7.7 Kolikrát se molekula N_2 srazí s jinou molekulou N_2 za 1 s při: $T = 300\,K$ a 1 atm tlaku?

~~Kolikrát s O_2 a s CO_2?~~

Jaká je střední volná dráha N_2?

Průměr N_2 je $d = 218\,pm = 2.18 \times 10^{-10}\,m$

$$\langle v_r \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi \mu}}$$

$$\mu = \frac{28}{2.28} = 14\,g\,mol^{-1}$$

$$\langle v_r \rangle = \left(\frac{8 \times 1.38 \times 10^{-23}\,J\,K^{-1} \cdot 300\,K}{3.14 \times 2.32 \times 10^{-26}\,kg} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \underline{673\ m/s}$$

$$\lambda = \frac{14}{N_A}$$

$$\lambda = 2.32 \times 10^{-23}\,g$$

$$\lambda = 2.32 \times 10^{-26}\,kg$$

$[F = ma] = kg\,m\,s^{-2}$

$[E] = kg\,m^2 s^{-2}$

$$n^* = \frac{n N_A}{V} = \frac{p}{kT} = \frac{101\,325}{1.38 \times 10^{-23} \cdot 300} = 2.45 \times 10^{25}\,m^{-3}$$

$pV = nRT \qquad R = k N_A$

$pV = nk N_A T$

$$\frac{p}{kT} = \frac{n N_A}{V}$$

$$\left[\frac{kg\,m\,s^{-2}\,m^{-2}}{kg\,m^2 s^{-2}} \right] = m^{-3}$$

$$Z_1 = \pi d^2 \langle v_r \rangle n_1^* = 3.14 \cdot (218 \times 10^{-12}\,m^2) \cdot 673\,m\,s^{-1} \cdot (2.45 \times 10^{25}\,m^{-3})\ s^{-1}$$

$\langle v_r \rangle = \sqrt{2}\,\langle v \rangle$

$$= 2.46 \times 10^9 \text{ srážek za } s^{-1}$$

$$\lambda = \frac{\langle v \rangle}{Z_1} = \frac{\langle v_r \rangle}{\sqrt{2}\,Z_1} = \frac{673\ m\,s^{-1}}{\sqrt{2} \times 2.46 \times 10^9\,s^{-1}} = 1.93 \times 10^{-7}\,m$$

Kolika-dsobek průměru N_2 to je? 888 - Celkem prázdný termální market.

1.7 rozšíření příkladu

Máme N_2 při 1 atm a T = 300 K.

Kolik srážek v 1 m^3 dojde?

$$Z_{11} = \frac{z}{2} Z_1 n_1^* = 0.5 \times 2.45 \times 10^{25}\ m^{-3} \cdot 2.46 \times 10^9 =$$

$$= 3.01 \times 10^{34}\ m^{-3} s^{-1}$$

Uvažujme pozemskou atmosféru s objemovými procenty 78.08 % N_2, 20.946 O_2, 0.934 % Ar a 0.0413 % CO_2.

Jak často se srazí 2 molekuly N_2, 2 mol O_2, N_2 s O_2? Považujeme molekulové průměry za při T = 300 K totožné.

$$n^* = 2.45 \times 10^{25}\ m^{-3} \quad \ldots \quad 1$$

$$n^*_{N_2} = 1.91 \times 10^{25}\ m^{-3} \qquad 0.7808$$

$$n^*_{O_2} = 5.12 \times 10^{24}\ m^{-3} \qquad 0.20946$$

N_2 se srazí s N_2

$$Z_{N_2} = \pi d^2 \langle v_r \rangle n^*_{N_2} = 3.14 \times 673 \times (2.18 \times 10^{-32})^2 \times 1.91 \times 10^{25} = 1.92 \times 10^9\ s^{-1}$$

$$\langle v_r \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi \mu}} = 652\ m s^{-1} \qquad \mu = \frac{28 \times 32}{(28+32)} = 14.93 \ldots N_a$$

$$\times \ldots 1$$

$$\mu = 2.479 \times 10^{-26}\ kg$$

N_2 s srazí s O_2

$$Z_{O_2} = \pi d^2 \langle v_r \rangle n^*_{O_2} = 4.99 \times 10^8\ s^{-1}$$

Jak často se srazí O_2 s N_2

$$z_{O_2 s N_2} = \pi d^2 \langle v_r \rangle n^*_{N_2} =$$

$$= 1.86 \times 10^9 \ s^{-1}$$

9.

Jak často se srazí O_2 s O_2

$$z_{O_2 s O_2} = \pi d^2 \langle v_r \rangle n^*_1 = 4.99 \times 10^8 \ s^{-1}$$

7.6

Jak často se srazí NO s O_3 při 300K jestliže výskyt v 1 atmosféře každého z plynů je 0.2 ppm a když průměry molekul jsou 300 a 375 pm.

$$Z_{12} = \pi b_{max}^2 \langle v_r \rangle n_1^* n_2^*$$

$$\langle v_r \rangle = \left(\frac{8kT}{\pi \sigma} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$n^* = \frac{n \cdot N_A}{V}$$

$$pV = nRT$$

$$\frac{p}{RT} = \frac{n}{V}$$

$375 \cdot 2 = 187.5$

$r_1 = 150$ pm $\quad r_2 = 187.5$

$$b_{max} = r_1 + r_2 = \underline{337.5 \text{ pm}}$$

$$R = k N_A$$

$$\frac{p}{kT} = \frac{n}{V} \cdot N_A$$

Total number density

$$n^* = \frac{n \cdot N_A}{V} = \frac{p}{kT} = \frac{101325}{1.38 \times 10^{-23} \cdot 300} =$$

1 atm ... 1.01325×10^6 Pa

N/m^2

$k = 1.38 \times 10^{-23}$ J·K^{-1}

$F = m \cdot a \quad [F] = kg\ m\ s^{-2}$

$E = m c^2 \quad [E] = kg\ m^2 s^{-2}$

$$= 2.45 \times 10^{25} \ \frac{kg\ m\ s^{-2} \cdot m^{-2}}{kg\ m^2 s^{-2}} = \underline{2.45 \times 10^{25}\ m^{-3}}$$

ppm 1 in 1000000

$= 2.45 \times 10^{22}\ l = 2.45 \times 10^{22}\ dm^{-3}$

0.2 fm ... 10^{6}

x ... $2.45 \times 10^{25}\ m^{-3}$

$x = 4.89 \times 10^{18}\ m^{-3}$

$$\langle v_r \rangle = \left(\frac{8kT}{\pi \mu} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{8 \times 1.38 \times 10^{-23}\ J\,K^{-1} \cdot 300\ K}{3.14 \cdot 3.065 \times 10^{-26}} \right)^{\frac{1}{2}} =$$

$$= 586.7\ m \cdot s^{-1}$$

$M(NO) = 14 + 16 = 30\ g \cdot mol^{-1}$

$M(O_3) = 48\ g \cdot mol^{-1}$

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} = \frac{30 \cdot 48}{30 + 48} = \frac{240}{13} = 18.46\ g \cdot mol^{-1}$$

18.46 g ... 1 kg

x ... 1

$x = 3.065 \times 10^{-23}\ kg$

$3.065 \times 10^{-26}\ kg$

$$Z_{12} = \pi\, b_{max}^2 \langle v_r \rangle n_1^* n_2^*$$

$$Z_{12} = 3.1415 \times \left(337.5 \times 10^{-12}\ m\right)^2 \cdot 586.7\ m \cdot s^{-1} \cdot \left(4.89 \times 10^{18}\ m^{-3}\right)^2 =$$

$$= 5.02 \times 10^{21}\ s^{-1}\ m^{-3} \leftarrow \left(\frac{m^3\ s^{-1}}{m^{-6}} \right)$$

Spočítejte viskozitu kyslíku při 288 K.

$M(O_2) = 32.00\ g \cdot mol^{-1}$ ..... N_A

x 1

$x = \frac{32}{N_A} = 5.314 \times 10^{-23} g$

$\langle c \rangle = 437\ m\ s^{-1}$

$m = 5,314 \times 10^{-26}\ kg$

$d = 3.61\ \text{Å} = 3.61 \times 10^{-10}\ m$

m

$$\eta = \frac{m\langle c \rangle}{3\sqrt{2}\,\pi\, d^2} = 1.34 \times 10^{-5}\ kg\ m^{-1}\ s^{-1}$$

Vypočítejte střední kvadratickou vzdálenost po kterou molekula naftalenu za jeden den pohne v lihovém roztoku

$D = 1.5 \times 10^{-6}\ m^2 s^{-1}$

Jde o 3 rozměrný problém: $\langle r^2 \rangle = \langle x^2 \rangle + \langle y^2 \rangle + \langle z^2 \rangle$

$= 3 \langle z^2 \rangle$

$1\ d = 24 \times 60^2\ s = 8.64 \times 10^4\ s$

$z_{rms} = \sqrt{2Dt}$ $\quad \langle z^2 \rangle = 2Dt$

$\langle r^2 \rangle = 3 \langle z^2 \rangle = 3 \times 2Dt =$

$= 6 \cdot 1.5 \times 10^{-6}\ m^2 s^{-1}\ 8.64 \times 10^4\ s =$

$= 7.8 \times 10^{-1}\ m^2 = 0.78\ m^2$

$\langle r_{rms} \rangle = \underline{0.88\ m}$