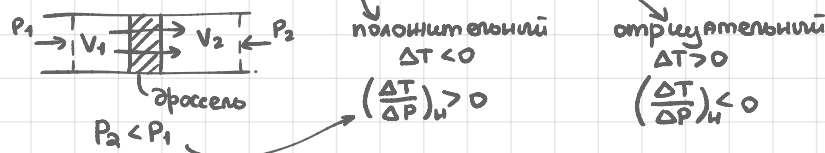


## 22) Эффект Джоуля-Томсона. Дифференциальный эффект Джоуля-Томсона для газа Ван-дер-Ваальса, температура инверсии

эффектом Джоуля-Томсона назыв. изменение температуры газа при адиабатическом дросселировании (медленном протекании газа под действием постоянного перепада давления сквозь препятствие газовой



$$A_1 = P_1 V_1$$

$$A_2 = P_2 V_2$$

$$\text{ЗСЭ: } A_1 - A_2 = (U_2 + \frac{M v_2^2}{2}) - (U_1 + \frac{M v_1^2}{2})$$

$$H_1 - H_2 = \frac{M v_2^2}{2} - \frac{M v_1^2}{2}$$

[энthalпия  $H = U + PV$ ]  
 процесс дросселирования предполагается медленным  $\Rightarrow H_1 = H_2$   
 для ид. газа  $\hookrightarrow dH = C_p dT$   
 $\downarrow$   
 $dT = 0$

(в процессе дросселирования температура ид. газа не меняется)

Дифференциальный эффект Джоуля-Томсона — эффект, реализующийся при малых перепадах давления  $\Delta P$ .

$$dH = (\frac{\partial H}{\partial T})_P dT + (\frac{\partial H}{\partial P})_T dP = 0$$

$$(\frac{dT}{dP})_u = - \frac{(\partial H / \partial P)_T}{(\partial H / \partial T)_P}$$

далее используем  $\left[ \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_P = C_p \quad \left( \frac{\partial H}{\partial P} \right)_T = T \left( \frac{\partial S}{\partial P} \right)_T + V = -T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P + V \right] \Rightarrow \left( \frac{dT}{dP} \right)_u = \frac{1}{C_p} \left( T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - V \right)$   
 $[dH = T dS + V dP]$

если  $\left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = - \frac{(\partial P / \partial T)_V}{(\partial P / \partial V)_T}$

$$\left( \frac{dT}{dP} \right)_u = - \frac{1}{C_p} \frac{T (\partial P / \partial T)_V + V (\partial P / \partial V)_T}{(\partial P / \partial V)_T}$$

для газа Ван-дер-Ваальса:

$$\left( \frac{dT}{dP} \right)_u = \frac{1}{C_p (\partial P / \partial V)_T} \left( \frac{bRT}{(V-b)^2} - \frac{2a}{V^2} \right)$$

знак эффекта меняется при температуре инверсии:

$$T_{инв} = \frac{2a}{Rb} \frac{(V-b)^2}{V^2}$$

термодин. уст-во:  
 $\left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_T < 0 \Rightarrow \begin{matrix} T < T_{инв} : \left( \frac{dT}{dP} \right)_u > 0 - \text{охлаждение} \\ T > T_{инв} : \left( \frac{dT}{dP} \right)_u < 0 - \text{нагревание} \end{matrix}$