Modern Fizika Labor

<table>
<tr><td>A mérés
dátuma:
2007. október 3.</td><td>A mérés száma és címe:

16. Diffúzió vizsgálata</td><td rowspan="2">Értékelés:</td></tr>
<tr><td>A beadás
dátuma:
2007. október 16.</td><td>A mérést végezte:
Básti József</td></tr>
</table>

A mérés során megismerkedtem a diffúzió optikai úton történő kimutatásával. Diffúzió akkor lép fel, ha a rendszerben inhomogenitás van. Az ilyenkor fellépő anyagáramlás helyett a nem-egyensúlyi állapot koncentráció-eloszlásának időbeli változását követtem nyomon. A desztillált vízre rétegezett különböző koncentrációjú (1M, 0.5M, 0.33M) $ZnSO_4$ -oldatokból a cink-szulfátnak vízbe történő diffúzióját vizsgáltuk. A kialakuló koncentráció-gradienst a Schlieren-módszert (az anyagon áthaladó fény hullámfrontjának deformációjából származó eltérülést) véve alapul detektáltam.

A diffúzió folyamatát a Fick-törvények írják le. Kétkomponensű rendszerre alkalmazva (az egyik az oldószer, a másik az oldott anyag), a diffúzió az x irányba történik, ekkor kapjuk:

$$\frac{\partial c}{\partial t}=D\left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}\right)$$

ahol *c* a koncentráció, *D* a diffúziós állandó.
Ennek megoldása, feltételezve, hogy t = 0 és x = 0 esetén éles határfelület van az egymásba diffundáló anyagok között, ugyanakkor nagy távolságban a koncentrációváltozások elhanyagolhatók, a következő:

$$c(x,t)=\frac{c_0}{2}\left(1-\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\xi}\exp(-s^2)\,ds\right)$$

ahol $\xi=\frac{x}{\sqrt{4Dt}}$, c_0 a kiindulási koncentráció-különbség. A görbe alatti terület és a maximum hányadosaként a következőt kapjuk:

$$\frac{F}{M}=2\sqrt{\pi D t}$$

Másképp $\frac{F^2}{4\pi M^2}=Dt$, amiből D egyenes illesztéssel kiszámolható.
Beállítottam a mérési összeállítást a legnagyobb koncentrációnál. A küvettába előbb desztillált vizet tettem, majd ez alá fecskendeztem be lassan az 1 M-os $ZnSO_4$ oldatot, odafigyelve, hogy ne keveredjenek. A rés elforgatásával a milliméter papírra eső Gauss-görbe magasságát ideálisra állítottam, hogy jól leolvasható legyen. A lencserendszert mozgatva a görbét szimmetrikussá tettem. Ezután ismételten elkészítettem az előző egymásra rétegzett oldatot és desztillált vizet. Amint tudtam lerajzoltam a milliméteres papírra a kirajzolódott Gauss-görbét. Különböző színekkel megrajzoltam újra 0.5, 2, 4, 7, 10, 15 és 25 perc elteltével. A rajzot pontosítani akarva kiválasztottam egy színt (vöröset), s e mentén húztam a vonalat. A későbbiekben kiderült, hogy ez pontatlan, mivel a görbe különböző részein más és más a diffrakciós kép. A megrajzolt görbék láthatók a csatolt ábrán. A mérés végén a küvetta helyére betettem egy 1 cm-es papírdarabot, és megnéztem milyen a nagyítás. Ez 13-szorosra adódott. Ugyanígy elvégeztem a mérést a 0,5 M-os oldatra (4 ml 1 M-os $ZnSO_4$ oldat + 4 ml desztillált víz). Itt módosítottam a beállításon a nagyítás 13,5-re adódott, a kissé szétkenődött fehér Gauss-görbe közepét követve rajzoltam fel a papírra a görbéket egyszer és 0.8, 2, 4, 7, 10, 15 és 25 perc elteltével újra. A méréssorozatot megismételtem a 0,33 M-os oldat esetében is (3 ml $ZnSO_4$ oldat + 6 ml desztillált víz). A kapott görbék a mellékelt ábrákon láthatók.

Kiértékelés

A görbéket legalább 11 pontban leolvastam (többnyire a maximum körül x = -3, -2, -1.5, -1, -0.5, 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 3 helyeken, ha szükséges volt több pontban is), ezekre illesztettem a Gauss-görbéket:

$$A \cdot e^{-B(x-C)^2} + E$$

az alapvonalat a későbbiekben konstansnak vettem, s már csak a többi paraméterre illesztettem, ezzel is csökkentve a hibát.

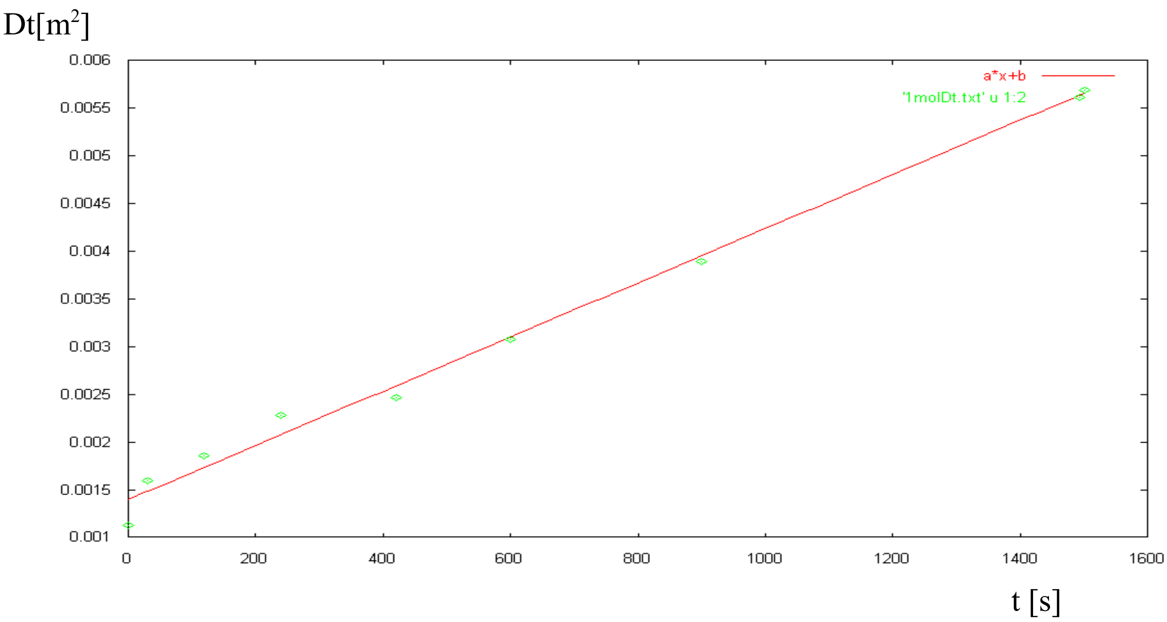
c = 1 M

Az alábbi táblázatban láthatók az illesztésekből kapott adatok (a 8 adat a már említettek alapján különböző időpontokban):

	A	B	M	F	Dt
1	9,66	1,32	9,66	14,9	0,00112
2	8,45	0,93	8,45	15,53	0,00159
3	8,19	0,8	8,19	16,23	0,00185
4	7,19	0,65	7,19	15,81	0,00228
5	6,52	0,6	6,52	14,92	0,00247
6	5,91	0,48	5,91	15,12	0,00308
7	5,33	0,38	5,33	15,33	0,00389
8	4,4	0,26	4,4	15,29	0,00569

M = A, F mint tudjuk kiszámolható az $F = M \cdot \sqrt{\frac{\pi}{B}}$ képlettel. Dt -t a már említett $\frac{F^2}{4\pi M^2} = Dt$ képlet segítségével fejeztem ki.

	t [s]	D t
1	0	0,00112
2	30	0,00159
3	120	0,00185
4	240	0,00228
5	420	0,00247
6	600	0,00308
7	900	0,00389
8	1500	0,00569



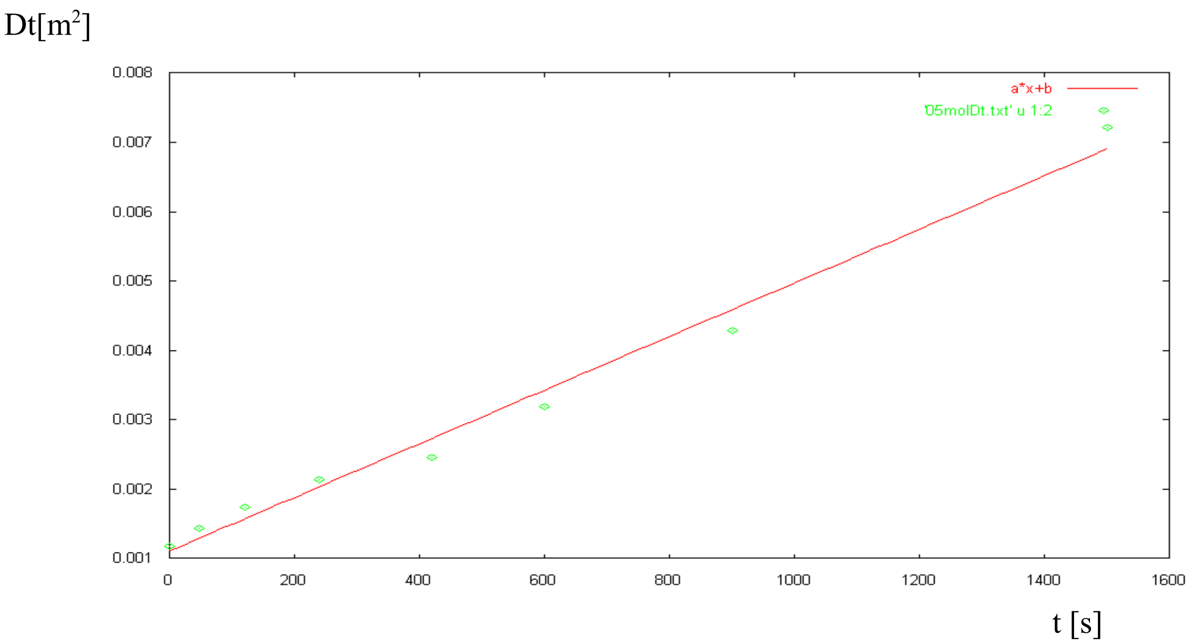
Egyenes illesztéssel kapjuk D= 2,84E-006 ± 0,1204E-006 m²/s 4,23%

Az utolsó számadat a relatív hiba.

c = 0.5 M

A már említett számításokkal:

	A	B	M	F	Dt
1	5,89	1,16	5,89	9,69	0,00118
2	5,04	0,95	5,04	9,17	0,00144
3	4,63	0,79	4,63	9,23	0,00174
4	4,12	0,64	4,12	9,13	0,00214
5	3,67	0,56	3,67	8,69	0,00245
6	3,21	0,43	3,21	8,68	0,00319
7	2,78	0,32	2,78	8,71	0,00429
8	2,35	0,19	2,35	9,56	0,00722



	t [s]	D t
1	0	0,00118
2	48	0,00144
3	120	0,00174
4	240	0,00214
5	420	0,00245
6	600	0,00319
7	900	0,00429
8	1500	0,00722

Egyenes illesztéssel kapjuk D= 3,87E-006 ± 0,188E-006 m^2/s 4,85%

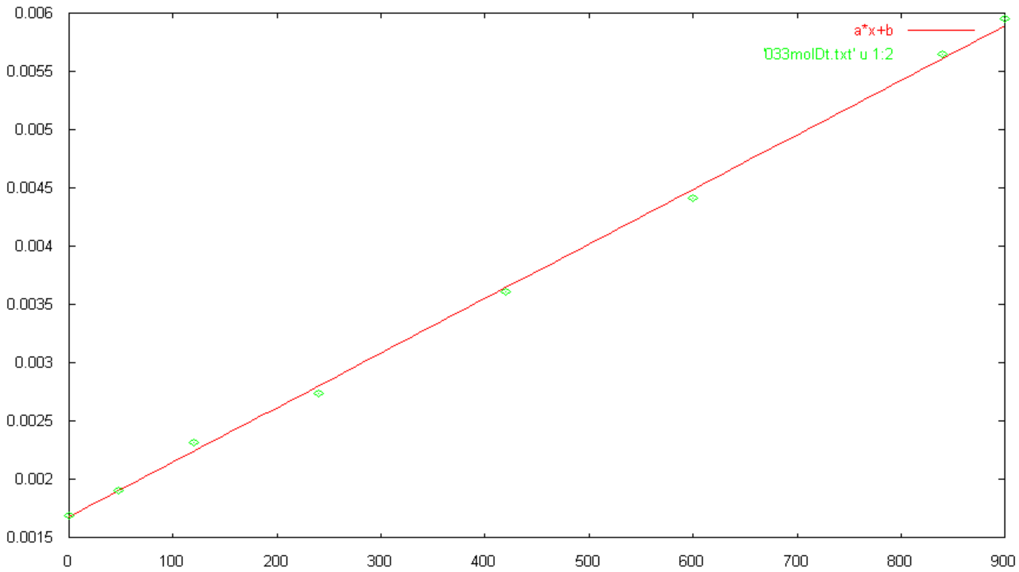
c = 0.33 M

Hasonlóan erre a koncentrációra:

	A	B	M	F	Dt
1	2,99	0,81	2,99	5,89	0,00169
2	2,7	0,72	2,7	5,64	0,00191
3	2,54	0,59	2,54	5,86	0,00232
4	2,36	0,5	2,36	5,92	0,00274
5	2,05	0,38	2,05	5,89	0,00361
6	1,87	0,31	1,87	5,95	0,00442
7	1,69	0,23	1,69	6,25	0,00596
8	1,39	0,22	1,39	5,25	0,00624

	t [s]	D t
1	0	0,00169
2	48	0,00191
3	120	0,00232
4	240	0,00274
5	420	0,00361
6	600	0,00442
7	900	0,00596
8	1500	0,00624

Dt[m^2]



t [s]

3,31E-006 ± 0,413E-006 m^2/s 12,47%

4,68E-006 ± 0,0802E-006 m^2/s 1,71%

Amint az ábrán is látható az utolsó görbét kissé eltolva rajzoltam le a többihez képest, így nagyobb lett a hiba (1. adat), ezt elhagyva jelentősen javult a helyzet (2. adat).

Tehát D = 4,68E-006 ± 0,0802E-006 m^2/s 1,71%

Összefoglalva:

c(M)	***D(m^2/s)***
0.33	4.68
0.5	3.87
1	2.84

Az ábrán a diffúziós állandó van ábrázolva c függvényében: