



Rozwiązanie zadania F 735.
Zapisując prawo załamania po kolei dla każdej płytki, otrzymujemy w końcu kąt padania odpowiadający kątowi całkowitego wewnętrznego odbicia.

Wtedy:
 $\sin \alpha_{\min} = n/k^{N-1}$,
zatem $\alpha_{\min} = \arcsin(n/k^{N-1})$.



Komputer przechowuje liczby właśnie w systemie dwójkowym i oczywiście nie jest w stanie zachować w pamięci nieskończenie wielu cyfr rozwinięcia! Dokładniej, procesor ich komputera, pracujący pod kontrolą 64-bitowego systemu operacyjnego Linux, może pamiętać jedynie 52 cyfry po przecinku binarnego rozwinięcia liczby 1,1 – a więc wszystkie działania prowadzi nie na 1,1 (jak wcześniej myśleli), ale na liczbie

$$(1, \underbrace{000\ 1100\ 1100\ 1100\ 1100\ 1100\ 1100\ 1100\ 1100\ 1100\ 1100\ 11010}_{52 \text{ cyfry}})_2$$

– która różni się od wyjściowej wartości 1,1 o około 10^{-16} . Dalszego ciągu łatwo się domyślić.

Tak więc rzeczywiście, nie tylko liczba $4/3$, ale też 1,1 jest reprezentowana w sposób przybliżony w procesorze komputera. . . Z drugiej strony, kalkulatory zwykle korzystają z reprezentacji liczb w systemie dziesiętnym (a nie dwójkowym) – właśnie dlatego, by nie sprawiać ludziom niespodzianek podobnych do powyższych – i to tłumaczy dokładny wynik obliczenia $(1,1 - 1) \cdot 10 - 1$ na kalkulatorze.

Szukając więcej informacji na ten temat, Wojtek dowiedział się, że nie tylko oni padli ofiarą nadmiernej ufności w precyzję komputerowych obliczeń. To właśnie fałszywe przekonanie wojskowych inżynierów, że komputer (wystarczająco) dokładnie wykonuje obliczenia na całkowitych wielokrotnościach liczby 0,1, było przyczyną zagadkowego zachowania się amerykańskiego systemu antyrakietowego Patriot, który po kilkudziesięciu godzinach bezczynności (tak!) kompletnie tracił celność, co swego czasu umożliwiło skuteczny atak rakietowy wojsk irackich podczas operacji „Pustynna Burza”.

Małą Deltę przygotował Piotr KRZYŻANOWSKI



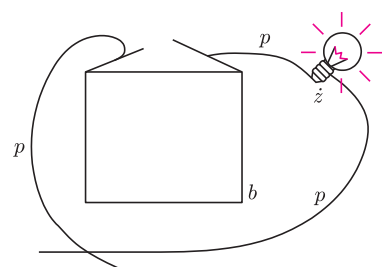
Przeprowadzamy elektrolizę

Stanisław BEDNAREK

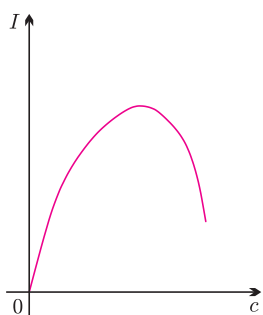
Tematem naszych doświadczeń będzie dzisiaj elektroliza. W ogólnym przypadku elektrolizą nazywamy zespół reakcji chemicznych i procesów fizycznych, zachodzących podczas przepływu prądu elektrycznego przez elektrolity. Elektrolitami są wodne roztwory kwasów, zasad i soli.

Na początek zbadamy przepływ prądu przez dwa elektrolity – wodny roztwór soli kuchennej i kwasu octowego. W tym celu potrzebne będą: niewielki słoik, czysta, najlepiej destylowana woda, sól kuchenna, ocet, cukier, bateria płaska, żaróweczka do latarki kieszonkowej z oprawką, łyżeczka, trzy kawałki miedzianego przewodu z odizolowanymi końcami. Zamiast żaróweczki możemy użyć uniwersalnego miernika elektrycznego lub miliamperomierza. Żaróweczkę łączymy przewodami z baterią w sposób pokazany na rysunku 1. Zwieramy odizolowane końce przewodów i sprawdzamy, czy żaróweczka świeci. Jeżeli tak, to znaczy, że bateria oraz żaróweczka są sprawne i możemy przystąpić do dalszej części eksperymentów.

Odizolowane końce przewodów wkładamy do kopczyka z soli kuchennej, usypanego na kartce papieru i sprawdzamy, czy żaróweczka świeci? Jeżeli tylko nie zwarliśmy końców przewodów, to okazuje się, że żaróweczka nie świeci. Następnie do słoika nalewamy czystej wody. Zanurzamy w niej odizolowane końce przewodów i sprawdzamy świecenie żaróweczki. Okazuje się, że i tym razem pozostaje ona ciemna. Jeżeli zamiast żaróweczki użyliśmy miernika elektrycznego i zwykłej wody zamiast destylowanej, to może okazać się, że miernik pokazuje przepływ niewielkiego prądu o natężeniu nieprzekraczającym kilku lub kilkunastu miliamperów.



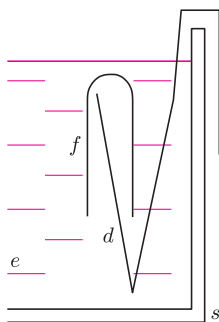
Rys. 1. Sposób połączenia obwodu elektrycznego do sprawdzenia przepływu prądu; b – bateria płaska, z – żaróweczka w oprawce, p – przewód.



Rys. 2. Zależność jasności świecenia żaróweczki lub natężenia prądu płynącego przez elektrolit I od stężenia c rozpuszczonej w elektrolicie substancji.

Następnie wylewamy roztwór ze słoika, słoik starannie płuczemy i nalewamy do niego czystej wody. Podobnie jak poprzednio, sprawdzamy jasność świecenia żaróweczki lub mierzymy natężenie prądu. Między kolejnymi sprawdzeniami będziemy wlewali do słoika łyżeczkę octu i starannie mieszały. Stwierdzamy, że tym razem jasność świecenia żaróweczki lub natężenie prądu systematycznie rosną wraz z ilością wlanego octu. Dzieje się tak dlatego, że ocet jest pięcio- lub dziesięcioprocentowym wodnym roztworem kwasu octowego i dolewając go do wody, zwiększamy, co prawda, stężenie, ale nie osiągamy takiego stężenia, przy którym występuje maksimum przewodności elektrycznej. Ponadto, kwas octowy miesza się z wodą w każdym stosunku i przez to nie można uzyskać roztworu nasyconego. Powtarzamy jeszcze raz doświadczenie, używając cukru zamiast soli i octu. Tym razem okazuje się, że ani postać krystaliczna, ani roztwór cukru o dowolnym stężeniu nie przewodzą prądu elektrycznego.

Po tych doświadczeniach przyszedł czas na wyjaśnienie, dlaczego czysta woda oraz czyste sole, kwasy i zasady nie przewodzą prądu elektrycznego, natomiast przewodzą ich roztwory wodne i dlaczego istnieją maksimum przewodności. Wyjaśnienie tego zjawiska jest następujące. Żeby substancja przewodziła prąd elektryczny, muszą w niej istnieć nośniki prądu



Rys. 3. Sposób wykonania elektrody przeznaczonej do zbierania gazów podczas elektrolizy; f – fiolka lub probówka, d – odizolowany drut, s – słoik, e – elektrolit.

Sporządzamy teraz wodny roztwór soli kuchennej. W tym celu do wody znajdującej się w słoiku wsypujemy łyżeczkę soli i starannie mieszaemy. Po całkowitym rozpuszczeniu się soli zanurzamy w roztworze odizolowane końce przewodów i obserwujemy żaróweczkę. Dosypywanie soli i mieszanie powtarzamy jeszcze kilka lub kilkanaście razy, w zależności od wielkości słoika, tak długo, aż sól przestanie się rozpuszczać w wodzie i zacznie opadać na dno słoika. W słoiku będzie się wówczas znajdował nasycony roztwór soli, to jest taki, który ma maksymalne stężenie i maksymalną zawartość soli. Po każdym dosypaniu soli przepuszczamy prąd przez roztwór i porównujemy jasność świecenia żaróweczki lub mierzymy natężenie prądu. Okazuje się, że początkowo jasność świecenia rosła, a następnie zaczęła maleć. Tak samo zachowywało się natężenie prądu. Możemy sporządzić przybliżony wykres jasności świecenia żaróweczki od zawartości soli. Otrzymamy wówczas krzywą, podobną do tej, którą przedstawiono na rysunku 2.

w postaci swobodnych elektronów lub jonów. W czystej wodzie oraz w czystych solach, kwasach i zasadach takich nośników po prostu nie ma. Kiedy cząsteczka soli, kwasu lub zasady znajdzie się w wodzie, wówczas siły działające między tworzącymi ją atomami ulegają osłabieniu. Pod wpływem chaotycznych ruchów cieplnych cząsteczki rozpadają się na jony naładowane ujemnie, czyli aniony, i jony naładowane dodatnio, czyli kationy. Nazywamy ten proces dysocjacją elektrolityczną, a wodne roztwory kwasów, zasad i soli – elektrolitami.

Wzrost ilości soli, kwasu lub zasady w wodzie powoduje zwiększenie ilości cząsteczek, które ulegają dysocjacji i mogą stać się nośnikami prądu elektrycznego. Stąd też, przez taki elektrolit może przepływać prąd elektryczny o większym natężeniu i żaróweczka jaśniej świeci, co obserwowaliśmy w naszych doświadczeniach. W jaki sposób wytłumaczyć jednak, że po przekroczeniu pewnej zawartości substancji rozpuszczonej natężenie prądu maleje? Możemy to wyjaśnić, zakładając, że pewna liczba różnoimiennych jonów się spotyka i ponownie łączy w elektrycznie obojętne cząsteczki. Proces ten nazywany jest rekombinacją jonów. Zwiększenie zawartości substancji rozpuszczonej powoduje wzrost prawdopodobieństwa rekombinacji i ubytek nośników prądu elektrycznego. W ten sposób dostępna ilość nośników prądu elektrycznego w elektrolicie jest wynikiem dwóch przeciwstawnych procesów – dysocjacji i rekombinacji.

Przeprowadzimy teraz elektrolizę wodnego roztworu soli kuchennej. Żeby tego dokonać, przygotowujemy w słoiku roztwór soli o stężeniu, przy którym przewodnictwo prądu było maksymalne. Odizolowane końce drutów, zanurzone w roztworze, zaginamy w kształcie litery V. Jeżeli mamy dwie małe probówki lub fiolki od aromatu do ciast, to nakładamy je na odgięte końce drutów tworzące elektrody (rys. 3). Na ściance słoika zaznaczamy wodoodpornym pisakiem początkowy poziom roztworu. Włączamy przepływ prądu elektrycznego i obserwujemy zachowanie się roztworu.

Co dzieje się wewnątrz fiolek lub probówek? Jak zmienia się po upływie kilku godzin poziom roztworu? Po pewnym czasie zauważamy, że poziom roztworu ulega obniżeniu, a w pobliżu elektrod wydzielają się pęcherzyki gazów, przy czym ich objętości są jednakowe. Na elektrodzie dodatniej, czyli anodzie, wydzielają się atomy chloru, a na elektrodzie ujemnej, czyli katodzie, początkowo wydzielają się atomy sodu. Sód jednak szybko wchodzi w reakcję z wodą, dając wodorotlenek sodu, przy tym uwalnia się wodór, który otrzymujemy na katodzie. W ten sposób elektroliza znajduje praktyczne zastosowanie do rozkładu związków chemicznych i otrzymywania gazów.