Transzportfolyamatok

F69. Egy duplafalú ablak üvegeinek távolsága 5,00 cm. Mekkora a hőátadás sebessége vezetés útján egy 25,0 °C hőmérsékletű, meleg szobából a –10 °C-os környezetbe az ablak 1,00 m^2 felületén keresztül? A levegőre $\kappa = 0{,}0241\ J\ K^{-1}\ m^{-1}\ s^{-1}$ 273,0 K-en és 1,00 atm nyomáson.

$$J_z(\text{energia}) = -\kappa \cdot \frac{dT}{dz}$$

$$J = -0{,}0241 \cdot \frac{-35\ K}{5 \cdot 10^{-2}\ m} = 16{,}87\ J\ m^{-2}\ s^{-1}$$

Tehát 1 m^2 felületre 16,87 J/s jut.

F70. Manométert kapcsoltunk kisnyomású nitrogéngázt tartalmazó üvegbúrához. A gázt kiengedtük egy kicsi lyukon keresztül és a manométerben a folyadékszint 18,5 s alatt 65,1 cm magasságról 42,1 cm magasságra csökkent. Ha egy fluorozott szénhidrogénnel végeztük a kísérletet, akkor ugyanilyen nyomásváltozáshoz 82,3 s-ra volt szükség. Számítsuk ki az utóbbi gáz moláris tömegét.

Effúzió: $Z_W \cdot A_0 = \dfrac{p \cdot A_0}{(2\pi m k T)^{1/2}}$ = időegység alatt kilépő molekulák száma.

Graham-féle effúziós törvény: az effúzió sebessége fordítottan arányos a moltömeg négyzetgyökével.

$t \sim \sqrt{M}$ (az arányossági tényező nem kell a számoláshoz).

$$\frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^{1/2}$$

$t_1 = 18{,}5$ s

$t_2 = 82{,}3$ s

$M_1 = 28{,}02$ g/mol (N_2)

$$\frac{t_1^2}{t_2^2} = \frac{M_1}{M_2}$$

$$M_2 = \frac{M_1 \cdot t_2^2}{t_1^2} = \underline{\underline{554{,}53 \text{ g/mol}}}$$

F71. Számítsuk ki a levegő viszkozitását

a. 273,15 K,

b. 293,15 K és

c. 873,15 K hőmérsékleten. Legyen $\sigma = 0{,}40\ \mathrm{nm}^2$. (A kísérleti értékek rendre 173 μP 273,15 K-en, 182 μP 20,0 °C-on és 298 μP 600,0 °C-on.)

$$\eta = \frac{1}{3}\lambda \bar{c}\, m\, \mathcal{N} = \frac{m\cdot\bar{c}}{3\cdot\sqrt{2}\cdot\sigma}$$

σ: ütközési hatáskeresztmetszet

$$\bar{c} = \left(\frac{8kT}{\pi m}\right)^{1/2}$$

$$k = \frac{R}{N_A} = 1{,}38066\cdot 10^{-23}\ \mathrm{J/K}$$

(Boltzmann-állandó)

Levegőre $\bar{M} = 29\ \mathrm{g/mol}$

$$m = \frac{\bar{M}}{N_A} = \frac{29\ \mathrm{g/mol}}{6{,}022\cdot 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}} = 4{,}81568\cdot 10^{-23}\ \mathrm{g} = 4{,}81568\cdot 10^{-26}\ \mathrm{kg}$$

$$\sigma = 0{,}4\ \mathrm{nm}^2 = 0{,}4\cdot 10^{-18}\ \mathrm{m}^2 \longleftarrow$$

SI mértékegységet kellene!

(Átváltás: $1\ \mu\mathrm{P} = 10^{-7}\ \mathrm{kg\,m^{-1}s^{-1}}$)

a) $T = 273{,}15\ \mathrm{K}$

$\bar{c} = 446{,}57\ \mathrm{m/s}$

$\eta_{\text{számolt}} = 1{,}2672\cdot 10^{-5}\ \mathrm{kg\,m^{-1}s^{-1}} = \underline{\underline{126{,}72\ \mu\mathrm{P}}}$

A kísérleti (valós) értékhez képesti hiba:

$$\frac{126{,}72 - 173}{173}\cdot 100 = \underline{\underline{-26{,}75\ \%}}$$

b) $T = 293{,}15\ \mathrm{K}$

$\bar{c} = 462{,}63\ \mathrm{m/s}$

$\eta_{\text{számolt}} = 1{,}3128\cdot 10^{-5}\ \mathrm{kg\,m^{-1}s^{-1}} = \underline{\underline{131{,}28\ \mu\mathrm{P}}}$

$$\text{Eltérés} = \frac{131{,}28 - 182}{182}\cdot 100 = \underline{\underline{-27{,}87\ \%}}$$

c) $T = 873{,}15\ \mathrm{K}$

$\bar{c} = 798{,}42\ \mathrm{m/s}$

$\eta_{\text{számolt}} = 2{,}2656\cdot 10^{-5}\ \mathrm{kg\,m^{-1}s^{-1}} = \underline{\underline{226{,}56\ \mu\mathrm{P}}}$

$$\text{Eltérés} = \frac{226{,}56 - 298}{298} = \underline{\underline{-23{,}97\ \%}}$$

F72. Számítsuk ki, hogy mekkora nyomással kell betáplálni a nitrogéngázt egy 8,50 m hosszúságú, 1,00 cm átmérőjű csőbe, hogy 293 K hőmérsékleten $9{,}50 \cdot 10^{5}$ dm^{3} h^{-1} áramlási sebességet érjünk el. A gáz 1,00 bar nyomáson hagyja el a csövet, és erre a nyomásra vonatkozik a megadott térfogati sebesség is. A gáz viszkozitása 176 μP.

Poiseuille-egyenlet (r sugarú csőben áramló, tökéletesnek tekinthető gáz viszkozitása):

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\left(p_1^2 - p_2^2\right)\pi \cdot r^4}{16 \cdot l \cdot \eta \cdot p_0}$$

$p_1 = ?$

$p_2 = 10^5$ Pa

$p_0 = 10^5$ Pa (az a nyomás, amelyen a térfogatot mérjük)

$l = 8{,}5$ m

$r = 0{,}005$ m

$\eta = 176\ \mu P = 1{,}76 \cdot 10^{-5}\ kg\ m^{-1}\ s^{-1}$

$\frac{dV}{dt} = 9{,}50 \cdot 10^5\ dm^3/h = 9{,}5 \cdot 10^2\ m^3/h = 0{,}263\dot{8}\ m^3/s$

$\Downarrow$ Mindent SI-ben kell beírni!

$$0{,}263\dot{8} = \frac{\left(p_1^2 - (10^5)^2\right) \cdot \pi \cdot (0{,}005)^4}{16 \cdot 8{,}5 \cdot 1{,}76 \cdot 10^{-5} \cdot 10^5}$$

$p_1 = 2{,}0535 \cdot 10^5\ Pa = \underline{\underline{2{,}0535\ bar}}$

F73. Egy 4,0 mm átmérőjű, 7,9 g cm^{-3} sűrűségű acélgolyó esési ideje 1,0 m vastagságú, 1,1 g cm^{-3} sűrűségű olajrétegen át 55 s. Számítsuk ki az olaj viszkozitását poise-ban.

A test körül lamináris áramlás van (elegendően nagy sebességgel mozog).

Stokes-formula: $F_{Stokes} = 6\pi\eta r v \uparrow$

gravitáció: $F_{grav.} = m_{szil.} g \downarrow$

felhajtó erő: $F_{felh.} = \rho_{foly.} V_{szil.} g \uparrow$

Egyensúlyban a vektori eredőjük ϕ.

$$V_{gömb} = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$v = \frac{2g}{9\eta}\left(\rho_{szil.} - \rho_{foly.}\right) \cdot r^2$$

$$\frac{1\,m}{55\,s} = \frac{2 \cdot 9{,}81\,m/s^2}{9\,\eta}\left(7900\,kg/m^3 - 1100\,kg/m^3\right)(0{,}002\,m)^2$$

$$\eta = 3{,}26128\,kg\,m^{-1}s^{-1} = 32{,}6128\,P$$

(Átváltás: $10\,P = 1\,kg\,m^{-1}s^{-1}$)

F74. Bizonyos térfogatú n-heptán 83,8 s alatt folyik át a viszkoziméter kapillárisán, azonos térfogatú víz átfolyási ideje ugyanezen a viszkoziméteren 142,3 s. A kísérleti hőmérséklet 20,0 °C. Mekkora a n-heptán viszkozitása 20,0 °C-on? E hőmérsékleten a n-heptán sűrűsége 0,689 g cm^{-3}, a víz viszkozitása 0,01009 P, sűrűsége pedig 0,9982 g cm^{-3}.

Ostwald-féle kapilláris viszkoziméter:

$$\frac{V}{t} = \frac{\pi}{8l} \cdot \frac{\rho g h}{\eta} r^4$$

1: víz
2: n-heptán
$t_1 = 142,3$ s
$t_2 = 83,8$ s
$\rho_1 = 0,9982$ g/cm^3
$\rho_2 = 0,689$ g/cm^3
$\eta_1 = 0,01009$ P

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{\rho_2 t_2}{\rho_1 t_1}$$

$$\eta_2 = \frac{\rho_2 t_2 \eta_1}{\rho_1 t_1} = 0,0041014 \text{ P}$$

F75. Híg cukoroldatot 10,00 cm hosszú csőben helyezünk el úgy, hogy a koncentrációban lineáris gradienst hozunk létre: a kezdeti koncentráció a cső bal szélén 0,100 mol dm^{-3}, a jobb szélén pedig 0,0500 mol dm^{-3}. A kísérletet 298 K hőmérsékleten végezzük. Számítsa ki a kémiai potenciál gradienséből származó, a részecskéket mozgásba hozó termodinamikai erőt a cső közepén, a kísérlet kezdeti pillanatában.

Koncentrációgradiensből származó TD erő: $\mathfrak{F}$

Ideális oldat: $a = \dfrac{c}{c_0}$

$$\mathfrak{F} = -\left(\frac{\partial \mu}{\partial x}\right)_{p,T}$$

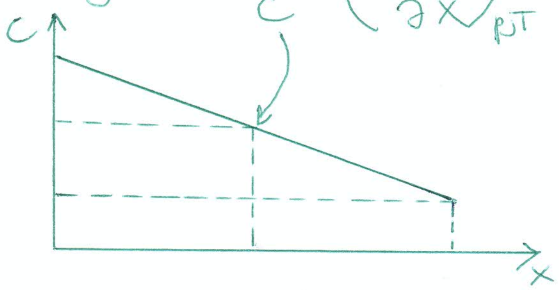
maximális entrópia, kémiai potenciál csökkenése

$$\mu = \mu^{\ominus} + RT \ln a$$

$$\mathfrak{F} = -RT\left(\frac{\partial \ln a}{\partial x}\right)_{p,T} \quad \text{és} \quad \left(\frac{\partial \ln a}{\partial x}\right)_{p,T} = \frac{1}{a}\left(\frac{\partial a}{\partial x}\right)_{p,T}$$

Az aktivitás (a) helyére koncentrációt (c) írhatunk.

$$\mathfrak{F} = -\frac{RT}{c}\left(\frac{\partial c}{\partial x}\right)_{p,T}$$



$$c = \frac{0{,}1 + 0{,}05}{2} = 0{,}075 \text{ mol/dm}^3$$

$$\Delta c = 0{,}1 - 0{,}05 = 0{,}05 \text{ mol/dm}^3$$

$$\Delta x = 10 \text{ cm} = 0{,}1 \text{ m}$$

$$\mathfrak{F} = -\frac{RT}{c}\cdot\frac{\Delta c}{\Delta x} = -\frac{8{,}314 \cdot 298{,}15}{0{,}075}\cdot\frac{0{,}05}{0{,}1} =$$

$$= \underline{\underline{1{,}6525 \cdot 10^4 \text{ N/mol}}} \left(\text{vagy J m}^{-1}\text{ mol}^{-1}\right)$$

F76. Koncentrált szaharózoldatot (5,0 g cukor/5,0 cm^3 víz) öntünk egy 5,0 cm átmérőjű hengerbe. Az oldatra 1,0 liter vizet rétegezünk óvatosan úgy, hogy keveredés nem történik. A diffúzió hatását figyelembe véve (a gravitációs tértől eltekintünk) számítsa ki a koncentrációt a rétegtől 5,0 cm magasságban

a. 10 másodperc,
b. 10 perc,
c. 10 óra és
d. 1,0 év elteltével. A cukor moláris tömege 342 g mol^{-1}, a diffúziós együtthatója pedig $0{,}5216\cdot10^{-9}$ m^2 s^{-1}.

Fick II. törvénye (diffúzióegyenlet): $\frac{\partial c}{\partial t} = D\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$

$x = 5$ cm $= 0{,}05$ m

$n_0 = \frac{5\,g}{342\,g/mol} = 0{,}01462$ mol

$A = r^2\pi = (0{,}025\,m)^2\pi = 1{,}963495\cdot10^{-3}\,m^2$

$D = 0{,}5216\cdot10^{-9}\,m^2/s$

Megoldás erre a határfeltételre:

$$c = \frac{n_0\cdot e^{-\frac{x^2}{4Dt}}}{A(\pi D t)^{1/2}}$$

a) $t = 10$ s

$\underline{\underline{c \cong \emptyset\ mol/dm^3}}$

b) $t = 600$ s

$\underline{\underline{c \cong \emptyset\ mol/dm^3}}$

c) $t = 36000$ s

$c = 3{,}3987\cdot10^{-12}\,mol/m^3 \cong \underline{\underline{3{,}40\cdot10^{-15}\,mol/dm^3}}$

d) $t = 3600\cdot24\cdot365{,}25 = 31557600$ s

$c = 31{,}523\,mol/m^3 = \underline{\underline{0{,}031523\ mol/dm^3}}$

F77. A nitrogéngáz kísérleti hővezetési együtthatóját felhasználva számítsuk ki a nitrogénmolekulák ütközési hatáskeresztmetszetét 273 K hőmérsékleten. (A számolásokhoz használjuk fel, hogy $\kappa = 0{,}0241\ \mathrm{J\,K^{-1}\,m^{-1}\,s^{-1}}$ 273 K-en és 1,00 atm nyomáson.)

$$m = \frac{28\ \mathrm{g/mol}}{6{,}022\cdot 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}} = 4{,}64962\cdot 10^{-23}\ \mathrm{g} = 4{,}64962\cdot 10^{-26}\ \mathrm{kg}$$

$$\bar{c} = \left(\frac{8kT}{\pi m}\right)^{1/2} = \left(\frac{8\cdot 1{,}38066\cdot 10^{-23}\cdot 273}{\pi\cdot 4{,}64962\cdot 10^{-26}}\right)^{1/2} = 454{,}3454\ \mathrm{m/s}$$

$$C_V = \nu\cdot k\cdot N_A = \nu\cdot R = \frac{5}{2}\cdot 8{,}314 = 20{,}785\ \mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}$$

szabadsági fok (egyatomos molekulára 3/2, kétatomosra 5/2)

$$\kappa = \frac{\bar{c}\,C_V}{3\sqrt{2}\,\sigma\,N_A}$$

$$\Downarrow$$

$$\sigma = \frac{\bar{c}\,C_V}{3\cdot\sqrt{2}\,\kappa\,N_A} = \frac{454{,}3454\cdot 20{,}785}{3\cdot\sqrt{2}\cdot 0{,}0241\cdot 6{,}022\cdot 10^{23}} = \underline{\underline{1{,}5337\cdot 10^{-19}\ \mathrm{m^2}}}$$

F78. A CCl_4-molekula diffúziós együtthatója heptánban 25,0 °C-on $3{,}17 \cdot 10^{-9}\ m^2\ s^{-1}$. Számítsuk ki, mennyi idő szükséges ahhoz, hogy x-tengely menti elmozdulásának négyzetes középértéke 5,00 mm legyen.

$\langle x^2 \rangle = 2Dt$

$x = 5\ mm = 5 \cdot 10^{-3}\ m$

$(5 \cdot 10^{-3})^2 = 2 \cdot 3{,}17 \cdot 10^{-9} \cdot t$

$t = 3943{,}2\ s = \underline{\underline{1{,}095\ óra}}$ (= 1 óra 5 perc 43 s)

F79. Számítsuk ki a szaharózmolekula effektív sugarát vízben, 25,0 °C-on, ha a diffúziós együtthatója $5{,}20\cdot10^{-10}$ m^2 s^{-1}, a víz viszkozitása pedig 1,00 cP.

Stokes–Einstein egyenlet (folyadékokra):

$$\left.\begin{aligned} D &= \frac{kT}{f} \\ f &= 6\pi\eta a \end{aligned}\right\} D = \frac{kT}{6\pi\eta a}$$

$$a = \frac{kT}{6\pi\eta D} = \frac{1{,}38066\cdot10^{-23}\,J/K\cdot 298{,}15\,K}{6\pi\cdot 0{,}001\,kg\,m^{-1}s^{-1}\cdot 5{,}20\cdot10^{-10}\,m^2/s} =$$

$$= 4{,}200\cdot10^{-10}\,m = \underline{\underline{420\ pm}}$$

Ehhez kinetika is kell (elsőrendű bomlás)!

F80. A ^{244}Bk (berkelium) izotóp bomlásakor α-részecskéket sugároz ki, amelyek azután elektronok befogásával He-atomokká alakulnak. A felezési idő 4,4 óra. Egy milligramm mintát helyeztünk el egy zárt edényben, amely az α-részecskéket nem engedi át, de egy 2,0 μm sugarú lyuk van az oldalán. Az edény térfogata 1,0 cm^3. Mekkora lesz a He-gáz nyomása az edényben 298 K-en

a. 1,0 óra,

b. 10 óra múlva?

A differenciálegyenlet-rendszer általános alakja:

$$\frac{dy_1}{dt} = A_{11}y_1 + A_{12}y_2$$

$$\frac{dy_2}{dt} = A_{21}y_1 + A_{22}y_2$$

Ennek a megoldása:

$$y_1 = C_{11}e^{-\lambda_1 t} + C_{12}e^{-\lambda_2 t}$$

$$y_2 = C_{21}e^{-\lambda_1 t} + C_{22}e^{-\lambda_2 t}$$

ahol λ_1 és λ_2 az $\begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{vmatrix}$ mátrix sajátértékei és a $C_{11} - C_{22}$ értékek olyan konstansok, amiket az A értékei és a kezdeti feltételek ismeretében adhatunk meg.

Elsőrendű reakció:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = 4{,}4 \text{ óra} = 15840 \text{ s}$$

$$k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 4{,}3759 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

$$pV = nRT = nN_A k_B T = N k_B T$$

$$p = \frac{N k_B T}{V}$$

$$-\frac{dN_{Bk}}{dt} = k \cdot N_{Bk} \longrightarrow N_{Bk} = N_0 \cdot e^{-kt}$$

$$\frac{dN_{He}}{dt} = k \cdot N_{Bk} - \frac{pA_0}{(2\pi m k_B T)^{1/2}} = kN_0 e^{-kt} - \frac{N_{He} k_B T A_0}{V(2\pi m k_B T)^{1/2}} =$$

$$= kN_0 e^{-kt} - \mathcal{L} N_{He} \quad \text{ahol} \quad \mathcal{L} = \frac{A_0}{V} \cdot \left(\frac{k_B T}{2\pi m}\right)^{1/2}$$

differenciálegyenlet-rendszer

$$\left.\begin{aligned} \frac{dN_{Bk}}{dt} &= -kN_{Bk} + 0 \cdot N_{He} \\ \frac{dN_{He}}{dt} &= kN_{Bk} - \mathcal{L}N_{He} \end{aligned}\right\} \begin{aligned} &\text{Tehát } y_1 = N_{Bk};\ y_2 = N_{He}; \\ &\begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -k & 0 \\ k & -\mathcal{L} \end{vmatrix};\ \lambda_1 = -k;\ \lambda_2 = -\mathcal{L}; \\ &C_{11} = N_0;\ C_{12} = 0 \end{aligned}$$

$$N_{He} = C_{21}e^{-kt} - C_{22}e^{-\mathcal{L}t}$$

$$N_{He}(t=0) = C_{21} - C_{22} = 0 \longrightarrow C_{21} = C_{22}$$

$$\frac{dN_{He}}{d} = \frac{d\left(C_{21}e^{-kt} - C_{22}e^{-\mathcal{L}t}\right)}{dt} = -kC_{21}e^{-kt} + \mathcal{L}C_{21}e^{-\mathcal{L}t} = kN_0e^{-kt} - \mathcal{L}C_{21}e^{-kt} + \mathcal{L}C_{21}e^{-\mathcal{L}t}$$

$$-kC_{21} = kN_0 - \mathcal{L}C_{21}$$

$$C_{21} = \frac{kN_0}{\mathcal{L} - k}$$

$$N_{He} = \frac{kN_0}{\mathcal{L} - k}\left(e^{-kt} - e^{-\mathcal{L}t}\right) = \frac{kN_0}{k - \mathcal{L}}\left(e^{-\mathcal{L}t} - e^{-kt}\right)$$

Ebbe az egyenletbe kell behelyettesíteni az adatokat.

$$A_0 = r^2\pi = (2 \cdot 10^{-6})^2\pi = 1{,}2566 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$$

$$V = 1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$k_B = 1{,}38066 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$m = \frac{4 \text{ g/mol}}{6{,}022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 6{,}6423 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 6{,}6423 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\mathcal{L} = \frac{1{,}2566 \cdot 10^{-11}}{10^{-6}} \left(\frac{1{,}38066 \cdot 10^{-23} \cdot 298}{2\pi \cdot 6{,}6423 \cdot 10^{-27}}\right)^{1/2} = 3{,}945589 \cdot 10^{-3}$$

$$N_0 = \frac{0{,}001 \text{ g}}{244 \text{ g/mol}} \cdot 6{,}022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 2{,}4680 \cdot 10^{18} \text{ (db)}$$

a) $t = 3600 \text{ s} \longrightarrow N_{He} = 2{,}36449 \cdot 10^{16} \text{ db} \longrightarrow p = \underline{97{,}28 \text{ Pa}}$

b) $t = 36000 \text{ s} \longrightarrow N_{He} = 5{,}72788 \cdot 10^{15} \text{ db} \longrightarrow p = \underline{23{,}57 \text{ Pa}}$

F81. Egy fémgolyó sűrűsége 8,8 g cm^{-3}. Töltsünk az „eső golyó" viszkoziméterbe lőgyapotoldatot. A golyó 38 s alatt esik le a két jel között. A lőgyapotoldat sűrűsége 1,6 g cm^{-3}, a kinematikus viszkozitása 2,3·10^{-3} m^2 s^{-1} 20 °C-on. Egy azonos sűrűségű oldatban azonos körülmények között a golyó esési ideje 31,9 s. Számítsuk ki az oldat kinematikus viszkozitását.

$$v = \frac{h}{t} = \frac{2g}{9\eta}\left(\rho_{\text{kül.}} - \rho_{\text{foly.}}\right) r^2 \quad \text{és} \quad \nu = \frac{\eta}{\rho}$$

Ha a sűrűségek megegyeznek, akkor $\frac{\eta_1}{t_1} = \frac{\eta_2}{t_2}$

(Ha nem egyeznek a sűrűségek, akkor is $\frac{\nu_1}{t_1} = \frac{\nu_2}{t_2}$)

1: lőgyapot

2: azonos sűrűségű oldat

$$\frac{2{,}3 \cdot 10^{-3}}{38} = \frac{\nu_2}{31{,}9}$$

$$\nu_2 = \underline{\underline{1{,}931 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m^2/s}}}$$

F82. A viszkoziméterert benzollal hitelesítjük, amelynek a dinamikus viszkozitása 20,0 °C-on $6{,}47\cdot10^{-4}$ Pa s, sűrűsége 0,8794 g cm^{-3}, átfolyási ideje pedig 183 s. Az etanol sűrűsége 0,7893 g cm^{-3} 20,0 °C-on, átfolyási ideje pedig 378 s. Mekkora az etanol dinamikus viszkozitása ezen a hőmérsékleten?

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{\rho_2 t_2}{\rho_1 t_1}$$

1: benzol
2: etanol

$$\eta_2 = \frac{\rho_2 t_2 \eta_1}{\rho_1 t_1} = \frac{0{,}7893\cdot 378\cdot 6{,}47\cdot10^{-4}}{0{,}8794\cdot 183} =$$

$$= \underline{\underline{0{,}0011995 \text{ Pa s}}}$$

F83. Egy 0,1588 cm átmérőjű acélgolyó olajat tartalmazó, 2,00 cm átmérőjű csőben 15,0 cm-t esik 16,7 s alatt. Az olaj sűrűsége 0,96 g cm^{-3}, a golyóé 7,65 g cm^{-3}. Határozzuk meg az olaj dinamikus viszkozitását.

$r_{golyó} = 0{,}0794 \text{ cm} = 7{,}94 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

$h = 15 \text{ cm} = 0{,}15 \text{ m}$

$\rho_{foly.} = 0{,}96 \text{ g/cm}^3 = 960 \text{ kg/m}^3$

$\rho_{kül.} = 7{,}65 \text{ g/cm}^3 = 7650 \text{ kg/m}^3$

$g = 9{,}81 \text{ m/s}^2$

$$v = \frac{h}{t} = \frac{2g}{9\eta}\left(\rho_{kül.} - \rho_{foly.}\right) r^2$$

$$\eta = \frac{2gt}{9h}\left(\rho_{kül.} - \rho_{foly.}\right) r^2 = \underline{\underline{1{,}0236 \text{ Pa s}}}$$

F84. Közel gömb alakú részecskékből álló porszerű anyagot vízzel töltött edényben ülepítenek. Az anyag részecskéi 50,0 cm-es utat 1254,3 s alatt tesznek meg. Az anyag sűrűsége 20,0 °C-on 3,151 g cm^{-3}. Számítsuk ki a részecskék sugarát a Stokes-törvény alapján. A víz sűrűsége 20,0 °C-on 0,9982 g cm^{-3}, viszkozitása ugyanezen a hőmérsékleten 1,005 cP.

$$v = \frac{h}{t} = \frac{2g}{9\eta}\left(\rho_{kül.} - \rho_{foly.}\right) r^2$$

Mindent SI mértékegységben kell behelyettesíteni a képletbe:

$h = 50 \text{ cm} = 0{,}5 \text{ m}$

$\eta = 1{,}005 \text{ cP} = 1{,}005 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^{-1}\text{s}^{-1}$

$t = 1254{,}3 \text{ s}$

$\rho_{kül.} = 3{,}151 \text{ g/cm}^3 = 3151 \text{ kg/m}^3$

$\rho_{foly.} = 0{,}9982 \text{ g/cm}^3 = 998{,}2 \text{ kg/m}^3$

$$r = \sqrt{\frac{9 h \eta}{t(\rho_{kül.} - \rho_{foly.}) \cdot 2g}} = \underline{\underline{9{,}239 \cdot 10^{-6} \text{ m}}}$$

F85. A kis A keresztmetszetű, hosszú csövet oldószerrel töltjük meg, majd a cső egyik pontjába nagyon keskeny sávban n_0 anyagmennyiségű oldandó anyagot viszünk be. Az x tengely kezdőpontját az utóbbi pontba helyezzük és a tengelyt a cső tengelyével párhuzamosan vesszük fel. A bevitt anyag diffúziós szétterjedését ekkor a

$$c(x,t) = \frac{n_0}{A\sqrt{4\pi Dt}} e^{-x^2/4Dt}$$

képlet írja le, ahol c a diffundáló anyagfajta koncentrációja, x a térkoordináta, t az idő, D a pedig a diffúziós együttható. Legyen x_0 rögzített hely a cső mentén. Mutassuk meg, hogy az x_0-beli megfigyelő a koncentráció fokozatos időbeli növekedését, majd csökkenését méri. Hogyan használható fel ez a jelenség D meghatározására?

	$t=0$	$t=\infty$-ben vett határérték	között
$e^{-\frac{x_0^2}{4Dt}}$	0	1	0 – 1
$\frac{n_0}{A\sqrt{4\pi Dt}}$	∞	0	∞ – 0
Teljes $c(x,t)$ függvény	0	0	pozitív

Maximumhoz tartozó idő: t_{max}. Ezt kell mérni.

$$0 = \frac{dc(x_0,t)}{dt} = \frac{n_0}{A\sqrt{4\pi Dt}} e^{-\frac{x_0^2}{4Dt}} \cdot \frac{x_0^2}{4Dt^2} - \frac{n_0}{2At\sqrt{4\pi Dt}} \cdot e^{-\frac{x_0^2}{4Dt}}$$

$$\frac{n_0 x_0^2 e^{-\frac{x_0^2}{4Dt}}}{A\sqrt{4\pi Dt}\cdot 4Dt^2} = \frac{n_0 \cdot e^{-\frac{x_0^2}{4Dt}}}{2At\sqrt{4\pi Dt}}$$

$$\frac{x_0^2}{4Dt^2} = \frac{1}{2t}$$

$$\underline{\underline{t_{max} = \frac{x_0^2}{2D}}}$$; ebből x_0 ismeretében D kapható.

Ha több időpontban mérjük a koncentrációt, akkor a megadott függvény illeszthető, és abból D meghatározható.

Önellenőrző (igaz/hamis) tesztkérdések

T31. A hővezetés ~~impulzus~~ energia transzportot jelent. H

T32. A nehezebben folyó folyadék viszkozitása ~~kisebb~~ nagyobb. H

T33. A dinamikus (dinamikai) viszkozitás: $\nu = \eta/\rho$, ahol η a (dinamikai) viszkozitás, ρ pedig a sűrűség. I

T34. A diffúzió során a közeg nem mozog, a konvekció során pedig mozog. I

T35. A diffúziós áramsűrűség az x irányban (Fick I. törvénye) $J_x = -D\dfrac{\partial c}{\partial x}$, ahol D a diffúziós együttható, a tört pedig a c koncentráció x koordináta szerinti parciális deriváltja. I

T36. A diffúzió parciális differenciálegyenlete (Fick II. törvénye) $\dfrac{\partial c}{\partial t} = D\dfrac{\partial^2 c}{\partial x^2}$, amennyiben a diffundáló anyagnak sem forrása, sem pedig nyelője nincs a közegben. Itt c a diffundáló anyag koncentrációja; D a diffúziós együttható; t az idő, x pedig az x koordináta. I

T37. A hővezetés parciális differenciálegyenlete alakilag pontosan megegyezik a diffúzióéval, csupán c helyére kell T-t írni, D helyére pedig egy másik (rendszerint a^2 jelölésű) állandót. I

T38. A hővezetés során a mozgó közeg szállítja az energiát. H

T39. A hőáramlás vagy hőkonvekció során a közeg nem mozog, csak a hő áramlik gyorsabban benne, mint a hővezetésnél. H

T40. Az x irányú hőáram sűrűsége $J_x = -\kappa\dfrac{\partial^2 T}{\partial x^2}$, ahol T az abszolút hőmérséklet, x az x koordináta, κ a hővezetési együttható (tényező), a tört pedig a T hőmérséklet x koordináta szerinti második deriváltja. H

T41. A kinetikus gázelméletből tökéletes gázra: $D = \dfrac{1}{3}\lambda\bar{c}$, ahol D a diffúziós együttható, λ a közepes szabad úthossz, $\bar{c}$ pedig a részecskék átlagos koncentrációja. I

T42. A kinetikus gázelméletből tökéletes gázra: $\kappa = \dfrac{1}{3}\lambda\bar{c}C_{V,\mathrm{m}}[\mathrm{A}]$, ahol κ a hővezetési együttható, λ a közepes szabad úthossz, $\bar{c}$ a hővezető részecskék átlagos koncentrációja, $C_{V,\mathrm{m}}$ az állandó térfogathoz tartozó moláris hőkapacitás, [A] pedig a jelen levő idegen (hígító) anyag koncentrációja. I

T43. A kinetikus gázelméletből tökéletes gázra: $\eta = \dfrac{1}{3}M\lambda\bar{c}[\mathrm{A}]$, ahol η a viszkozitás, M a gáz moláris tömege, λ a közepes szabad úthossz, $\bar{c}$ a részecskék átlagos sebessége, [A] pedig a részecskék koncentrációja. I

T44. A diffúziós együtthatóra $D = \dfrac{kT}{6\pi\eta r}$, ahol k a Boltzmann-állandó, T a hőmérséklet, η a közeg viszkozitása, r pedig a diffundáló részecske (alkalmasan értelmezett) sugara. I

T45. Anyu kinyitja a konyhaajtót, s a távoli szobában apu *máris* érzi a finom ebéd illatát. A konyha és a szoba között főként a diffúzió szállítja az illatanyagokat. H

A diffúzió lassú!