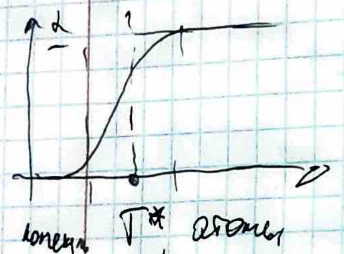
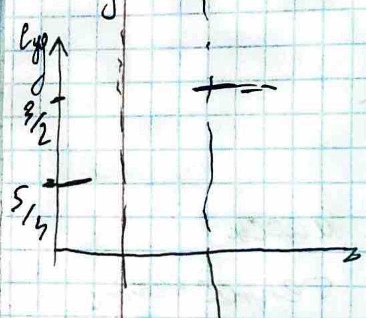
	молек	атом
Теплоёмкость на частицу:	$\frac{5}{2}(k_Б)$	$\frac{3}{2}(k_Б)$
Теплоёмкость на ед. массы:	$\frac{5}{2\cdot 2m}$	$\frac{3}{2m}$



Особенности

1. Вращ. статсумма – множитель $\frac{1}{2}$ (если. перестановки)



$$Z_{rot} = \frac{1}{2}\sum(2l+1)e^{-\frac{Bl(l+1)}{T}} =$$

$$= \frac{1}{2} + \frac{T}{B}$$

n_2 – конц молекул

n_1 – конц атомов

2. Степень диссоц

$$\alpha = \frac{n_1/2}{n_1/2 + n_2} \qquad p = (n_1 + n_2)T$$

$$n_1 = \frac{2\alpha}{1+\alpha}\frac{P}{T} \qquad n_0 = n_1 + n_2 = \frac{P}{T}$$

$$n_2 = \left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha}\right)\frac{P}{T}$$

Ф-ла диссоц. равновесия

$$\frac{n_1 n_1}{n_2} = \frac{g_1 g_1}{g_2}\left(\left(\frac{mm}{m+m}\right)\frac{T}{2\pi\hbar^2}\right)^{3/2} \cdot$$

$$\cdot\left(1 - e^{-\frac{\hbar\omega}{T}}\right)\frac{2B}{\cancel{T}}e^{-D/T}$$

Степень диссоц. гомояд. молекулы:

$$\frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} = \left(\frac{g_1^2}{g_2}\right)\left(\frac{m}{2}\frac{\cancel{T}}{2\pi\hbar^2}\right)^{3/2}\left(1 - e^{-\frac{\hbar\omega}{T}}\right).$$

$$\cdot\frac{B}{2p}e^{-D/T}$$

Внутр энергия газа на ед объёма.

$$E = n_1\frac{3}{2}(k_Б)T + n_2\left(\frac{5}{2}k_Б T + \langle E_v\rangle\right.$$

$- D]$

$$\langle \varepsilon_v \rangle = T^2 \left(\frac{\partial \ln Z_v}{\partial T} \right) = \frac{\hbar\omega}{e^{\frac{\hbar\omega}{T}} - 1}$$

ср. колеб. энерг. на молек.

$$\rho = n_1 m + n_2 \cdot 2m$$

$$n_1 = \frac{2\alpha}{1+\alpha} n_0 \quad n_2 = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} n_0 \quad n_0 = \frac{P}{T}$$

Внутр. энергия на ед. массы:

$$u = \frac{E}{\rho}$$

$$u = \frac{n_1 \frac{3}{2} T + n_2 \left[\frac{5}{2} T + \langle \varepsilon_v \rangle - D\right]}{n_1 \cdot m + n_2 \cdot 2m} =$$

$$= \frac{3\alpha n_0 T + (1-\alpha) n_0 \left(\frac{5}{2} T + \langle \varepsilon_v \rangle - D\right]}{(2\alpha m + (1-\alpha) 2m) n_0}$$

$$= \frac{1}{2m} \left[3\alpha T + (1-\alpha)\left(\frac{5}{2} T + \langle \varepsilon_v \rangle - D\right) \right]$$

Теплоёмкость ед. массы:

$$C = \frac{du}{dT}$$

$$C = \frac{1}{2m} \left(3 \frac{d\alpha}{dT} T + 3\alpha + \frac{5}{2} + \right.$$

$$+ \frac{d\varepsilon_v}{dT} - \frac{d\alpha}{dT} \frac{5}{2} T - \frac{5}{2} \alpha - \frac{d\alpha}{dT} \cdot$$

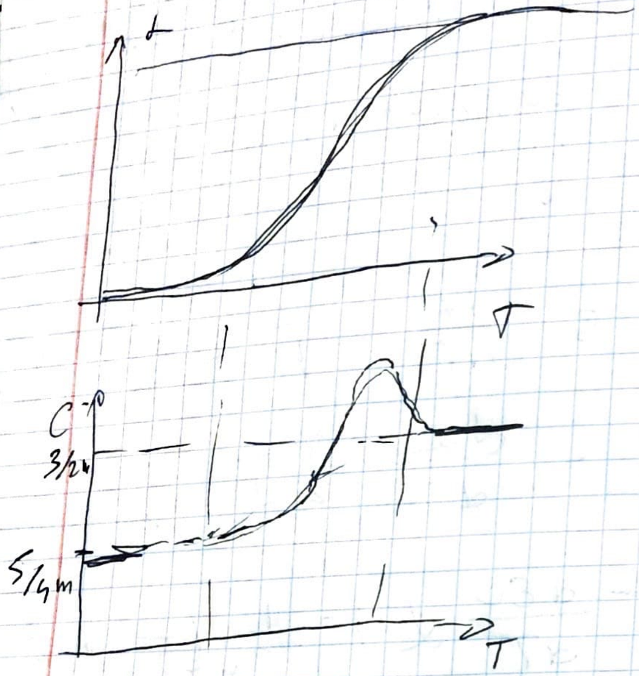
$$\left. \cdot \langle \varepsilon_v \rangle - \frac{d\varepsilon_v}{dT} \alpha \right) = \frac{1}{2m} \left[\frac{5}{2} + \frac{d\varepsilon_v}{dT} + \right.$$

$$+ \alpha \left(\frac{1}{2} - \frac{d\varepsilon_v}{dT} \right) + \frac{d\alpha}{dT} \left(3T - \right.$$

$$\left. \left. - \frac{5}{2} T - \langle \varepsilon_v \rangle \right) \right]$$

$$\alpha = 0 \quad C = \frac{1}{2m} \left(\frac{5}{2} + \frac{d\langle \varepsilon_v \rangle}{dT} \right)$$

$$\alpha = 1 \quad C = \frac{3}{2m}$$



Аналитическая оценка ст. фаз.

$$\frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} \simeq C e^{-D/T}$$

$$\frac{d\alpha}{dT} = \frac{2\alpha \frac{d\alpha}{dT}(1-\alpha^2) + 2\alpha \frac{d\alpha}{dT}\alpha^2}{(1-\alpha^2)^2} = C e^{-D/T}\left(\frac{D}{T^2}\right)$$

$$\frac{2\alpha \frac{d\alpha}{dT} - 2\alpha^3 \frac{d\alpha}{dT} + 2\alpha^3 \frac{d\alpha}{dT}}{(1-\alpha^2)^2} = \alpha\frac{D}{T^2}$$

$$\frac{d\alpha}{dT} = \frac{\alpha(1-\alpha^2)}{2}\frac{D}{T^2}$$

$$\frac{d\alpha}{dT} \simeq \alpha(1-\alpha)\frac{D}{T^2}$$

Теплоёмкость в обл. условий:

$\alpha \sim \frac{1}{2}$

$D/T \Rightarrow T \ll D$

$$C = \frac{1}{2m}\left[\left(\frac{5}{2} + \alpha\frac{\langle\varepsilon_r\rangle}{dT}\right) + \alpha\left(\frac{1}{2} - \frac{d\varepsilon_r}{dT}\right) + \alpha(\cancel{1}-\alpha)\frac{D^2}{T^2}\left(\frac{T}{2D} - \frac{\langle\varepsilon_r\rangle}{D} + 1\right)\right] \approx$$

$$\frac{T}{D} \ll 1, \quad \frac{\langle\varepsilon_r\rangle}{D} \ll 1$$

$$\sim 1 + \alpha(1-\alpha)\left(\frac{v}{c}\right)^2$$

Всплеск теплоёмкости в

обл. диссоц.

на краях эффекта нет!

Всплеск теплоёмкости из-за

разрыва хим. связей