21 Внутренняя энергия и энтропия газа Ван-дер-Ваальса.

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial u}{\partial V}\right)_T dV \overset{\text{12 билет}}{=} C_V dT + \left(T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P\right)dV, \quad \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{\nu R}{V-\nu b}$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial V}\right)_T = \frac{a\nu^2}{V^2}$$

$$du = \nu C_V dT + \frac{a\nu^2}{V^2} dV$$

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T dV, \quad \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$$

$$\nu C_V dT = \delta Q = T dS_V$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \frac{\nu C_V}{T}$$

$$\Rightarrow dS = \frac{\nu C_V}{T} dT + \frac{\nu R}{V-\nu b} dV$$

$$S - S_0 = \nu C_V \ln\frac{T}{T_0} + \nu R \ln\frac{V-\nu b}{V_0-\nu b}$$

$$\delta Q = \left[\left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial u}{\partial V}\right)_T dV\right] + p\,dV, \quad \delta Q = C\,dT$$

$$\overset{C = \text{const}}{\Longrightarrow} (C - C_V)\frac{dT}{T} - \frac{R}{V-b} dV = 0 \quad (\nu = 1)$$

$$T(V-b)^{n-1} = \text{const} \qquad n = 1 - \frac{R}{C-C_V}$$

уравнение политропы

Равновесное и неравновесное расширение газа Ван-дер-Ваальса в теплоизолированном сосуде

свободное расширение газа в вакуум:

Пусть газ находится в теплоизолированном сосуде, занимая объём V_1.
перегородку удаляют, газ получает возм-ть свободно расшириться до V_2 ($V_2 > V_1$)
Найдём изменение температуры газа после установления равновесия

$$\delta A = 0 \quad \delta Q = 0 \Rightarrow U_1 = U_2$$

$$U_1 = C_V T_1 - \frac{a}{V_1}$$

$$U_2 = C_V T_2 - \frac{a}{V_2}$$

$$\Rightarrow T_2 - T_1 = -\frac{a}{C_V}\left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2}\right) < 0$$

$\Rightarrow$ газ охлаждается: при расширении газа совершается работа против сил притяжения молекул. работа произв. за счёт кин. W молекул

обратимое адиабатическое расширение:

$$\Delta S = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p \Delta T + \left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T \Delta p = 0, \quad \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p = C_p/T, \quad \left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\Delta T}{\Delta p}\right)_S = \frac{T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}{C_p}$$