রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মুক্ত শক্তির পরিবর্তন (ΔG) বা Gibb's free Energy

বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক (K)

ধরি, একটি উভমুখী বিক্রিয়া নিম্নরূপ —

eq - equilibrium

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

$$K = \frac{[C]_{eq}^{c} \times [D]_{eq}^{d}}{[A]_{eq}^{a} \times [B]_{eq}^{b}} \quad [\text{সাম্যাবস্থায়}]$$

যেখানে $[A]_{eq}$, $[B]_{eq}$, $[C]_{eq}$, $[D]_{eq}$ হল সাম্যাবস্থায় যথাক্রমে [A], [B], [C], [D] এর সক্রিয় ভর।

বিক্রিয়া চলাকালীন কোনো মুহূর্তে যদি বিক্রিয়ার মুক্ত শক্তির

পরিবর্তন ΔG হয় তবে তাপগতিবিদ্যার সাহায্যে দেখানো (Thermodynamics)

যায়, $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K$

$$= \Delta G^\circ + RT \ln \frac{[C]^c \times [D]^d}{[A]^a \times [B]^b}$$ [∵ K যেকোনো মুহূর্তে পরিবর্তন]

$$= \Delta G^\circ + RT \ln Q$$ [Q = যেকোনো মুহূর্তে বিক্রিয়ার কোশেন্ট]

[ΔG° = প্রমাণ মুক্ত শক্তির পরিবর্তন]

সাম্যাবস্থায় $\Delta G = 0$ and $Q = K$ হলে -

$$\therefore 0 = \Delta G^\circ + RT \ln K$$

বা $\boxed{\Delta G^\circ = -RT \ln K}$

বা $\ln K = -\frac{\Delta G^\circ}{RT}$

বা $\boxed{K = e^{-\Delta G^\circ / RT}}$

$\boxed{\Delta G^\circ = -2.303\, RT \log K}$ [$\ln x = 2.303 \log x$]

1) $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 2D(g)$ গ্যাসীয় বিক্রিয়ার একটি 500 K উষ্ণতায় ΔG° এর মান 2 KJ/mol. ঐ উষ্ণতায় $\frac{1}{2}A(g) + B(g) \rightleftharpoons D(g)$ বিক্রিয়ার K_p এর মান নির্ণয় কর।

→ $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 2D(g)$ ... (1) ∴ $(1)^{1/2} = (2)$

$\frac{1}{2}A + B(g) \rightleftharpoons D(g)$ --- (2)

~~$\Delta G^\circ = -RT \ln K$~~

~~বা $2 = -8.314 \times 500 \times 2.303 \log K_p$~~ [যেখানে $K = K_c / K_p / K_x$]

~~বা, $K = -4.811 \times 10^{-4} \times \frac{1}{2.303 \log}$~~

~~$= -2.089 \times 10^{-4}$~~

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_p \quad [\because K = K_c / K_p / K_x]$$

বা $\ln K_p = -\dfrac{\Delta G^\circ}{RT}$

$$= -\frac{2 \times 10^3 \times J\,mol^{-1}}{8.314\,J\,mol^{-1}K^{-1} \times 500K}$$

$$= -\frac{2 \times 10^3}{8.314 \times 500}$$

$$= -0.482$$

$\log_{10} x = a$

বা $x = 10^a$

বা $2.303 \log K_p = -0.482$

বা $\log_{10} K_p = -\dfrac{0.482}{2.303}$

~~বা $K_p = -\dfrac{0.482}{2.302} \log_{10}$~~ বা, $K_p = 10^{-\frac{0.482}{2.303}}$

বা $K_p = 0.6181$

$\therefore \frac{1}{2}A(g) + B(g) \rightleftharpoons D(g)$ এর —

$K_p = \sqrt{0.6181} = 0.7861$ (Ans:)

কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের মান নির্ণয়:

$$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$$

	$PCl_5(g)$		$PCl_3(g)$	$Cl_2(g)$
প্রারম্ভিক মোলসংখ্যা:	a	1	0	0
সাম্যাবস্থায় মোলসংখ্যা:	$a-x$	$1-x$	x	x
সাম্যাবস্থায় গাঢ়ত্ব:	$\frac{a-x}{V}$	$\frac{1-x}{V}$	$\frac{x}{V}$	$\frac{x}{V}$

$$K_c = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{\frac{x}{V} \times \frac{x}{V}}{\frac{a-x}{V}}$$

$$= \frac{x^2}{V(a-x)} \;\Big/\; = \frac{x^2}{V(1-x)}$$

সাম্যাবস্থায় মোট মোলসংখ্যা $= a - x + x + x$
$= a + x$

$$K_p = \frac{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}}$$

Persial Pressure = $\frac{\text{উপাদানটির মোলসংখ্যা}}{\text{মোট মোলসংখ্যা}} \times$ মোট চাপ

$$P_{PCl_3} = \frac{x}{a+x} \times P$$

$$P_{Cl_2} = \frac{x}{a+x} \times P$$

$$P_{PCl_5} = \frac{a-x}{a+x} \times P$$

$$K_p = \frac{\left(\frac{x}{a+x} \times P\right) \times \left(\frac{x}{a+x} \times P\right)}{\left(\frac{a-x}{a+x}\right) P}$$

$$= \frac{\frac{x^2}{(a+x)^2}}{\frac{a-x}{a+x}} \times \frac{P^2}{P}$$

$$= \frac{x^2 P}{(a-x)(a+x)} = \frac{x^2 P}{a^2 - x^2}$$

1) $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO$

	N_2 +	O_2 $\rightleftharpoons$	$2NO$
প্রারম্ভিক মোলসংখ্যা:	a	b	0
সাম্যাবস্থায় মোলসংখ্যা:	$(a-x)$	$(b-x)$	$2x$
সাম্যাবস্থায় ঘনত্ব:	$\frac{a-x}{V}$	$\frac{b-x}{V}$	$\frac{2x}{V}$

$$K_c = \frac{[NO]^2}{[N_2]\,[O_2]} = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2}{\frac{a-x}{V} \times \frac{b-x}{V}} = \frac{4x^2}{(a-x)(b-x)}$$

সাম্যাবস্থায় মোট মোলসংখ্যা $= a - x + b - x + 2x$
$= a + b$

$$\therefore K_p = \frac{P_{NO}^2}{P_{N_2} \times P_{O_2}}$$

$$P_{N_2} = \frac{a-x}{a+b} \times P$$

$$P_{O_2} = \frac{b-x}{a+b} \times P$$

$$P_{NO} = \frac{2x}{a+b} \times P$$

$$\therefore K_p = \frac{\left(\frac{2x}{a+b} \times P\right)^2}{\frac{a-x}{a+b} \times \frac{b-x}{a+b} \times P^2}$$

$$= \frac{4x^2}{(a-x)(b-x)}$$

$\therefore K_c = K_p$ [যখন, $\Delta n = 0$ $\therefore K_p = K_c . RT^{\Delta n}$, $\Delta n = 2-(1+1) = 0$]

H/W

প্র? একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় $aA + bB \rightleftharpoons dC + cD$ বিক্রিয়ার সাম্যাঙ্কের মান K হলে ঐ উষ্ণতায় $maA + mbB \rightleftharpoons mdC + mcD$ বিক্রিয়ার এবং $\frac{1}{m}aA + \frac{1}{m}bB \rightleftharpoons \frac{1}{m}dC + \frac{1}{m}cD$ বিক্রিয়ার সাম্যাঙ্কের মান কত হবে?

$$aA + bB \rightleftharpoons dC + cD \quad \cdots (1)$$

$$maA + mbB \rightleftharpoons mdC + mcD \quad \cdots (2)$$

$$\frac{1}{m}aA + \frac{1}{m}bB \rightleftharpoons \frac{1}{m}dC + \frac{1}{m}cD \quad \cdots (3)$$

(1) ⇒

$$K = \frac{[C]^d [D]^c}{[A]^a [B]^b}$$

(2) ⇒

$$K_1 = \frac{[C]^{md} [D]^{mc}}{[A]^{ma} [B]^{mb}}$$

[3] ⇒

$$K_2 = \frac{[C]^{d/m}[D]^{c/m}}{[A]^{a/m}[B]^{b/m}}$$

∴ (1) ও (2) ⇒

$$\left\{\frac{[C]^d[D]^c}{[A]^a[B]^b}\right\}^m = \frac{[C]^{md}[D]^{mc}}{[A]^{ma}[B]^{mb}}$$

$$\therefore (K)^m = K_1$$

(1) ও (3) ⇒ $$\left\{\frac{[C]^d[D]^c}{[A]^a[B]^b}\right\}^{1/m} = \frac{[C]^{d/m}[D]^{c/m}}{[A]^{a/m}[B]^{b/m}}$$

$$\therefore (K)^{1/m} = K_2 \quad \text{(Ans:)}$$

3) $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ — বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক K_1 এবং $2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ — বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K_2 হলে $NO_2(g) \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_2(g) + O_2(g)$ — বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K হবে —

(a) $\frac{1}{K_1K_2}$ (b) $\frac{1}{2K_1K_2}$ (c) $\frac{1}{4K_1K_2}$ (d) $\left(\frac{1}{K_1K_2}\right)^{1/2}$

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$$

$$\therefore K_1 = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]}$$

$$2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$$

$$K_2 = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2[O_2]}$$

$$NO_2 \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_2(g) + O_2(g)$$

$$\therefore K = \frac{[N_2]^{1/2}[O_2]}{[NO_2]}$$

$$\therefore K_1K_2 = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]} \times \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2[O_2]} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2][O_2]^2}$$

বা, $$(K_1K_2)^{1/2} = \frac{[NO_2]}{[N_2]^{1/2}[O_2]} \quad \therefore K = \frac{1}{(K_1K_2)^{1/2}}$$

$$= \left(\frac{1}{K_1K_2}\right)^{1/2} \rightarrow (d)$$