Gradul de disociere al unui gaz ideal ale cărui molecule sunt alcătuite din *n* atomi

Particulele constituente ale corpurilor și substanțelor sunt moleculele. Moleculele oricărui corp, indiferent de starea lui de agregare, se află într-o mișcare permanentă, dezordonată, numită mișcare termică (de agitație termică).

Agitația termică nu este produsă de o cauză exterioară (este spontană), ea nu încetează niciodată și crește odată cu mărirea temperaturii.

Molecula poate fi formată din unul, doi, trei sau mai mulți atomi, identici sau diferiți (particule monoatomice, biatomice, triatomice sau poli atomice).

Sub acțiunea unor factori externi (ex. creșterea temperaturii) moleculele se pot disocia.

Definiție: *Gradul de disociere al unui gaz ideal (notat cu a) reprezintă raportul dintre numărul de molecule care au disociat in atomi și numărul inițial de molecule.*

$$\alpha = \frac{N_d}{N} = \frac{nr.\ de\, molecule\, disociate}{nr.\ total\, de\, molecule}$$

$$\alpha = \frac{N_{disociat}}{N_0} = \frac{\frac{N_{disociat}}{N_{Avogadro}}}{\frac{N_0}{N_{Avogadro}}} = \frac{\upsilon_{disociat}}{\upsilon_0} \Rightarrow \upsilon_{disociat} = \alpha\upsilon_0$$

Practic, dintr-o moleculă disociată se obțin n atomi.

Deci, $\boxed{\upsilon_{atomi} = n \cdot \upsilon_{disociat} = n \cdot \alpha \cdot \upsilon_0}$

și numărul de molecule rămase nedisociate este diferența până la numărul inițial de molecule: $\boxed{\upsilon_{molecule} = \upsilon_0 - \upsilon_{disociat} = \upsilon_0(1-\alpha)}$.

În final, numărul total de moli se află însumând cele două valori:

$\boxed{\upsilon_{total} = \upsilon_{atomi} + \upsilon_{molecule} = \upsilon_0[\alpha(n-1)+1]}$

Dacă într-un vas închis se găsește un gaz ideal biatomic și dacă în cursul unui proces are loc fenomenul de disociere, gradul de disociere fiind α, în vas vom avea un amestec de υ_1 moli de gaz monoatomic și υ_2 moli de gaz biatomic unde:

- $\upsilon_1 = \frac{2N_d}{N_A} = \frac{2\alpha N}{N_A}$ numărul de moli corespunzător moleculelor monoatomice obținute în urma disocierii
- $\upsilon_2 = \frac{N - N_d}{N_A} = \frac{N - N\alpha}{N_A} = \frac{N(1-\alpha)}{N_A}$ numărul de moli corespunzător moleculelor rămase nedisociate
- $\alpha = \frac{N_d}{N}$, $N_A =$numărul lui Avogadro

După disociere, în vas vor fi $\upsilon' = \upsilon_1 + \upsilon_2 \Rightarrow \upsilon' = \frac{N + N_d}{N_A} = \frac{N(1+\alpha)}{N_A}$

Aplicații:

1. *Un recipient conține un gaz ideal biatomic, în condiții de temperatură și presiune care pot favoriza disocierea parțială a moleculelor. Să se afle care este fracțiunea a de molecule disociate, considerând temperatura constantă, știind că, prin disociere, presiunea în recipient a crescut de k ori.*

Inițial, $p_0 V = \upsilon RT \Rightarrow p_o = \dfrac{\upsilon RT}{V}$

Prin disociere, în recipient vor fi:

$\upsilon_1 = \dfrac{2\alpha N}{N_A} = 2\alpha\upsilon$ moli de gaz monoatomic (prin disocierea celor $\alpha\upsilon$ moli), iar

$\upsilon_2 = (1-\alpha)\dfrac{N}{N_A} = (1-\alpha)\upsilon$ moli de gaz biatomic (molecule nedisociate)

$\upsilon' = \upsilon_1 + \upsilon_2$ moli de gaz

Ecuația termică de stare, după disociere, este: $pV = \upsilon' RT$

$$pV = (\upsilon_1 + \upsilon_2)RT \Rightarrow p = \frac{(1+\alpha)\upsilon RT}{V} \Rightarrow \frac{p}{p_0} = 1+\alpha \Rightarrow k = 1+\alpha \Rightarrow \alpha = k-1$$

2. *Un gaz ideal biatomic, aflat la temperatura T, are energia internă U. Prin dublarea temperaturii, o cincime din moleculele gazului se disociază. Să se afle energia internă după disociere, în funcție de energia internă a gazului aflat la temperatura T.*

Energia internă a gazului ideal este $U = \dfrac{i}{2}\upsilon RT$ (1), unde i reprezintă numărul gradelor de libertate (i=3 pentru gazul monoatomic, i=5 pentru gazul biatomic și i=6 pentru gazul poliatomic)

Inițial, pentru υ moli de gaz biatomic, $U = \dfrac{5}{2}\upsilon RT$ (2)

Energia internă fiind o mărime aditivă, $U' = U_1 + U_2 = \dfrac{3}{2}\upsilon_1 R\cdot 2T + \dfrac{5}{2}\upsilon_2 R\cdot 2T$ (3)

În final, din cantitatea $\dfrac{1}{5}\upsilon$, prin disociere, se obțin $\upsilon_1 = \dfrac{2\upsilon}{5}$ moli de gaz monoatomic și vor exista $\upsilon_2 = \dfrac{4\upsilon}{5}$ moli de gaz biatomic (nedisociat).

Înlocuind υ_1, υ_2 în ecuația (3) $\Rightarrow U' = \dfrac{3}{2}2T\dfrac{2}{5}\nu R + \dfrac{5}{2}2T\dfrac{4}{5}\nu R = \dfrac{26}{5}\nu RT$

și conform (2) $\Rightarrow U' = \dfrac{26}{5}\cdot\dfrac{2U}{5} \Rightarrow \boxed{U' = \dfrac{52U}{25}}$

3. *Jumătate din numărul de molecule ale unui gaz triatomic se disociază în atomi. Calculați exponentul adiabatic al amestecului rezultat în urma disocierii.*

α - coeficient de disociație, $\alpha = \dfrac{1}{2}$

$$\upsilon_1 = 3\alpha \frac{N}{N_A} = 3\alpha\upsilon$$

$$\upsilon_2 = (1-\alpha)\frac{N}{N_A} = (1-\alpha)\upsilon$$

$$C_{Va} = \frac{\upsilon_1 C_{V1} + \upsilon_2 C_{V2}}{\upsilon_1 + \upsilon_2} = \frac{3\alpha\upsilon C_{V1} + (1-\alpha)\upsilon C_{V2}}{\upsilon(2\alpha+1)} = \frac{R}{2}\cdot\frac{3\alpha+6}{2\alpha+1} = \frac{15}{8}R$$

Din relația Robert-Mayer:

$$C_{Pa} = C_{Va} + R = \frac{R}{2}\frac{3\alpha+6}{2\alpha+1} + R = \frac{7\alpha+8}{2\alpha+1}\frac{R}{2} = \frac{23R}{8}$$

$$\gamma = \frac{C_{Pa}}{C_{Va}} = \frac{23}{15}$$

4. Calcularea masei molare medii a unui gaz după disociere

Se cunosc: masa molară inițială a gazului, μ, tipul gazului și gradul de disociere,α.

$$\boxed{\bar{\mu} = \frac{\mu_{atomi}\upsilon_{atomi} + \mu_{molecule}\upsilon_{molecule}}{\upsilon_{atomi} + \upsilon_{molecule}} = \frac{\frac{\mu}{n}\cdot n\cdot\alpha\cdot\upsilon_0 + \mu\cdot\upsilon_0(1-\alpha)}{\upsilon_0\left[\alpha(n-1)+1\right]} = \frac{\mu}{\alpha(n-1)+1}}$$

5. *Calcularea căldurii specifice la volum constant sau la presiune constantă după disocierea moleculelor gazului ideal*

$C_\mu = c\mu$, deci la volum constant, $C_V = c_V\mu$ și la presiune constantă, $C_p = c_p\mu$

În general, căldurile molare la volum sau presiune constantă se pot calcula după formulele: $\boxed{C_V = \frac{\sum_{k=1}^{n}\upsilon_k C_{V_k}}{\sum_{k=1}^{n}\upsilon_k}}$ și analog, $\boxed{C_P = \frac{\sum_{k=1}^{n}\upsilon_k C_{P_k}}{\sum_{k=1}^{n}\upsilon_k}}$.

În particular, in cazul disocierii unui gaz ale cărui molecule sunt alcătuite din n atomi, apar 2 situații:

a) dacă gazul este *biatomic*: $C_V = \frac{R}{2}\cdot\left(1+\frac{4}{\alpha+1}\right) \Rightarrow c_V = \frac{R}{2\mu}\cdot\left(1+\frac{4}{\alpha+1}\right)$ și

$$C_P = C_V + R = \frac{R}{2}\cdot\left(1+\frac{4}{\alpha+1}\right) + R = \frac{R}{2}\left(3+\frac{4}{\alpha+1}\right) \Rightarrow c_V = \frac{R}{2\mu}\left(3+\frac{4}{\alpha+1}\right)$$

b) dacă gazul este *poliatomic*: $C_V = \frac{3R}{2}\cdot\frac{\alpha(n-2)+2}{\alpha(n-1)+1} \Rightarrow c_V = \frac{3R}{2\mu}\cdot\frac{\alpha(n-2)+2}{\alpha(n-1)+1}$ și

$$C_P = C_V + R = \frac{3R}{2}\cdot\frac{\alpha(n-2)+2}{\alpha(n-1)+1} + R = \frac{R}{2}\cdot\frac{\alpha(5n-8)+8}{\alpha(n-1)+1} \Rightarrow c_P = \frac{R}{2\mu}\cdot\frac{\alpha(5n-8)+8}{\alpha(n-1)+1}$$

Bibliografie:

Manual pentru clasa a-X-a, Editura Niculescu

Teste de fizică, Editura Politehnica Press