

# Biofizikai gyakorlatok

## (Jegyzőkönyv)

A gyakorlat címe: <b>Diffúzió</b>		A gyakorlatvezető neve: <b>Juriga Dávid</b>		
A mérést végző hallgató vezetékneve: <b>Demeter</b>	Utóneve: <b>Péter</b>	Neptun kód: <b>D4KXLI</b>	Kar: <b>VIK</b>	Csoport: <b>BME3</b>
A gyakorlat időpontja: <b>2019. 04. 02.</b>	A jegyzőkönyv leadásának határideje:		<b>2019. 04. 09.</b>	
<p><b>A)</b> A gyakorlat célja, feladatok:</p> <p>Diffúziós állandó meghatározása henger alakú gélből kiáramló KCL vezetőképességének mérése alapján. Valamint a K<sup>+</sup>-ion úgynevezett Stokes sugarának kiszámítása.</p>				
A mérőtárs(ak) neve: <b>Nagy Tamás</b>				
<p><b>B)</b> A használt anyagok és eszközök, egyéb fontosabb körülmények:</p> <p>Mérési gél, 9 üvegpohár, egy mérőhenger, stopper óra, konduktométer</p>				
<p><b>C)</b> A gyakorlat elméletének <b>rövid</b> összefoglalója <b>ábrákkal</b> illusztrálva, a mérés elve, a mérési elrendezés, az adatok kiértékeléséhez szükséges legfontosabb összefüggések, továbbá a tananyag olvasása közben felmerült <b>kérdések</b>: (Ez a rész <b>ne legyen az itt rendelkezésre álló helynél hosszabb és hivatkozásokat ne tartalmazzon!</b>)</p> <p>A részecskék véletlenszerű hőmozgás révén történő szétterjedését diffúzióknak nevezzük. A diffúzió „erősségét” az anyagáram sűrűségével (<math>J_v</math>) jellemezhetjük:</p> $J_v = \frac{\Delta v}{\Delta t \Delta A} \left[ \frac{\text{mol}}{\text{m}^2 \text{s}} \right]$ <p>, ahol t az idő [s], A az áramlási keresztmetszet [m<sup>2</sup>], v pedig az anyagmennyiség [mol]. A stacionárius diffúzió leírására a Fick I. törvényét alkalmazhatjuk:</p> $J_v = -D \frac{\Delta c}{\Delta x}$ <p>, ahol x helykoordináta, D pedig diffúziós állandó [<math>\frac{\text{m}^2}{\text{s}}</math>]. A diffúziós együttható függ a diffundáló részecske méretétől, alakjától, a közeg viszkozitásától és hőmérsékletétől. Gömb alakú részecskékre igaz, az Einstein-Stokes összefüggés:</p> $D = \frac{kT}{6\pi\eta r}$ <p>, ahol k a Boltzmann állandó [<math>1,38 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{K}}</math>], T az abszolút hőmérséklet [298 K], <math>\eta</math> a közeg viszkozitása [Pa·s], r pedig a részecske sugara [m].</p> <p>Nem stacionárius diffúzióra a Fick II. törvényét alkalmazhatjuk:</p> $D \Delta t \frac{\Delta(\frac{\Delta c}{\Delta x})}{\Delta x} + c(t) = c(t + \Delta t)$ <p>, vagyis amennyiben a koncentráció (térbeli) eloszlását ismerjük egy adott t időpontban, akkor egy kicsit későbbi t + Δt időpontban meghatározható az új eloszlás.</p>				
<b>A jegyzőkönyv értékelése</b> (A gyakorlatvezető kézjegye a minősítésnek megfelelően)				Dátum:
Nem felelt meg:	Javítandó:	Megfelelt:		

**D)** A gyakorlat során nyert adatok:  
(méréssorozat esetén táblázatos formában)

Az adatok elfogadtatása:  
(a gyakorlatvezető kézjegye)  
**A gyakorlat végén alá kell írtni!**  
**Enélkül a jegyzőkönyv sem fogadható el!**

Ide csak a „nyers” adatok kerüljenek! (Még akkor is, ha sok hely marad.) (A kiértékelés mindig új lapon kezdődjön!)

henger sugara [mm]	3,4
c [m <sup>-1</sup> ]	74

poharak jelzése	részidő [min]	diffúzió ideje [min]	mért vezetőképesség [μS]
0	-	0,0	-
1	0,5	0,5	150
2	0,5	1,0	85
3	1,5	2,5	90
4	2,5	5,0	118
5	5,0	10,0	145
6	5,0	15,0	125
7	10,0	25,0	151
8	10,0	35,0	85

(Csatolt dokumentumban az eredeti, kézzel írott és gyakorlatvezető által szignózott mérési adatok)

**Önellenőrző lista a jegyzőkönyv elfogadásának érdekében (minimumkövetelmények):**

- 1.) A jegyzőkönyv **külsőalakja** megfelelő
- 2.) A mérési **adatok jól áttekinthetők**, jók a mértékegységek (**E**)
- 3.) A grafikonok **fejlécén** látható, hogy mit ábrázoltunk és mik a mértékegységek (**E**)
- 4.) A grafikonok **tengelyein** látható, hogy mit ábrázoltunk és mik a mértékegységek (**E**)
- 5.) A grafikonok tengelyeinek **skálázása** értelmes (a felesleges tartományokat nem tüntettük fel) (**E**)
- 6.) A **kiértékelés követhető** és a mért adatok alapján történt, a következtetéseket levontuk (**E, F**)
- 7.) Minden feladatot elvégeztünk, a feltett **kérdések mindegyikére válaszoltunk** (**E, F**)
- 8.) A jegyzőkönyv **összefűzve** készen van

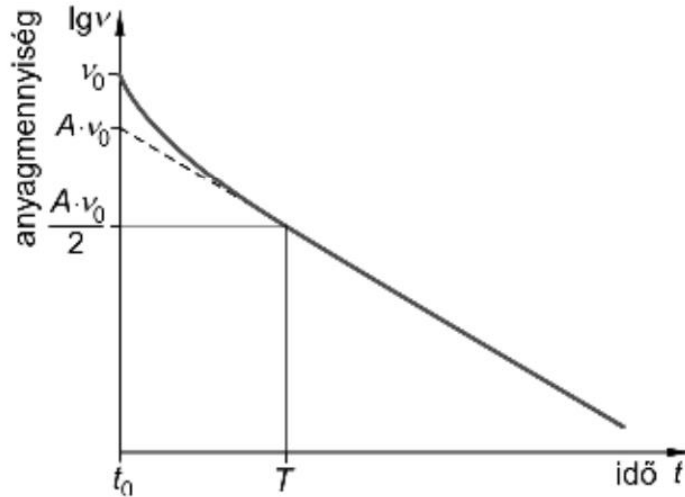
**Javasolt a kiértékelés számítógéppel történő elvégzése, de a hagyományos (mm papír, stb.) módon készített jegyzőkönyv is elfogadható. Mivel a kiértékelés és a következtetések a jegyzőkönyv részei, lapjait össze kell fűzni ezzel! (Otthoni munka a gyakorlat elvégzése után.)**

### E) Kiértékelés:

(az adatok rendezett bemutatása, a számítások részletes elvégzése, a szükséges grafikonok elkészítése)

A mérés során három egyszerűsítő feltétellel éltünk:

- a kifelé irányuló diffúziós folyamat egy henger alakú gélben, illetve az azt körülvevő vízben játszódik le és feltesszük, hogy a diffúzió szempontjából a gélben uralkodó viszonyok a vízben uralkodókkal megegyezők;
- a gél belsejében a kezdeti időpillanatban a koncentráció mindenhol  $c_0$  és a palásthöz képest a véglapok felülete elhanyagolható (sugár irányú, hengerszimmetrikus diffúzió);
- a hengertesten kívüli koncentráció állandóan zérus.



1. ábra

Mivel a gél belsejében lévő koncentrációk mérése egyszerű eszközökkel nem végezhető el, ezért a kidiffundált anyagmennyiséget határozzuk meg, és ebből következtetünk a testben maradt anyagmennyiségre. Ennek féllogaritmikus ábrázolása (1. ábra) útján a függvény segítségével leolvasható a felezési idő ( $T$ ), mely segítségével az ismert adatokból kiszámítható a diffúziós állandó. Az ábrázolt pontokra illeszthető függvény:

$$v = A \cdot v_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

, ahol  $v_0$  a kezdeti időpillanatban a gélben lévő anyagmennyiség,  $A=0,69$  állandó,  $\tau$  a diffúziós együtthatóból, illetve a gél sugarától ( $r$ ) függő időállandó. A  $\tau$  helyett az egyszerűsítés kedvéért  $T$  felezési időt használjuk, melyből az alábbiak szerint számítható a diffúziós együttható:

$$D = 0,12 \cdot \frac{r^2}{T}$$

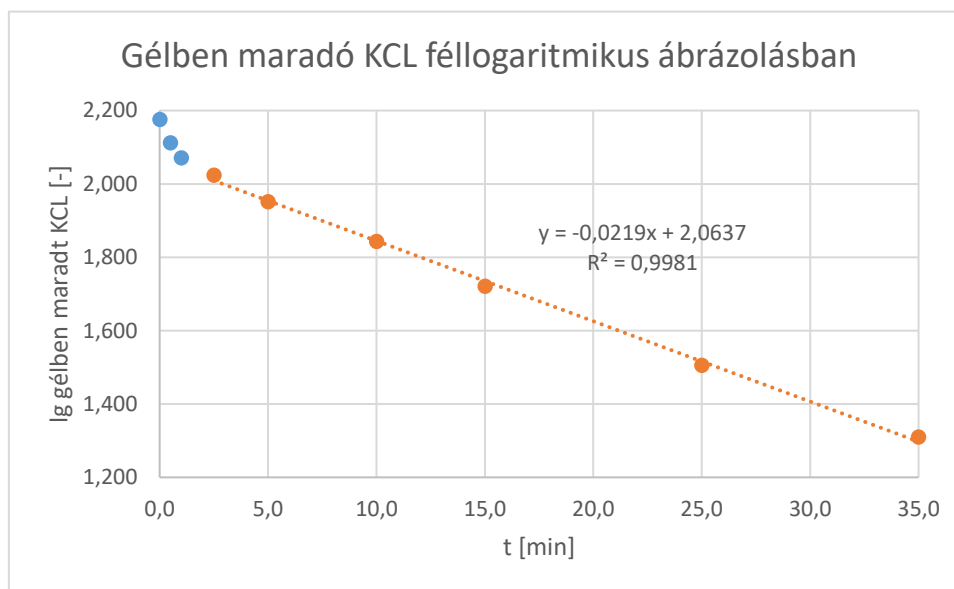
A mérés során a kidiffundált anyagmennyiséget vezetőképesség mérésével határoztuk meg. A mért vezetőképességet megszorozva az elektród cellaállandójával ( $\hat{c} = 74 \text{ m}^{-1}$ ) megkaptuk a fajlagos vezetőképességet. Ebből egy kalibrációs diagram segítségével meghatároztuk a megfelelő koncentrációkat.

Az egyes fajlagos vezetőképesség értékeknek megfelelő anyagmennyiségeket leolvashatjuk a kalibrációs

görbéről, mely jelen esetben egy lineáris arányossági tényező:  $k = 0,542 \frac{\text{mS}}{\mu\text{mol}}$ . Az így megkapott kiáramlott KCL anyagmennyiséget kivonva a gélben eredetileg lévő  $150 \mu\text{mol}$  KCL anyagmennyiségből, már meg is kapjuk a gélben maradt anyagmennyiséget.

poharak jelzése	részidő [min]	mért vezetőképesség [ $\mu\text{S}$ ]	fajlagos vezetőképesség [mS/m]	kiáramlott KCL [ $\mu\text{mol}$ ]	diffúzió ideje [min]	gélben lévő KCL [ $\mu\text{mol}$ ]	lg(gélben lévő KCL) [-]
0	-	-	-	0	0,0	150	2,176
1	0,5	150	11,100	20,480	0,5	129,520	2,112
2	0,5	85	6,290	11,605	1,0	117,915	2,072
3	1,5	90	6,660	12,288	2,5	105,627	2,024
4	2,5	118	8,732	16,111	5,0	89,517	1,952
5	5,0	145	10,730	19,797	10,0	69,720	1,843
6	5,0	125	9,250	17,066	15,0	52,653	1,721
7	10,0	151	11,174	20,616	25,0	32,037	1,506
8	10,0	85	6,290	11,605	35,0	20,432	1,310

1. táblázat



2. ábra

A lineáris szakaszra illesztett egyenest a 0 időpillanatra extrapolálva leolvasható a logaritmikus skáláról az  $A \cdot v_0 = 2,0637$ , az az 115,798  $\mu\text{mol}$ , ebből is látszik, hogy mennyire eltér a kezdeti kioldódási sebesség az exponálttól.

Ebből illetve az illesztett egyenes egyenletéből kiszámítható a felezési idő:

$$T = \frac{\lg\left(\frac{115,798}{2}\right) - 2,0737}{-0,0219} = 13,7457 \text{ min}$$

Ebből a diffúziós együttható:

$$D = 0,12 \cdot \frac{r^2}{T} = 0,12 \cdot \frac{(3,4 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{13,7457 \cdot 60 \text{ s}} = 1,682 \cdot 10^{-9} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Ezen információk alapján az Einstein-Stokes összefüggéssel támadva, a víz viszkozitását 1 mPa·s-nak véve), már kiszámítható a  $\text{K}^+$ -ion hidrátburokkal mért, úgynevezett Stokes sugara:

$$r_{\text{K}^+} = \frac{kT}{D6\pi\eta} = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 298 \text{ K}}{1,682 \cdot 10^{-9} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 6 \cdot \pi \cdot 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}} = 1,3 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 130 \text{ pm}$$

#### D) Következtetések:

(válaszok a feltett kérdésekre **kérdés-felelet** formában):

A mérési bizonytalanság jelentős, erre utaló jel, hogy az egyenesből számított kiindulási anyagmennyiséget az  $A$  állndóval számítva is  $\sim 168 \mu\text{mol}$  kiindulási anyagot kapunk a 150 helyett. Ez a bizonytalanság az eszközökből, mérési módszerünkől, folyamatunkból eredeztethető.