

$$U = BF$$

сфера $B = \frac{1}{6\pi\eta R}$ - подвижность
 η - вязкость

зн. диффузия - Смолвудовская, B - подвижность

$$t \gg \tau_B$$

$$\overline{x^2} = 2Dt - 1\text{-мерная}$$

при временах больших

$$\overline{x^2} + \overline{y^2} = 4Dt$$

средний квадрат

$$\overline{r^2} = 6Dt$$

смещения

$$D = kTB$$

T30 $B = 10 \text{ мкм}$

$$\eta = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$D = kTB = \frac{kT}{6\pi\eta R} \approx 10^{-12} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

T31 HCN сместится в ℓ и 10 см

$$\lambda \sim 10^{-5} \text{ м}, T = 300 \text{ К}$$

корреляция - 273

$$D = \frac{1}{3} \bar{v} \lambda = 0,16 \text{ м}^2/\text{с}$$

$$t = \frac{\ell^2}{6D} = 104 \text{ с}$$

T33 $d = 1 \text{ см}, T = 300 \text{ К}$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\mu\pi}} = 476 \text{ м/с}$$

$$D = \frac{1}{3} \lambda \bar{v} \approx \frac{1}{3} d \bar{v}$$



падем, придем, отменим

мелкие разб. газа по трубе

при $\lambda \gg d$

процес примерно аналог. диффузия с $\lambda \approx d$

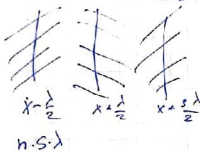
$\frac{T_3}{D}$ $r = 4 \text{ c}$ $\lambda = 0,5 \mu$ ~~$\frac{\lambda}{r}$~~
 длина свет. волны

① Огнкомерный случай



$$j = j_1 - j_2 = \frac{1}{2} \frac{(N(x - \frac{\lambda}{2}) - N(x + \frac{\lambda}{2}))}{S \cdot \lambda} =$$

$$= - \frac{N(x - \frac{\lambda}{2}) - N(x + \frac{\lambda}{2})}{2 S \cdot \lambda} = - \frac{S \cdot \lambda \frac{dn}{dx} \cdot \lambda}{2 S \cdot \lambda} =$$



$$= - \frac{\lambda^2}{2 \lambda} \frac{dn}{dx}$$

$$j = - D \frac{dn}{dx}$$

$$D = + \frac{\lambda^2}{2 \lambda}$$

$$\boxed{\lambda^2 = 2 D \lambda}$$

2-е условие: $\lambda^2 = 4 D \lambda$ как в 3-е условие. Скорее всего

$$D = \frac{\lambda^2}{4 \lambda}$$

$$\Delta r^2 = 4 D \lambda$$

$$D = 1,56 \cdot 10^{-10} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\sqrt{\Delta r^2} = 2 \sqrt{D \lambda} = 15 \mu$$

$$t = 1 \text{ мс}$$

$$\overline{\Delta r^2} = \lambda$$

$$\Delta r^2 = \lambda$$

$$10.92$$

$$n = 10^{-10} \text{ c}$$

$$\angle r^2 >$$

$$\text{оп-ся Скорость}$$



$$T = 500 \text{ K}$$

$$\frac{1}{r^2}$$

$$B = \frac{L}{6 \pi \eta R} \quad (1)$$

$$\beta = 0,9 \text{ c/m}^2$$

$$\eta = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

$$U = B \cdot m g \Rightarrow r = \frac{h}{8 \pi m g} \quad (2)$$

$$r^2 = r_x^2 + r_y^2 = 2 D \lambda + 2 D \lambda = 4 D \lambda \quad (2) = 4 k T B \lambda =$$

$$\sqrt{r^2} = 2 \sqrt{D \lambda} = 2 \sqrt{\frac{k T h}{m g}} = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ см}$$

$$4 k T B \frac{1}{8 \pi m g} = \frac{4 k T h}{m g}$$

до-на ёмкост (ушко Re)

$$Re \approx 2$$

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м} \gg \lambda$$

$$Re = \frac{\rho U R}{\eta} = \frac{\rho m g}{\eta 6 \pi \eta R} R = \frac{\rho h g}{6 \pi \eta^2} = 0,14 \ll 1$$

→ применим

10.8.2/83

Дрейфова скорость



$$U = BF$$

U - дрейфова скорость

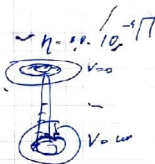
10.8.2/83.

у.?



$$\omega = 50 \pi \text{ рад/с}$$

$$f = 100 \text{ г/см}^2$$



момент $F_{\text{др}}$.



$$dF_{\text{др}}(r) dr$$

$$dM_{\text{др}}(r) = dF_{\text{др}}(r) \cdot r = \eta \left| \frac{du}{dr} \right| \cdot r \cdot 2\pi r dr$$

$$\frac{2\pi \eta \omega}{h} r^3 dr$$

Момент $F_{\text{др}}$:

$$2\pi \eta \omega h \int_0^R r^3 dr$$

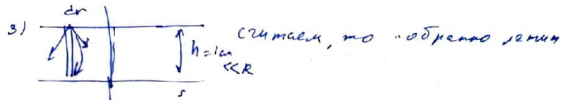
$$M_{\text{др}} = \frac{\pi \eta \omega R^4}{2h}$$

$$M_{\text{др}} = -M_{\text{грав}} = F \varphi_1$$

$$\varphi_1 = \frac{\pi \eta \omega R^4}{2 h f} = 1,41 \text{ рад} \approx 81^\circ$$

10.83. $v = 45 \text{ км/с}$

1) если бы процесс столкновения был как от обр. магн. не перегибается бы



$$dN = \frac{1}{4} n \sqrt{2\pi} r dr = \frac{\pi}{2} \frac{r^2}{2} n V R dr$$

углов повн. кривизны $m v^2 \omega$ — м.м. и м.п.

$$dM_{TP}(r) = m r^2 \omega dN = \frac{\pi}{2} n V r^3 \omega m dr$$

$$M_{TP} = \frac{\pi}{2} n V \omega m \int_0^R r^3 dr = \frac{\pi}{8} n V \omega m R^4$$

$$M_{TP} = -M_{гир} = \frac{1}{2} \varphi_2 \Rightarrow \varphi_2 = \frac{\pi n m V \omega R^4}{8 f}$$

$$P = \frac{2}{3} n \bar{\epsilon}_{ном.} \quad \bar{\epsilon}_{ном.} = \frac{2}{3} \hbar^m$$

$$\frac{2}{3} n \frac{m v^2}{2} = \frac{1}{3} m n v^2 = 3P$$

$$m n = \frac{3P}{v^2} \Rightarrow \varphi_2 = \frac{3\pi \omega R^4 P}{8 v f} \approx 0,12 \text{ рад} \approx 1^\circ$$

или $\varphi_2 = \frac{3}{4} \lambda \varphi_1$

более грубо оценимо:

10.82.

$$l = \frac{1}{3} \lambda \bar{V} \Rightarrow \eta^* = \frac{1}{3} \hbar V_P$$

$$\bar{V} = V$$

$$l \rightarrow \hbar$$

эгоцентри. крив. вращен

$$\varphi_2 = \frac{\pi V n m \omega R^4}{8 f} = \frac{3\pi P \omega R^4}{28 f v}$$

теплопроводность



$$\kappa = \frac{1}{3} \lambda \underbrace{\underbrace{\bar{v}}_{\sim \sqrt{T}} \underbrace{C_v}_{\sim n}}_{\sim n} = \frac{C_v}{\mu}$$

$\frac{1}{n}$ \uparrow по кн. не

$$\kappa \sim \sqrt{T}$$

и не завис. от давления

$$\kappa^* \sim n \sqrt{T} \leftarrow \text{уменьшается с давлением}$$

$$\sim \frac{p}{T} \leftarrow \text{линейно} \downarrow$$

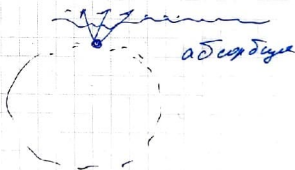
как десорбция

поверхностная энергия

у пов. на Еболого



$\sim 10^{-2} \text{ эВ}$



абсорбция

десорбция

флуктуации E

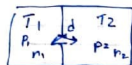
гол. энергия — отливает

Эффузия. Вакуум

Вакуум: состояние газа, при котором $\lambda \gg d$ - характер. размер
виско Кнудсена $K_n = \frac{\lambda}{d}$

Эффузия: течение газа через отверстие ссд.

Пленочная эффузия



$$1) \frac{d}{\lambda} \gg 1$$

$$P_1 = P_2$$

$$2) \frac{d}{\lambda} \ll 1$$

стат. процесс



$$V_m \sqrt{T}$$

$$\frac{1}{4} n_1 \bar{v}_1 = \frac{1}{4} n_2 \bar{v}_2$$

$$n = \frac{P}{kT}$$

$$\frac{P_1}{kT_1}$$

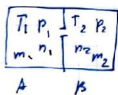
$$\frac{P_1}{kT_1} \sqrt{T_1} = \frac{P_2}{kT_2} \sqrt{T_2}$$

$$\frac{P_1}{\sqrt{T_1}} = \frac{P_2}{\sqrt{T_2}} - \text{равное давление в з-ми от T}$$

Эффузия Кнудсена

Изотермическая эффузия

$$d \ll \lambda$$



$$A \rightarrow B$$

$$j_1 = \frac{1}{4} n_1 \bar{v}_1$$

в левую

$$B \rightarrow A$$

$$j_2 = \frac{1}{4} n_2 \bar{v}_2$$

$$V_m \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$\frac{j_1}{j_2} = \frac{n_1 \bar{v}_1}{n_2 \bar{v}_2} = \frac{P_1 \sqrt{T_2} \sqrt{m_2}}{\sqrt{T_1} P_2 \sqrt{m_1}}$$

в прав. открытие

$$P_1 = P_2$$

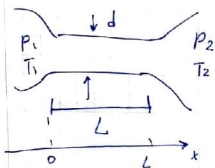
$$j_1 \sqrt{m_1} = j_2 \sqrt{m_2}$$

$$T_1 = T_2$$

плотность потока более легкой ком. больше

Эффуз. разделение изотопов

UF₆



$$\lambda \gg d$$

мерение \sim густоты зигм

$$D = \frac{1}{3} \lambda \bar{V} = \frac{1}{3} d \bar{V}$$

Формула Кругека

$$j = -D \frac{dn}{dx} = -D \frac{n_2 - n_1}{L} = D \frac{n_1 - n_2}{L} =$$

$$= \frac{2R}{3} \bar{V} \frac{n_1 - n_2}{L} \approx \frac{2R}{3} \frac{V_1 n_1 - V_2 n_2}{L}$$

$$\frac{dN}{dt} = j \pi R^2; \quad n_i = \frac{p_i}{kT_i}$$

$$\bar{V}_i = \sqrt{\frac{8kT_i}{\pi m_i}}$$

$$\frac{dN}{dt} = \frac{8R^3}{3L} \sqrt{\frac{\pi}{2mk}} \left(\frac{p_1}{\sqrt{T_1}} - \frac{p_2}{\sqrt{T_2}} \right)$$

$$T_2 = T_1; T_2 = 2T_1$$

$$\frac{p_1}{\sqrt{T_1}} = \frac{p_2}{\sqrt{T_2}} \quad \frac{p_2}{p_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{2}$$

$$10.120 \frac{n_1 \cdot \bar{V}_1}{n_2 \cdot \bar{V}_2} \cdot \frac{dV_1}{dV_2} \cdot \frac{dV_2}{dV_1} \cdot d \quad x \gg d \quad n, m \quad q-?$$

мелко-ростр.о. Максвелла

$$\text{стационарно:} \quad \frac{dN_1}{sdL} = \frac{dN_2}{sdL}$$

$$\frac{1}{4} n \bar{V}_1 \quad n - \text{в равновесии с гравит. силой}$$

$$n_1 - \text{отклоняющее по абсолютной}$$

$$n, \text{ узор.} = 2 n_1$$

$$\frac{1}{2} n_1 \bar{V}_1 = \frac{1}{2} n_2 \bar{V}_2$$

$$V \sim \sqrt{E}$$

$$n_1 \sqrt{T_1} = n_2 \sqrt{T_2} \quad (1)$$

$$n_1 + n_2 = n \quad (2) \Rightarrow \quad n_1 = \frac{\sqrt{T_2}}{\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2}} n \quad n_2 = \frac{\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2}} n$$

$$\overline{T_2} \quad \overline{\varepsilon} = 2kT$$

$$\left. \vphantom{\frac{1}{2} n_1 \overline{v}_1 \cdot 2kT_1} \right\} \Rightarrow \quad q = \frac{1}{2} n_1 \overline{v}_1 \cdot 2kT_1 - \frac{1}{2} n_2 \overline{v}_2 \cdot 2kT_2$$

перенос ε

$$q = n \sqrt{\frac{8k^3}{\pi m}} \cdot \frac{\sqrt{T_2} \sqrt{T_1} \cdot T_1 - \sqrt{T_1} \cdot \sqrt{T_2} \cdot T_2}{(\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2})} =$$

$$= n \sqrt{\frac{8k^3}{\pi m}} \sqrt{T_1 T_2} (\sqrt{T_1} - \sqrt{T_2})$$

поверхность сферы

$R \Rightarrow \lambda$ - длина волны