

6 Določitev Faradayevega naboja

NALOGA

S Hoffmanovim elektrolitskim aparatom določi Faradayev naboj!

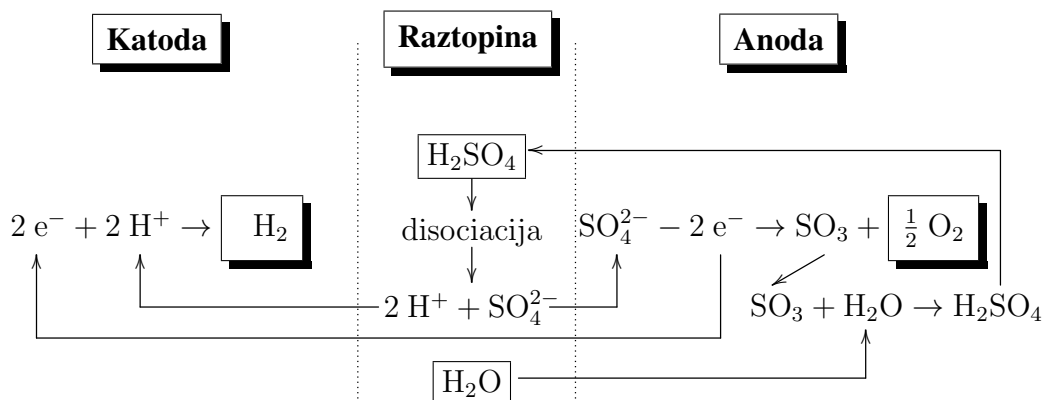
RAZLAGA

Ob enosmernem električnem toku skozi raztopino kisline, baze ali soli (elektrolit) se na elektrodah izločajo snovi. Ta pojav imenujemo elektroliza. Nosilci toka v teh raztopinah so pozitivni in negativni ioni, katerih naboj je enak celemu večkratniku osnovnega naboja $e_0 = 1,602 \cdot 10^{-19}$ As. Količina izločene snovi je odvisna samo od pretočenega naboja q . Po Faradayevem zakonu je za izločitev kilogramskega ekvivalenta poljubne snovi potreben naboj $q_F = N_A e_0 = 96,5 \cdot 10^6$ As, pri čemer je $N_A = 6,026 \cdot 10^{26}$ Avogadrovo število, naboj q_F pa imenujemo Faradayev naboj. Pretočeni naboj q torej izloči maso:

$$m = \frac{q}{q_F} \frac{M}{v}, \quad (6.1)$$

kjer je M masa kilomola izločene snovi in v njena valenca. Kvocient M/v imenujemo kilogramski ekvivalent.

Podrobneje si oglejmo dogajanje v vodni raztopini žveplene kisline, po kateri teče električni tok. Poskus pokaže, da se v tem primeru na elektrodah izločata kisik in vodik (glej sliko 6.1). Potek elektrolize si predočimo z naslednjo shemo, ki kaže povezave med procesi, ki potečejo na obeh elektrodah in v raztopini:



Končna bilanca procesov je razkroj vode, $H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{2} O_2$, medtem ko ostane množina kisline nespremenjena. Za elektrolizo enega kilomola vode torej porabimo dva Faradayeva naboja, pri tem pa se na elektrodah sprosti en kilomol vodika (H_2) in pol kilomola kisika (O_2). Ker imamo opravka s plini, bomo namesto mase raje merili in računali prostornine plinov. Pri normalnih okoliščinah, to je pri

temperaturi $T_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ in tlaku $p_0 = 101325\text{ Pa}$, bi nastali vodik tako zavzemal prostornino $22,415\text{ m}^3$, kisik pa $11,208\text{ m}^3$. Da boš lahko pričakovane vrednosti primerjal s svojimi, moraš izmerjeni prostornini $V'(\text{H}_2)$ in $V'(\text{O}_2)$ reducirati na normalne okoliščine.

Najprej izračunajmo tlak plina v bireti. Račun bomo napravili za en plin, na primer za vodik, račun za kisik pa je potem povsem enak. Celoten tlak v bireti je vsota delnega tlaka plina p_p in delnega tlaka vodne pare p_v , po velikosti pa je enak vsoti zračnega tlaka p_z in tlaka tekočine zaradi višinske razlike h_1 (slika 6.1) med gladinama v srednjem kraku aparata in v bireti:

$$p_{p1} + p_v = p(\text{H}_2) + p_v = p_z + \rho g h_1, \quad (6.2)$$

pri čemer je ρ gostota kisline. Pri temperaturah med $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ je gostota 10 % raztopine žveplene kisline okoli $1,10\text{ g/cm}^3$. Zgostitev kisline zaradi razkroja vode je neznatna. Iz zgornje enačbe sedaj lahko izračunamo tlak plina:

$$p(\text{H}_2) = p_z + \rho g h_1 - p_v. \quad (6.3)$$

Delni tlak vodne pare p_v nad kislino je odvisen od temperature in od koncentracije kisline. Pri temperaturah med $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ je za 10 % kislino p_v enak 95,6 % nasičenega parnega tlaka čiste vode (p_s) pri dani temperaturi (Parni tlak čiste vode lahko odčitaš iz tabele 6.1).

Sedaj poiščimo še reducirano prostornino vodika, $V(\text{H}_2)$. Po plinski enačbi je:

$$\frac{p(\text{H}_2)V'(\text{H}_2)}{T_1} = \frac{p_0V(\text{H}_2)}{T_0}, \quad (6.4)$$

tako da je reducirana prostornina vodika:

$$V(\text{H}_2) = V'(\text{H}_2) \frac{p(\text{H}_2)T_0}{p_0T_1}. \quad (6.5)$$

pri čemer je T_1 izmerjena absolutna temperatura plina, p_0 in T_0 pa sta tlak in temperatura pri normalnih okoliščinah, $p_0 = 101325\text{ Pa}$ in $T_0 = 273,15\text{ K}$. Na enak način izračunamo tudi reducirano prostornino kisika, $V(\text{O}_2)$.

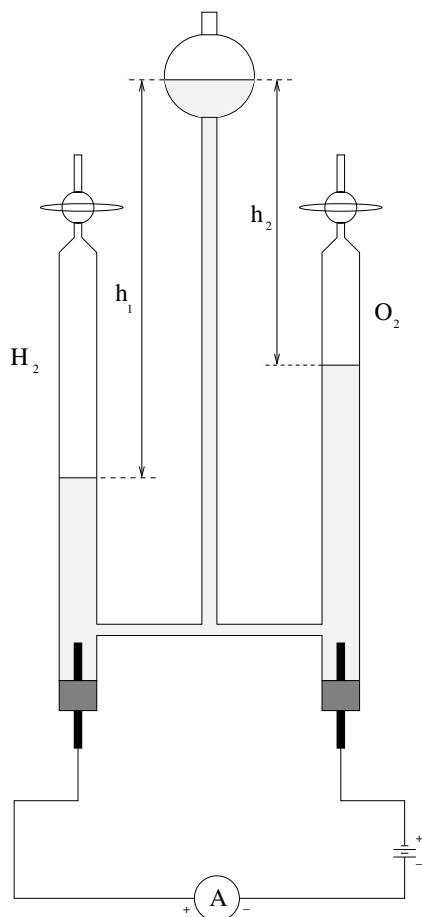
Z izmerjeno povprečno vrednostjo električnega toka $\bar{I}$ lahko določimo pretočeni naboj $q = \bar{I}t$. V skladu z enačbo (6.1) lahko z vsako od reduciranih prostornin, $V(\text{H}_2)$ in $V(\text{O}_2)$, posebej izračunamo Faradayev naboj:

$$q_F = \frac{\bar{I}t}{2} \frac{V_M}{V(\text{H}_2)} = \frac{\bar{I}t}{4} \frac{V_M}{V(\text{O}_2)}, \quad (6.6)$$

pri čemer je $V_M = 22,415\text{ m}^3$ kilomolska prostornina plina pri normalnih okoliščinah.

NAVODILO

Hoffmanov aparat je sestavljen iz treh krakov. Stranska dva sta merilni bireti in služita za merjenje prostornine plinov, ki se izločata na platinskih elektrodah, vtaljenih v spodnjem delu bired. Srednji krak služi kot rezervoar vodne raztopine kisline. Shema Hoffmanovega aparata prikazuje skica 6.1.



Slika 6.1: Skica Hoffmanovega aparata. Vodik se nabere v bireti, v katero je vtaljena negativna elektroda, kisik pa v bireti s pozitivno elektrodo.

Aparat naj bo do pipic napolnjen z 10 % žvepleno kislino. Zaporedno zveži ampermeter in Hoffmanov aparat ter ju priključi na usmernik (glej shemo na sliki 6.1). Skleni tok za toliko časa, da nasitiš kislino v biredah z vodikom in kisikom. Nato pipici polagoma odpri toliko, da izpustiš plin do konca in ju spet zapri. Pri tem pazi, da kislina ne brizgne iz aparata! Če nad pipico ostane kaplja kisline, jo obriši s krpo ali s koščkom papirne brisače. Na ta način je vse pripravljeno za meritev. Poglej na uro in hkrati vključi tok! Zaradi morebitnega spreminjanja

toka kontroliraj in zapisuj tok v enakomernih presledkih, na primer vsako minuto. Zaradi lažjega nadzora meritev istočasno zapiši tudi volumen izločenega vodika. Ko se nabere okrog 25 cm^3 vodika, ustavi tok in poglej na uro. Zabeleži si čas, v katerem je tekel tok in preberi na biretah prostornini izločenih plinov, V'_{H_2} in V'_{O_2} . Z ravnilom izmeri še višinski razliki h_1 in h_2 med gladinami kisline v biretah in srednjem kraku aparata. Izmeri temperature plinov in kisline – upoštevaj, da so te temperature približno enake temperaturi okolice – in na barometru preberi zunanji zračni tlak. S temi podatki boš izračunal tlak plina v obeh biretah.

Za vsakega od plinov izračunaj reducirano prostornino (enačba (6.5)), z njo pa ustrezni Faradayev naboj (enačba (6.6)). Poišči še povprečje obeh vrednosti in oceni natančnost meritve.

$T \text{ [}^\circ\text{C]}$	$p_s \text{ [N/m}^2\text{]}$
15	1700
16	1810
17	1930
18	2070
19	2200
20	2340
21	2470
22	2640
23	2810
24	2990
25	3170
26	3360
27	3560
28	3770
29	4000
30	4240

Tabela 6.1: Odvisnost nasičenega parnega tlaka čiste vode (p_s) od temperature T .