

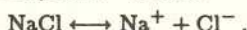
Dzisiaj będziemy próbowali zbadać zachowanie bardzo specjalnego obiektu fizycznego. Będzie to

Jon w roztworze

Interesuje nas, co robi jon pod wpływem przyłożonej do niego stałej siły. Zadanie wydaje się na pierwszy rzut oka bardzo trudne ze względu na małe rozmiary obiektu. Spróbujmy jednak nie zrażać się i zaatakować kolejno dwie pojawiające się trudności:

1. Jak przyłożyć do jonu siłę?

Przypomnijmy, że jon jest naładowanym elektrycznie atomem lub grupą atomów. Na przykład cząsteczki chlorku sodu, czyli zwykłej soli kuchennej, rozpadają się w wodzie na dodatnie jony sodu i ujemne – chloru:



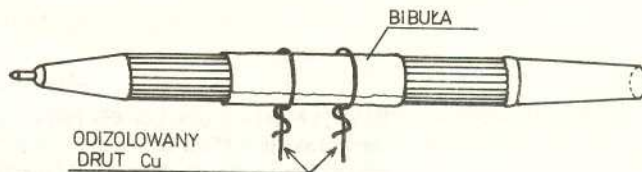
Dwa kierunki strzałki oznaczają, że cząsteczki nieustannie rozpadają się, a pary jonów łączą się ponownie, gdy się spotkają. Wytwórzmy teraz w roztworze zawierającym jony pole elektryczne. Jak wiadomo, w polu elektrycznym o natężeniu E na każde ciało naładowane elektrycznie ładunkiem q działa siła $F = qE$. A więc aby przyłożyć siłę do jonu, wystarczy umieścić go w polu elektrycznym. Spodziewamy się, że wprawi to nasz jon w ruch. Pozostaje jeszcze jedna trudność:

2. Jak obserwować ruch jonu?

Z jednym byłoby trudno, ale jeśli będzie ich wiele, to powinno się udać. Są na to dwa sposoby. Pierwszy, najłatwiejszy – bezpośrednia obserwacja – jest możliwy w przypadku jonów kolorowych. Takimi jonami są na przykład jony miedzi Cu^+ oraz Cu^{++} , a jeszcze lepiej jony MnO_4^- powstające przy rozpuszczeniu w wodzie nadmanganianu potasu KMnO_4 (dostępnego w aptece). Drugi sposób, bardziej skomplikowany, polega na obserwacji zmian stężenia jonów wodorowych za pomocą odpowiedniego barwnika, na przykład fenoloftaleiny lub barwnika z czerwonej kapusty. Opiszę tu wersję z bezpośrednią obserwacją, ale można próbować dowolnej metody, byle byłaby skuteczna.

Wykonanie doświadczenia

Zużyty długopis owijamy kawałkiem bibuły i związujemy go dwoma kawałkami drutu miedzianego (odizolowanego!) jak na rysunku



Opaski z drutu umieszczamy w odległości 5 – 10 mm. Następnie bibułę nasączamy roztworem elektrolitu (soli kuchennej) i łączymy z drucianymi opaskami źródło prądu elektrycznego: jedną lub dwie (połączone szeregowo) baterie płaskie. Napięcie U baterii podzielone przez odległość d między drucikami da nam natężenie pola elektrycznego, jakie powstanie w roztworze: $E = U/d$.

Przy anodzie (biegunie dodatnim) atomy miedzi będą przechodziły do roztworu stając się jonami. Po pewnym czasie (parę minut) zauważymy białozielony obszar przesuwany się powoli w stronę katody.

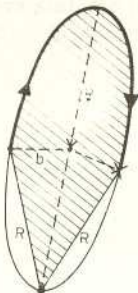
Jeżeli zależy nam na obserwacji jonów o intensywniejszym kolorze, należy położyć na zwilżonej elektrolitem bibułę między drucikami maleńki kryształek KMnO_4 . Po pewnym czasie zauważymy, że kolorowy roztwór tworzy smugę wyciągającą się w stronę jednej z elektrod (której?). Dodatkowe efekty można uzyskać dodając do roztworu elektrolitu nieco barwnika z czerwonej kapusty. W ten sposób można zaobserwować ruch jonów w roztworze i wyznaczyć ich prędkość. Będzie ona z czasem malała na skutek wysychania roztworu.

Życzę pomyślnych doświadczeń i oczekuję na wyniki (z opisem wszelkich warunków doświadczenia!). Na autora najlepszego opisu czeka nagroda książkowa.

Redaguje Jan GAJ



Rozwiązanie zadania F 307. Niech $R = 6371$ km oznacza promień Ziemi, $g = \frac{GM}{R^2}$ przyspieszenie ziemskie, m – masę pocisku, M – masę Ziemi. Pierwsza prędkość kosmiczna wynosi $v = \sqrt{gR} \approx 7,9$ km/s. Z uwagi na ruch obrotowy Ziemi pocisk, choć wyrzeczony pionowo, będzie miał niezzerową poziomą składową prędkości (chyba że strzelamy na biegunie). Będzie zatem poruszał się po elipsie o ognisku pokrywającym się ze środkiem Ziemi (I prawo Keplera zastosowane do układu Ziemia – pocisk).



Elipsa ta będzie bardzo wyciągnięta, gdyż składowa pozioma prędkości pocisku nie przewyższa prędkości równikowej Ziemi, $v_R = \frac{2\pi R}{24h} \approx 0,46$ km/s $\approx 0,06v$. Odległość h pocisku w apogeum od powierzchni Ziemi możemy znaleźć z dobrym przybliżeniem z zasady zachowania energii zaniedbując składową poziomą prędkości:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{GMm}{R} \approx -\frac{GMm}{R+h}$$

skąd $h = R$. Ze względu na wydłużenie elipsy z podobną dokładnością możemy przyjąć, że środek Ziemi pokrywa się z perygeum. Zatem długość wielkiej półosi jest równa R . Korzystając z III prawa Keplera

$$\frac{R^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$$

łatwo obliczamy okres T ruchu po elipsie

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM}} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$$

Zgodnie z II prawem Keplera czas ruchu pocisku wyraża się wzorem $t = kT$, gdzie k jest stosunkiem pola zakreślonego przez promień wodzący pocisku do pola elipsy. Korzystając z rysunku znajdujemy

$$k \approx \frac{\frac{1}{2}\pi Rb + Rb}{\pi Rb} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi}$$

skąd $t \approx (2 + \pi)\sqrt{\frac{R}{g}} \approx 1$ godz. 9 min.