

PREVODNOST RAZTOPIN

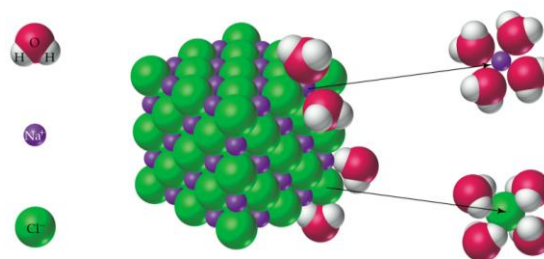
(PREPIS DELOVNIH LISTOV Z REŠITVAMI)

POTREBŠČINE

- 1,5 V baterija ali nizkonapetostni izvor,
- 5 žic,
- stikalo,
- voltmeter,
- ampermeter,
- posoda za preverjanje prevodnosti kapljev, in
- kuhinjska sol,
- tehtnica (natančnost vsaj 1 g) in posoda za tehtanje kuhinjske soli
- smirkov papir

POSKUS IN TEORETIČNO OZADJE

Ko v vodo vržemo kristal kuhinjske soli (NaCl), se le-ta začne raztapljati in nastane raztopina, ki vsebuje proste ione (Na^+ in Cl^-), zaradi česar ta raztopina prevaja električni tok. Polarne molekule vode s svojim pozitivnim in negativnim nabitim polom privlačijo nasprotno nabite ione in jih trgajo iz kristala. Ti ioni se nato obdajo z molekulami vode in se lahko prosto gibljejo po nastali raztopini (glej sliko) in s tem omogočijo prevajanje električnega toka. S posodo, v kateri sta elektrodi, bomo raziskali, kako je prevodnost raztopine odvisna od količine soli, ki je v njej raztopljena. Na elektrodi bomo priklopili enosmerno napetost, kar bo povzročilo, da bodo klorovi ioni potovali proti anodi, natrijevi ioni pa proti katodi. Več ionov, ki bo v nekem časovnem obdobju prišlo na cilj, večji bo električni tok.



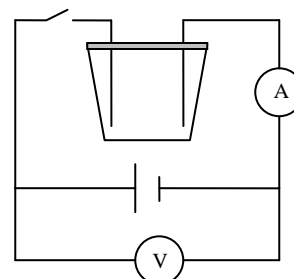
Vir:
http://wps.prenhall.com/wps/media/objects/2478/2537811/Media-Portfolio/chapter_09/text_images/FG09_01.JPG

POTEK DELA IN NALOGE

V tokokrog zvežemo 1,5 V baterijo, voltmeter, ampermeter, stikalo in posodo za preverjanje prevodnosti kapljev, kot kaže slika. Preverimo napetost.

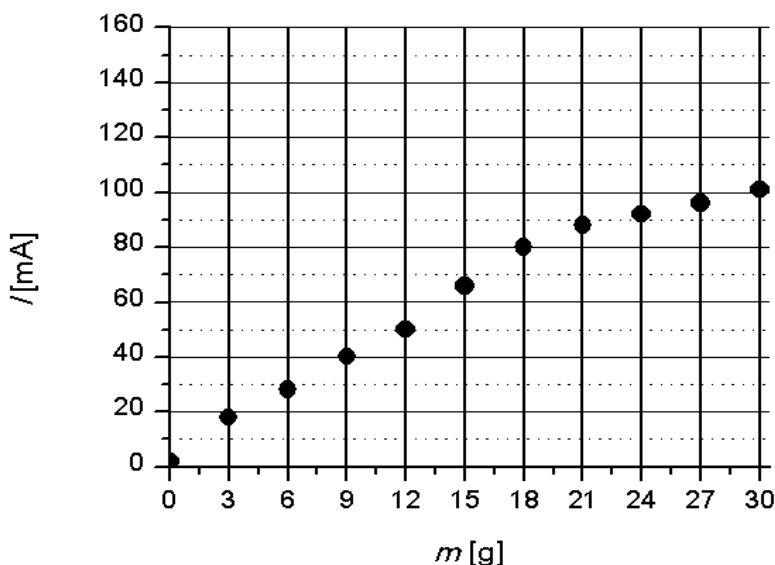
Posodo splahnemo in vanjo natočimo vodo. Elektrode očistimo s smirkovim papirjem in poveznemo pokrov na posodo. Vključimo stikalo in iz ampermetra odčitamo, kolikšen je tok, ko v vodi ni raztopljene soli ter rezultat vpišemo v tabelo.

Izklopimo stikalno ter na tehtnici odtehtajmo 3 g soli in jih dodajmo v vodo ter dobro premešamo (vsaj 15 sekund), tako da se vsa sol stopi. Po vklopu stikala počakamo 10 sekund in ponovno odčitamo vrednost toka ter za zabeležimo v tabelo.



Postopek iz prejšnje točke ponavljamo, dokler ne dosežemo končne predvidene mase dodane soli. Pri tem smo pozorni na to, da po vsakem vklopu stikala tok pada, ocena za relevantno vrednost toka je vrednost, ki je na ampermetru po 10 sekundah, saj se takrat vzpostavi približno ravnovesje. Po vsaki meritvi elektrodi dobro očistite s smirkovim papirjem, saj snov, ki se na njih nabira, vpliva na prevodnost.

Po končani meritvi izmerjene vrednosti vrišite v pripravljen graf.

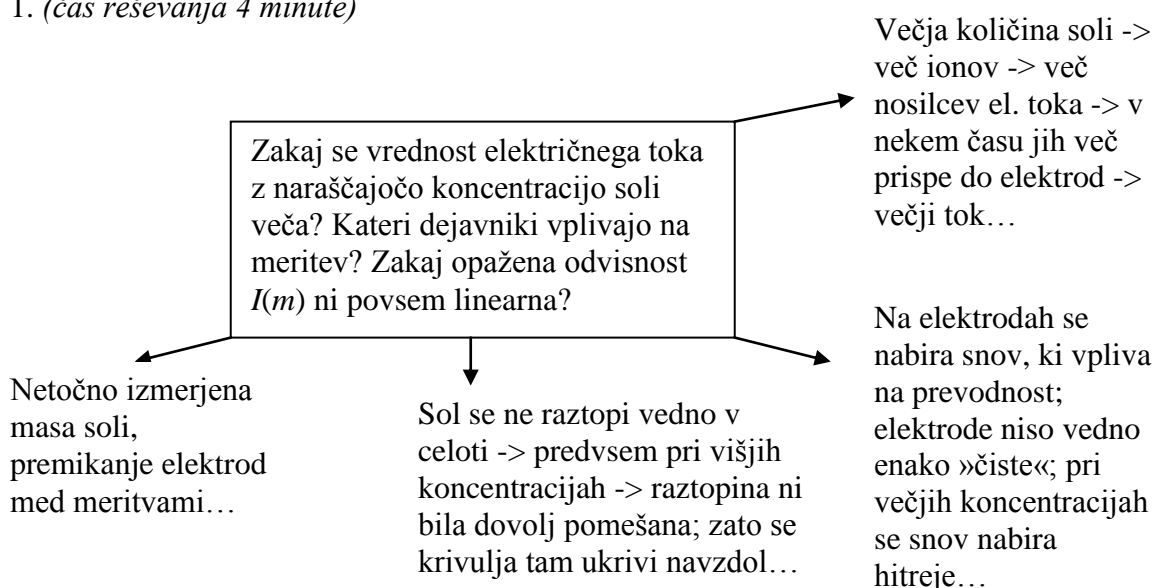


m [g]	I [A]
0	2
3	18
6	28
9	40
12	50
15	66
18	80
21	88
24	92
27	96
30	101

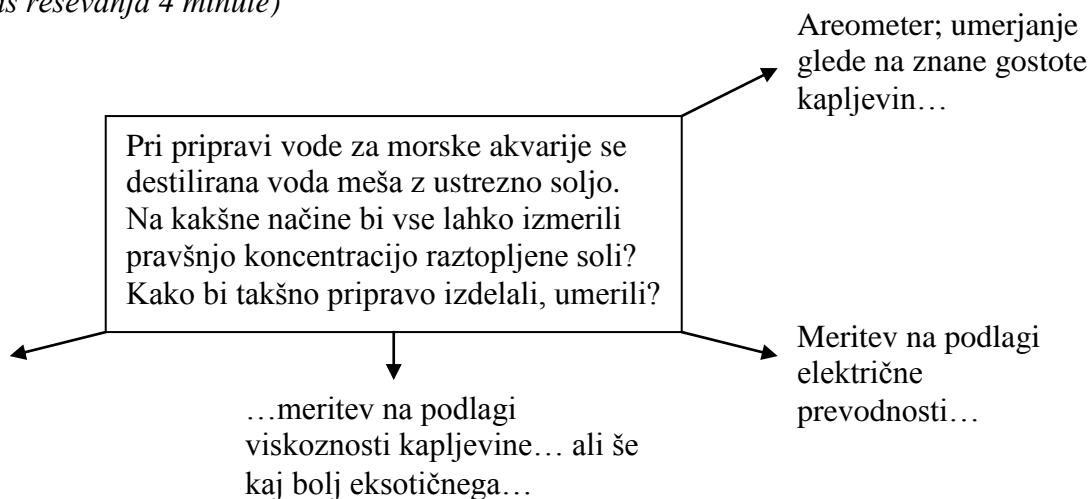
Za domačo nalogo te vrednosti vnesite v računalnik in graf narišite z enim izmed temu namenjenih programov (npr. Excel).

V nadaljevanju naj skupina obravnava naslednje teme po hitri možganski nevihti z miselnimi vzorci:

1. (čas reševanja 4 minute)

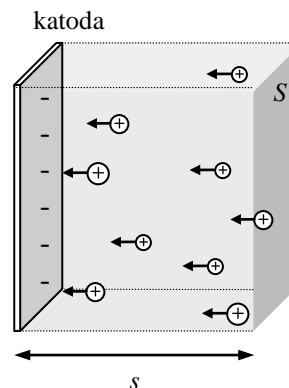


2. (čas reševanja 4 minute)



DOMAČA NALOGA - MODEL PADAJOČE EKSPONENTNE ODVISNOSTI ELEKTRIČNEGA TOKA OD ČASA

Za opis električnega prevajanja v elektrolitu vzemimo preprost mikroskopski model Ohmovega zakona, kot velja v kovinah. Naj bo razdalja med elektrodama L , njun v elektrolitu potopljen del ploščine pa S . Naredimo poenostavitev, da je električno polje med elektrodama homogeno in enako $E = U/L$, kjer je U napetost izvira. Hitrost gibanja nosilcev naboja, ki se gibljejo proti eni od elektrod, je sorazmerna z električnim poljem: $v = \mu E$, kjer je μ njihova gibljivost v tekočini. V elektrolitu imamo pravzaprav dve vrsti nosilcev, pozitivne in negativne, vendar se končni sklep nič ne spremeni, če se delamo, kot da imamo samo nosilce ene vrste – izberimo pozitivne. Električni tok med elektrodama je tedaj enak: $I = e/t = NZe_0/t$. Naboj e , ki se preide v času t na eno od elektrod, je namreč enak NZe_0 . Pri tem je N število prispelih nosilcev, $e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19}$ As osnovni naboj, Z pa valenca iona (število osnovnih nabojev). Opredelimo lahko koncentracijo pozitivnih ionov v elektrolitu kot njihovo število na prostorninsko enoto: $C = N/V$. Vzamemo kar volumen tekočine med vzporednima elektrodama, zato velja $N = CV = CSs = CSvt$; s je pot, ki jo v času t prepotujejo nosilci proti elektrodi. Zato je električni tok enak:



$$I = NZe_0/t = (CSvt)Ze_0/t = CSZe_0v = CSZe_0(\mu E) = CSZe_0(\mu U/L). \quad (1)$$

To ugotovitev lahko pišemo v obliki Ohmovega zakona: $I = U/R$, kjer je upor $R = L/(CSZe_0\mu)$. Pri takšnem računu seveda zanemarimo upornost žic. Iz enačbe (1) je razvidno, da je tok sorazmeren s koncentracijo nosilcev C . Vendar pa se C ves čas zmanjšuje, ker se nosilci nalagajo na elektrodi kot nevtralni atomi; v primeru soli NaCl so to natrijevi atomi. Račun pokaže, da pada C eksponentno s časom in zato tudi tok I . Račun je za dijake pretežak, vendar ga tu opravimo za primer, če zanima učitelja. Osredotočimo se na račun odvisnosti $C(t)$. Za

tok bomo dobili enako eksponentno odvisnost. V kratkem času dt pride na elektrodo majhno število, to je dN ionov: $dN = CS(\mu U/L)dt$. Privzemimo, kot da se tekočina ves čas dobro meša, to je, čeprav najhitreje izginevajo ioni med elektrodama, prehajajo v vmesno območje ioni iz okoliške tekočine. Tako je koncentracija C po celi posodi enaka: $C = N/V_{\text{pos}}$, kjer je N število ionov v celi posodi, V_{pos} pa volumen vsega elektrolita v posodi. Zaradi primanjkljaja dN se tudi koncentracija zmanjša:

$$dC = -dN/V_{\text{pos}} = -CS(\mu U/L)dt/V_{\text{pos}}. \quad (2)$$

Najprej uvedimo konstanto $\tau = LV_{\text{pos}}/(S\mu U)$ zaradi krajšega zapisovanja in se z dimenzijsko analizo prepričamo, da ima enoto časa. Diferencialno enačbo (2) prepišimo drugače in rešimo takole:

$$\begin{aligned} \frac{dC}{C} &= -\frac{dt}{\tau} \\ \int_{C_z}^C \frac{dC}{C} &= -\int_0^t \frac{dt}{\tau} \\ \ln \frac{C}{C_z} &= -\frac{t}{\tau} \\ C &= C_z \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \end{aligned}$$

Pri tem je C_z začetna koncentracija. Zaradi sorazmernosti C in I velja podobna enačba za tok:

$$I = I_z \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \quad (3)$$

kjer je I_z začetni tok. Konstanto τ (tau) bi lahko poimenovali karakteristični čas. Enačba je analogna enačbi za tok pri polnjenju in praznjenju kondenzatorja ter enačbi za aktivnost pri jedrskih razpadih. Čim manjši je čas τ , tem hitreje tok pojema s časom.

Dijakom seveda ne boste razlagali opisanega pojava kvantitativno, da pa se jim nazorno razložiti odvisnosti obeh parametrov v enačbi (3) od drugih parametrov:

$$I_z = \frac{C_z S Z e_0 \mu U}{L} \quad (4a)$$

$$\tau = \frac{LV_{\text{pos}}}{S\mu U} \quad (4b)$$

Začetni tok je večji, če sta večji koncentracija in gibljivost nosilcev naboja, če en nosilec nosi več osnovnih nabojev, če sta elektrodi večji in če je napetost večja. Nasprotno pa pomeni večja razdalja med elektrodama manjše električno polje v elektrolitu, ki »poganja« nosilce nabojev. Zanimivo je, da nastopajo ustrezne veličine v enačbi za čas τ ravno obratno. Na primer, napetost: čim večja je napetost, tem večji je začetni tok, a tudi hitreje pada s časom!

Model je grob, težko pa se je tudi dokopati do takšnih podatkov, kot je gibljivost nosilcev naboja v raznih elektrolitih. Vseeno lahko pričakujemo, da pravi vrednosti za I_z in τ nista tako zelo daleč od ocen (4). Zato priporočamo, da dijaki naredijo doma naslednje:

- 1) Z dimenzijsko analizo se prepričajo v pravilnost enot v enačbah (4). Pri tem jim morate navesti prave enote za koncentracijo C in gibljivost μ (in seveda povedati, kaj koncentracija v naši obravnavi pomeni). To je dobra vaja v treniranju uporabe enot.
- 2) Izračunajo produkt $I_z \cdot \tau$, če v vodo vsujemo 5 g soli NaCl.

Rešitve nalog:

1a) Enota za μ je $\text{m}^2/(\text{V s})$; za C je $1/\text{m}^3$, Z je brez enote in ga izpustimo itd.:

$$\frac{CSe\mu U}{L} \rightarrow \left[\frac{1 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{As} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{V}}{\text{m}^3 \cdot \text{m} \cdot \text{Vs}} = \text{A} \right]$$

1b)

$$\frac{LV}{S\mu U} \rightarrow \left[\frac{\text{m} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Vs}}{\text{m}^2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{V}} = \text{s} \right]$$

2)

$$I_z \cdot \tau = \frac{C_z S Z e_0 \mu U}{L} \cdot \frac{LV_{pos}}{S\mu U} = C_z Z e_0 V_{pos} = \frac{N_{NaCl}}{V_{pos}} \cdot Z e_0 V_{pos} = \frac{m N_A}{M} e_0$$

Upoštevali smo, da je število »molekul« NaCl v vodi (N_{NaCl}) enako številu molov m/M krat Avogadrovo število N_A , kjer je M molska masa, ki jo preberemo iz periodnega sistema. $Z = 1$ za NaCl. Vstavimo podatke:

$$I_z \cdot \tau = (5 \text{ g}/58,5 \text{ g mol}^{-1}) \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} = 8200 \text{ As}$$