

12. Elektrolit elektromos ellenállásának vizsgálata

Feladat:

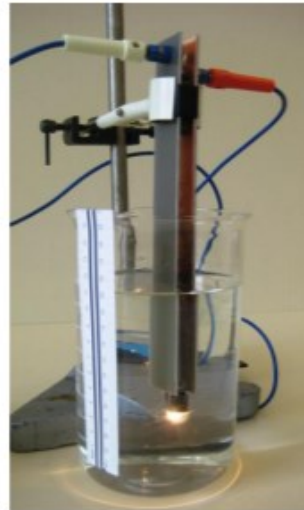
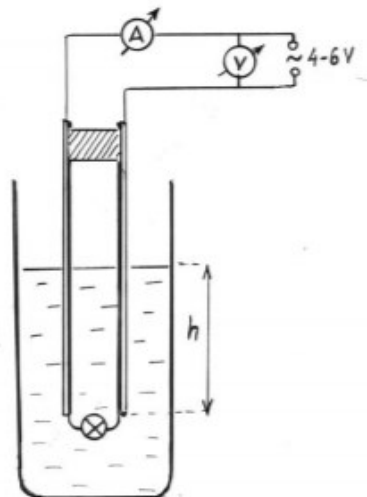
Vizsgálja meg az izzólámpából és elektródákból álló kapcsolás áramfelvételét a vízbe merített elektródák merülési mélységének függvényében!

Szükséges eszközök:

4 vagy 6 V-os váltakozó feszültségű áramforrás; váltóáramú feszültség és árammérő műszerek; vezetékek; két, egymástól 1 cm távolságban szigetelő távtartók közé rögzített réz-lemez elektróda (ajánlott anyaga nyomtatott áramköri lemez, méretei 3x20 cm), felső végén banándugós csatlakozással, alsó szélén az elektródák közé forrasztott zseblámpaizzóval. Állvány, ami az elektródák befogását és magasságának változtatását biztosítja. Tálca, magas vizes edény, külső falán cm-skála, hideg csapvíz.

A mérés leírása

A kísérleti összeállítást az ábra mutatja.



Adjon feszültséget az izzóra, áram- és feszültségméréssel határozza meg az izzó ellenállását! Merítse az elektródákat hideg csapvizet tartalmazó edénybe, és méréseket végezve határozza meg a kapcsolás áramfelvételét az elektródák legalább négy különböző mértékű merülése esetén!

- Adatait foglalja értéktáblázatba és ábrázolja grafikusán, majd értelmezze a kapott áramerősség-mélység grafikont!
- Határozza meg, hogyan változik a víz elektromos ellenállása az elektródák vízbe merülő hosszának függvényében!
- Elfogadva, hogy a folyadékok áramvezetésére is érvényes Ohm törvénye, határozza meg a hideg víz fajlagos ellenállását!

film [Elektrolit elektromos ellenállásának vizsgálata - YouTube](#)

Elméleti háttér

A kapcsolási rajzon látható, hogy a mért feszültség a kapocsfeszültség, aminek állandó értékét a feszültségforrás biztosítja. Az áramerősség a főágban folyó áramerősség, ami azért változik a mérés során, mert az áramkör eredőellenállása változik. A kapocsfeszültség és a főágban folyó áramerősség hányadosaként az eredőellenállás számolható.

$$R_e = \frac{U_k}{I}$$

Változó feszültséget használunk, így a mért mennyiségek effektív értékek. Azért nem egyenfeszültség mellett végezzük a mérést, mert annak hatására beindulna a vízbontás (elektrolízis).

Az eredőellenállás az izzó és az elektródák közötti víz ellenállásából adódik. Mivel mindkettő a kapocsfeszültségre van kötve, vagyis a kapcsolat párhuzamos, az eredőellenállás reciproka egyenlő az ellenállások reciprokainak összegével.

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_{izzó}} + \frac{1}{R_{víz}}$$

Az izzó ellenállását az első mérésből határozzuk meg, amikor az elektródák még nem merülnek a vízbe, vagyis a feszültség és az áramerősség hányadosa jó közelítéssel az izzó ellenállását adja. (Hibaforrásoknál erről még lesz szó.)

Fenti összefüggésből az eredőellenállás:

$$R_e = \frac{R_{izzó}R_{víz}}{R_{izzó} + R_{víz}} = \frac{U_k}{I}$$

Az elektródák közé fogott víz ellenállását az $R = \rho \frac{L}{A}$ összefüggés adja. A feladatban egyrészt a víz ellenállásának bemerülő mélységtől való függését keressük, másrészt az áramerősség bemerülés mélységétől való függését. Az elektródák közé fogott víz „hossza” az elektródák távolsága (L), a feladatban erre 1cm-t javasolnak. A keresztmetszet a bemerülési mélység (h) és az elektródák szélességének (d) szorzata, amire a feladat 3cm-t javasol. A keresett ellenállás tehát:

$$R = \rho \frac{L}{d h}$$

Vagyis a víztérfogat ellenállása fordítottan arányos a bemerülési mélységgel. Az áramerősség Ohm-törvénye alapján:

$$I = \frac{U_k}{R_e} = \frac{U_k}{\frac{R_{izzó}R_{víz}}{R_{izzó} + R_{víz}}} = \frac{U_k(R_{izzó} + R_{víz})}{R_{izzó}R_{víz}} = \frac{U_k \left(R_{izzó} + \rho \frac{L}{dh} \right)}{R_{izzó} \rho \frac{L}{dh}} = \frac{U_k d}{L \rho} h + \frac{U_k}{R_{izzó}}$$

Vagyis az $I(h)$ függvény lineáris, az I tengelyt az $\frac{U_k}{R_{izzó}}$ értéknél metszi, ami az áramerősség amikor az elektródák között nincs víz, az eredőellenállást csak az izzó ellenállása adja. Az egyenes meredekségéből a keresett fajlagos ellenállás számolható.

$$\rho = \frac{U_k d \Delta h}{L \Delta I}$$

Példa az adatokra a [javasolt példadokumentumból](#)

A példajegyzőkönyv adatai, és az ezek alapján elkészített diagramok a fentieknek megfelelnek.

$$T \approx 25\text{ }^{\circ}\text{C}$$

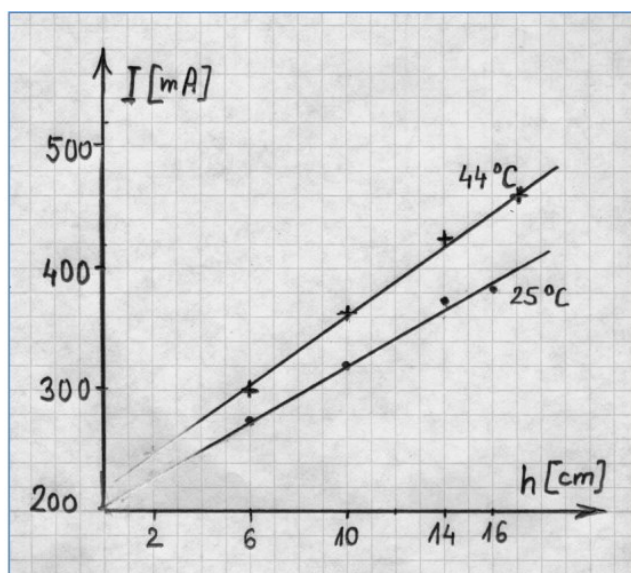
h vízmélység (cm)	6	10	14	16
I_v (mA)	275	320	372	381
R_e (Ω)	16,4	14,0	12,1	11,8
R_v (Ω)	58,8	37,0	25,9	24,4

$$T \approx 44\text{ }^{\circ}\text{C}$$

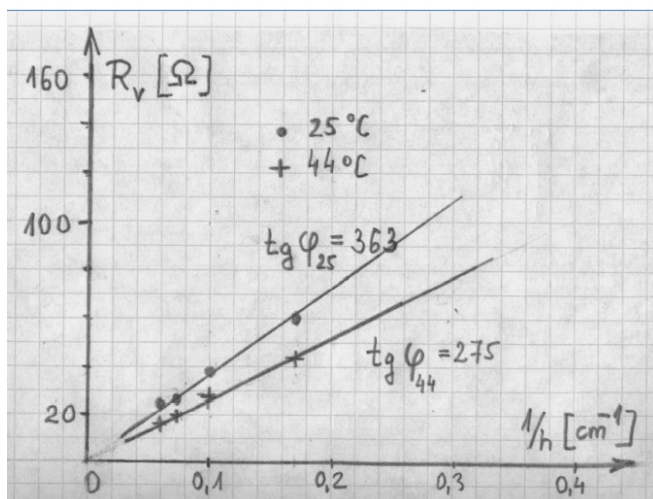
h vízmélység (cm)	6	10	14	16
I_v (mA)	300	365	425	460
R_e (Ω)	15	12,3	10,6	9,8
R_v (Ω)	44,2	27,0	20,0	17,2

A mérést két különböző vízhőmérséklet mellett végezték. Látható, hogy magasabb hőmérsékleten nagyobb áramerősség értékek adódnak ugyanolyan vízmélység mellett, vagyis az ellenállás függ a hőmérséklettől. Az izzó ellenállása a hőmérsékletnövekedéssel nő, a vízé azonban csökken. (A hibaforrásoknál ezt is megemlítjük.) A vízben a vezetésben ionok vesznek részt, ezek mozgékonyasága a hőmérsékletnövekedés következtében nő, ezáltal az ellenállás csökken. Párhuzamos kapcsolás esetén az eredőellenállás mindkét kapcsolt ellenállás értékénél kisebb, így ez szintén csökken.

Az adatok alapján a grafikon:



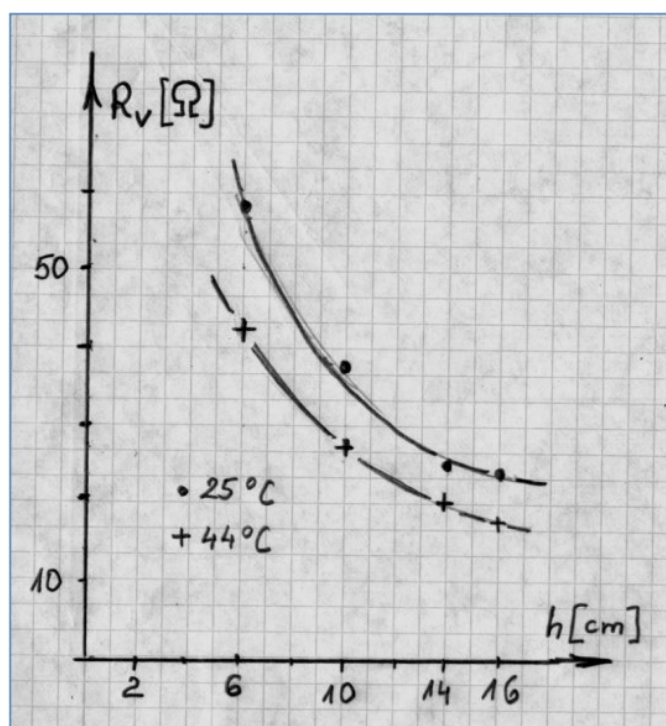
A lineáris kapcsolat jól látszik. Vegyük észre, hogy a függőleges tengely értéke nem nulláról indul. A tengelyt a két esetben a grafikon egymáshoz közel metszi, vagyis az izzó ellenállásának változása nem jelentős, vagy mindkét esetben szobahőmérsékleten történt a mérés. (Az utóbbi valószínűbb.)



Az egyenes meredeksége (tangense) a két esetben az ábrából meghatározható, amiből a fajlagos ellenállás számolható. A mérésben Ωcm -ben számolt fajlagos ellenállások értéke:

(A 25 °C-on $\rho_v = 1089 \Omega\text{cm}$,
44 °C-on $\rho_v = 825 \Omega\text{cm}$

desztilláltvíz fajlagos ellenállása ennél körülbelül egy nagyságrenddel nagyobb, tengervízé három nagyságrenddel kisebb.)



A víz ellenállása az eredőellenállásból számolható. Ez a bemerülési mélységgel fordítottan arányos, amit az adatokból számolt értékek alapján készített diagram alá is támaszt.

Hibaforrások

- Az izzó ellenállása hőmérsékletfüggő, ha a víz hőmérséklete jelentősen eltér a szobahőmérséklettől, a szobahőmérsékleten vett ellenállás a vízben mért értékekből számolt adatokban hibát okoz
- Az izzó ellenállását amért U/I hányados csak közelítőleg adja meg, hiszen a kapocsfeszültség egy része az árammérőn esik, így a hányados az izzó és az árammérő ellenállásának összegét adja. Ha a műszer ideális, ellenállása elhanyagolható.
- A mérés során az áram munkájából keletkező hő melegíti a vizet, így annak fajlagos ellenállása változhat/változik. (A víz fajhője nagy, így ez valószínűleg nem okoz jelentős hibát.)
- Műszerek pontossága
- Leolvasás hibája (h)