cl. 10a – Ș 11.1-2 – Transf. generală. Ecuația termică de stare a G.I. 24.11.2020

sau Ecuația Clapeyron–Mendeleev. Ec. evoluției densității G.I.

1. Def. transf. generale a G.I.-gazului ideal.
2. Stabilirea ec. transf. generale; $p\frac{V}{T} = const.$
3. Ec. termică de stare: Clapeyron–Mendeleev; $pV = \nu RT$
4. Densitatea unui gaz (ρ), $\rho = \left(\frac{m}{V}\right) = \frac{\mu}{R}\cdot\left(\frac{p}{T}\right)$
5. Ec. de evoluție a densității; $\rho(p,T) = \rho_0\left(\frac{p}{p_0}\right)\left(\frac{T_0}{T}\right)$

---

1). Def. Un S.T.-sistem termodinamic de masă ($m; \nu = m/\mu$) efectuează o T.G.-transformare generală dacă toți parametrii săi de stare (p, V, T) se modifică în timpul procesului.

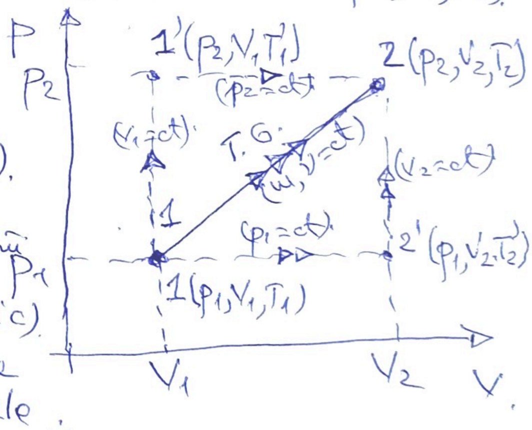
Obs. În timpul oricărui proces/transf. studiate ($m, \nu = const$) sis. termodin. este închis, adică nu-și modifică masa (m) sau ν-nr. de moli din sis.

2). Pt. stabilirea leg. T.G.-transf. generale, studiem 1 mol gaz ideal (G.I.) aflat în cond. standard/normale de presiune, $p_0 = 1\,atm = 1{,}01325\cdot10^5\,N/m^2$, (Pa) temperatură, $T_0 = 273{,}15\,K$ și $V_{\mu 0} = 22{,}42\cdot10^{-3}\,m^3/mol = 22{,}42\,m^3/Kmol$, care efectuează o transf. gen. trecând din st. $1(p_1,V_1,T_1) \rightarrow 2(p_2,V_2,T_2)$ astfel:

a). $1(p_1V_1T_1) \xrightarrow{(m,\nu=ct)} 2(p_2,V_2,T_2)$

b). $1(p_1V_1T_1) \xrightarrow{V_1=ct} 1'(p_2,V_1,T_1') \xrightarrow{p_2=ct} 2(p_2V_2T_2)$

c). $1(p_1V_1T_1) \xrightarrow{p_1=ct} 2'(p_1,V_2,T_2') \xrightarrow{V_2=ct} 2(p_2V_2T_2)$.



Obs. Deoarece în varianta a) T.G. toți parametrii se schimbă, vom alege/opta pt. variantele b) și c) care sunt alcătuite din dreptele orizontale ce constituie ($p=ct$)-transf. izobare și segmentele verticale ce constituie transf. izocore ($V=ct$), astfel:

b) $1.(p_1V_1,T_1) \xrightarrow[t.\ izocoră]{V_1=ct.} 1'(p_2,V_1,T_1') \xrightarrow[t.\ izobară]{p_2=ct} 2.(p_2,V_2,T_2)$.

ec. izobarei $\left(\frac{p_1}{T_1}\right) = \left(\frac{p_2}{T_1'}\right)$ 1) ec. izobarei: $\left(\frac{V_1}{T_1'}\right) = \left(\frac{V_2}{T_2}\right)$ 2).

Înmulțim ec.(1)·ec.(2) $\Rightarrow \left(\frac{p_1}{T_1}\right)\cdot\left(\frac{V_1}{T_1'}\right) = \left(\frac{p_2}{T_1'}\right)\cdot\left(\frac{V_2}{T_2}\right) \rightarrow \boxed{\left(\frac{p_1V_1}{T_1}\right) = \left(\frac{p_2V_2}{T_2}\right).\ (b)}$

ec. Clapeyron–Mendeleev

c) $1(p_1,V_1T_1) \xrightarrow[t.\ izobară]{p_1=ct} 2'(p_1V_2T_2') \xrightarrow[t.\ izocoră]{V_2=ct.} 2(p_2V_2T_2)$.

procedăm ca și în cazul a). Se. ec. proceselor intermediare.

identice. $1 \rightarrow 2$

ec. izobarei: $\left(\frac{V_1}{T_1}\right) = \left(\frac{V_2}{T_2'}\right)$ (3) ec. izocorei: $\left(\frac{p_1}{T_2'}\right) = \left(\frac{p_2}{T_2}\right)$ (4).

Înmulțim (3)·(4) $\rightarrow \left(\frac{V_1}{T_1}\right)\cdot\left(\frac{p_1}{T_2'}\right) = \left(\frac{V_2}{T_2'}\right)\cdot\left(\frac{p_2}{T_2}\right) \rightarrow \boxed{\left(\frac{p_1V_1}{T_1}\right) = \left(\frac{p_2V_2}{T_2}\right)\ (c)}$

Legea Clapeyron – Mendeleev (TG – transf. generală)

Într-o transf. generală (TG) a unui sistem termodinamic (ST) – închis ($m, \nu = ct$), raportul $\left(\frac{pV}{T}\right)$ rămâne constant în orice stare. ex: $\left(\frac{p_1V_1}{T_1}\right) = \left(\frac{p_2V_2}{T_2}\right)$

sau în particular $\boxed{\left(\frac{p_0V_0}{T_0}\right) = p\frac{V}{T}}$.

starea standard „0" de pres. $p_0 = 1\,atm$, $T_0 = 273{,}15\,K\ (0°C)$ și $V_0 \equiv V_{\mu_0} = 1\,mol$.

$\left(\frac{p_0V_0}{T_0}\right) \equiv \underbrace{R = 8{,}314\ J/mol\cdot K = 8314\ J/Kmol\cdot K}_{\text{constanta gazelor ideale (G.I.)}}$.

$\nu_0 = \left(\frac{m}{\mu}\right) = 1\,mol$. $= (V/V_{\mu_0}) = (N/N_A)$

atunci: $\boxed{\frac{pV_\mu}{T} = R} = \left(\frac{p_0V_0}{T_0}\right) \rightarrow \boxed{pV_\mu = \underbrace{\nu}_{=1\,mol}\cdot RT}$

3). Generalizare: $\nu \neq \nu_0 = 1\,mol \rightarrow \boxed{pV = \nu \cdot RT}$

ec. termică de stare a G.I.

Def. Ecuația termică de stare, $pV = \nu RT$, exprimă o relație de legătură între toți parametrii (ν, p, V, T) ce descriu complet starea G.I.

Obs Dacă se modifică / variază ν – nr. de moli ai unui S.T. prin pierdere / adăugare de gaz atunci ec. termică de stare se poate scrie pt. fiecare din cele două stări: înainte: $p_1V_1 = \nu_1RT_1$ – cedare.
după: $p_2V_2 = \nu_2RT_2$ – primire de gaz.

4). ρ – densitatea unui gaz.

$\boxed{\rho \stackrel{def}{=} \left(\frac{m}{V}\right)}$ Prelucrăm ec. termică de stare $pV = \nu RT$ pt. a găsi o formulă echivalentă cu densitatea gazului, ρ astfel:

$$\left.\begin{array}{l} pV = \nu RT \\ \nu = \frac{m}{\mu} \end{array}\right\} \rightarrow pV = \frac{m}{\mu}RT, \quad p\mu = \underbrace{\left(\frac{m}{V}\right)}_{\rho}RT$$

adică $p\mu = \rho\cdot RT \rightarrow \rho = \left(\frac{p\mu}{RT}\right) = \left(\frac{\mu}{R}\right)\left(\frac{p}{T}\right)$ (*) $\boxed{\rho = \frac{\mu}{R}\cdot\left(\frac{p}{T}\right)}$

(**) → dacă gazul (G.I.) este în cond. standard / normale de presiune (p_0) și temperatură (T_0) atunci $\boxed{\rho_0 = \frac{\mu}{R}\left(\frac{p_0}{T_0}\right)}$ (**) – densitatea standard (ρ_0) a gaz. în cond. normale

Combinăm / Raportăm (*)/(**) →.

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{\cancel{(\mu/R)}(p/T)}{\cancel{(\mu/R)}(p_0/T_0)} = \left(\frac{p}{p_0}\right)\cdot\left(\frac{T_0}{T}\right) \rightarrow \boxed{\rho = \rho_0\cdot\left(\frac{p}{p_0}\right)\cdot\left(\frac{T_0}{T}\right)}$$

ec. de evoluție a densității G.I. – gazului ideal.