PA przecina większy okrąg w punkcie C . Udowodnić, że $PA^2 - PB^2 = AC^2$.

Rozwiązanie na str. 5

M 113. Udowodnić, że dla żadnej liczby naturalnej n liczba $2^n + n^2$ nie dzieli się przez 7. Rozwiązanie na str. 6

M 114. Udowodnić, że dla każdej liczby naturalnej n zachodzi nierówność

$$\binom{2n}{n} < 4^n$$

Rozwiązanie na str. 5

Redaguje dr hab. Andrzej SZYMACHA

F 38. Pewnej ekspedycji naukowej przebywającej na bezludnej wyspie wyczerpały się wszystkie źródła energii. Na wyspie tej nie wieją żadne wiatry, nie płyną strumienie, niebo pokryte jest grubą warstwą chmur, ciśnienie atmosfery jest stałe, a temperatura atmosfery i wody w otaczającym niezwykle spokojnym oceanie jest dniem i nocą stale jednakowa. Na wyspie odkryto źródło obojętnego chemicznie gazu sączącego się ze stałą wydajnością z pewnej grotty. Wydobywający się gaz ma zarówno ciśnienie jak i temperaturę równą ciśnieniu i temperaturze atmosfery. Członkowie ekspedycji dysponują dwiema półprzepuszczalnymi błonami, z których jedna przepuszcza swobodnie cząsteczki gazu będąc jednocześnie całkowicie nieprzepuszczalną dla cząsteczek powietrza, druga błona na odwrót, przepuszcza cząsteczki powietrza, a nie przepuszcza cząsteczek owego gazu. Mając ponadto możliwości konstruowania prostych urządzeń mechanicznych w rodzaju cylindrów z tłokiem, czy zaworów, członkowie ekspedycji postanowili zbudować silnik. Wykaż, że nie istnieje teoretyczne ograniczenie na moc idealnego silnika pracującego z wykorzystaniem tego gazu.

Rozwiązanie na str. 14

