

रासायनिक साम्य

प्राक्कथन

इस अध्याय में अभिक्रियाओं, अभिकारकों तथा उत्पादों के प्रकारों के बारे में अध्ययन किया जाता है। इस अध्याय में हम साम्य तथा रासायनिक साम्य की परिभाषा, द्रव्य अनुपाती क्रिया का नियम तथा सक्रिय द्रव्यमान का नियम, विभिन्न साम्य नियतांकों, ला-शातेलिये का सिद्धान्त आदि के बारे में अध्ययन करेंगे।

यह पुस्तिका इस अध्याय में उपयोग होने वाली सभी संकल्पनात्मक (theory) तथा प्रायोगिक व्याख्याओं को सम्मिलित रखती है। प्रत्येक टॉपिक की थ्योरी के साथ उदाहरण दिये गये हैं। प्रत्येक टॉपिक के थ्योरी भाग के अन्त में सभी तरह के मिश्रित (miscellaneous) साधित (solved) उदाहरण दिये हुए हैं, जो इस अध्याय की सभी संकल्पनाओं के अनुप्रयोग को स्पष्ट करते हैं।

विद्यार्थियों को सलाह दी जाती है, कि प्रत्येक विद्यार्थी इन सभी हल किये उदाहरणों को अवश्य पढ़ें तथा समझें ऐसा करने से इनसे सम्बन्धित टॉपिक को अच्छी तरह समझने में मदद मिलेगी।

अध्याय "रासायनिक साम्य" में कुल प्रश्नों की संख्या हैं

(i) अध्याय में उदाहरण	14
(ii) हल सहित उदाहरण	15
अध्याय में कुल प्रश्नों की संख्या	29

1 अभिक्रिया

एक पदार्थ का अन्य पदार्थ में परिवर्तन अभिक्रिया कहलाता है।

2 क्रियाकारक

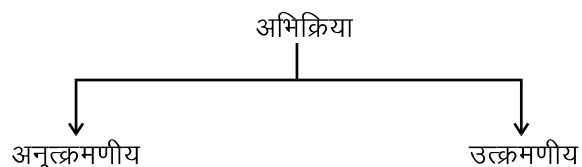
प्रारम्भिक अवस्था में प्रयुक्त रसायनों को जो अन्य में परिवर्तित होते हैं, क्रियाकारक कहलाते हैं।

3 उत्पाद

परिवर्तन के अन्तिम अवस्था में बने रसायनों को उत्पाद या क्रियाफल कहते हैं।

4 दिशा के आधार पर अभिक्रियाओं के प्रकार

दिशा के आधार पर अभिक्रियाएँ दो प्रकार की होती हैं,



4.1 अनुत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ – ऐसी अभिक्रियाएँ जिनमें बने उत्पाद पुन आपस में जुड़कर क्रियाकारक नहीं बनाते हैं उन्हें अनुत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ कहते हैं।

A. अनुत्क्रमणीय अभिक्रियाओं के गुण –

- इनमें क्रियाकारक क्रिया करके केवल उत्पाद बनाते हैं।
- अभिक्रिया केवल एक दिशा में ही होती है।
- हमेशा पूर्णता को प्राप्त करती है।
- हमेशा खुले पात्र में करवाई जाती है।
- इन प्रकार की अभिक्रियाओं में, यदि उत्पाद गैसीय है तो वे क्रियाकारी पात्र से बाहर निकल जाते हैं, तथा यदि वे ठोस अवस्था में होते हैं तो अवक्षेपित हो जाते हैं।

B. अनुत्क्रमणीय अभिक्रियाओं के उदाहरण –

- खुले पात्र में होने वाले सभी तापीय अपघटन।
- प्रबल अम्ल तथा प्रबल क्षार की सभी उदासीनीकरण अभिक्रियाएँ।
- सभी अवेक्षण अभिक्रियाएँ।
- खुले पात्र में होने वाली गैसीय अभिक्रियाएँ।

4.2 उत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ – ऐसी अभिक्रियाएँ जिनमें उत्पाद पुन: आपस में क्रिया करके क्रियाकारकों का निर्माण कर सके उन्हें उत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ कहते हैं।

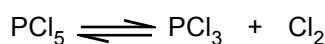
A. उत्क्रमणीय अभिक्रियाओं के गुण –

- इन सभी अभिक्रियाओं में क्रियाकारक क्रिया कर क्रियाफल तथा क्रियाफल पुन: क्रियाकारक बना देते हैं।

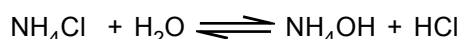
- ये अभिक्रियाएँ दोनों दिशाओं में सम्पन्न होती है।
- ये अभिक्रियाएँ प्रकृति में कभी पूर्णता प्राप्त नहीं करती।
- हमेशा बन्द पात्र में करवाई जाती है।

B. उत्क्रमणीय अभिक्रियाओं के कुछ उदाहरण –

(a) बन्द पात्र में होने वाले ताप-अपघटन

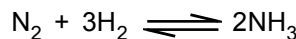
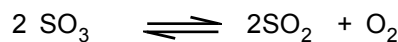
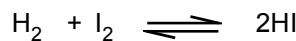
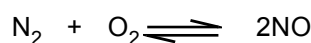


(b) प्रबल अम्ल, प्रबल क्षार के लवणों के अतिरिक्त सभी प्रकार के लवणों का लवण जल-अपघटन

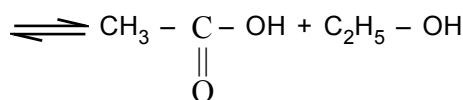
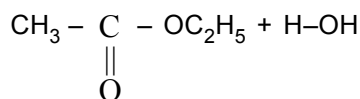


(प्रबल अम्ल + दुर्बल क्षार का लवण)

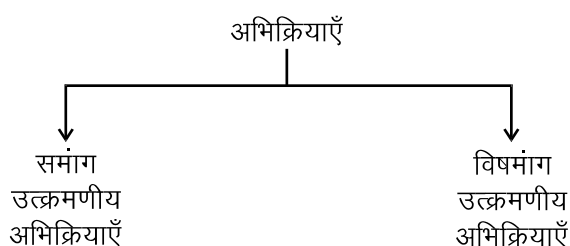
(c) बन्द पात्र में होने वाली गैसीय अभिक्रियाएँ



(d) कार्बनिक जल-अपघटन की सभी अभिक्रियाएँ

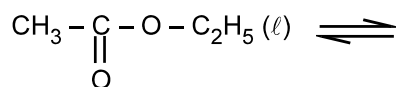
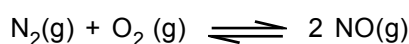


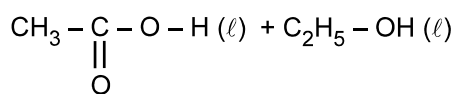
उत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ भी दो प्रकार की होती हैं –



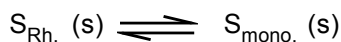
4.2.1 समांगी उत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ –

उत्क्रमणीय अभिक्रिया में यदि क्रियाकारकों तथा उत्पादों की भौतिक अवस्थाएँ समान हों तो उसे समांगी उत्क्रमणीय अभिक्रिया कहते हैं। जैसे :-



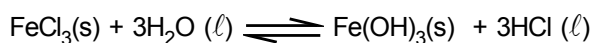


ग्रेफाइड (s) हीरा (s)



4.2.2 विषमांगी उत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ -

यदि उत्क्रमणीय अभिक्रिया के क्रियाकारकों तथा क्रियाफलों की भौतिक अवस्थाएँ भिन्न हों तो उसे विषमांगी उत्क्रमणीय अभिक्रिया कहते हैं। जैसे



5 रासायनिक साम्य (Chemical Equilibrium)

- उत्क्रमणीय अभिक्रियाओं की वह अवस्था जिसमें अग्र अभिक्रिया एवं पश्च-अभिक्रिया की दर समान होती है उसे रासायनिक साम्य कहते हैं।
- वह अवस्था जब उत्पाद बनने की दर क्रियाकारक बनने की दर के बराबर हो जाती है उसे रासायनिक साम्य कहते हैं।
- उत्क्रमणीय अभिक्रिया की वह अवस्था जिसमें क्रियाकारकों की सान्द्रता तथा क्रियाफलों की सान्द्रता नियत हो जाती है (समान होना आवश्यक नहीं), उसे रासायनिक साम्य कहते हैं।
- वह अवस्था जिसमें ऊर्जा का आदान-प्रदान शून्य होता हो उसे रासायनिक साम्य कहते हैं।

5.1 रासायनिक साम्य के लक्षण -

- यह एक गतिज साम्य है अर्थात् इस अवस्था में ऐसा प्रतीत होता है कि अभिक्रिया रुक गई है लेकिन अभिक्रिया दोनों दिशाओं में होती है।
- साम्यावस्था में अभिक्रिया दोनों दिशाओं में होती है।

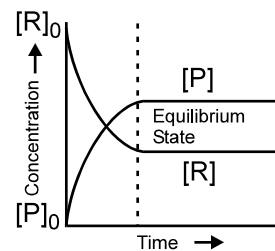
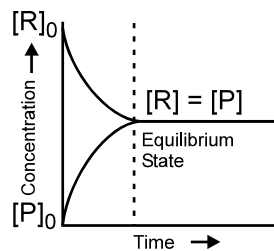
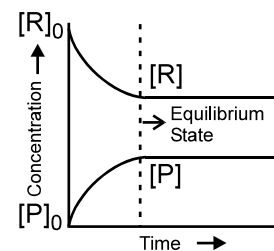
(c) साम्यावस्था में क्रियाकारक तथा क्रियाफल दोनों उपस्थित रहते हैं तथा इनकी सान्द्रता समय के साथ परिवर्तित नहीं होती है।

(d) साम्यावस्था उत्प्रेरक की उपस्थिति से प्रभावित नहीं होती है, यह (उत्प्रेरक) केवल साम्यावस्था प्राप्त होने में लगे समय को प्रभावित करती है।

(e) दाब, ताप या सान्द्रता में परिवर्तन किसी एक दिशा की अभिक्रिया को प्रेरित करता है अतः साम्य उस दिशा में स्थापित हो जाता है।

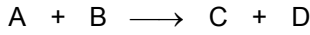
(f) साम्य पर मुक्त ऊर्जा परिवर्तन शून्य होता है।
($\Delta G = 0$)

5.2 रासायनिक साम्य का ग्राफीय प्रस्तुतीकरण -



6. द्रव्य अनुपाती क्रिया नियम :

- (a) यह नियम गुलबर्ग तथा वागे द्वारा दिया गया।
 (b) इस नियमानुसार स्थिर ताप पर क्रियाकारकों की विघटन दर तथा उत्पाद के निर्माण की दर उनके सक्रिय द्रव्यमानों के समानुपाती होती है।



$$\frac{-dA}{dt} \propto [A]$$

$$\frac{-dB}{dt} \propto [B]$$

$$\frac{dC}{dt} \propto [C]$$

$$\frac{dD}{dt} \propto [D]$$

जबकि रासायनिक अभिक्रिया की दर क्रियाकारकों के सक्रिय द्रव्यमान के गुणनफल के समानुपाती होती है।

$$r \propto [A][B]$$

$$r = K [A][B]$$

6.1 सक्रिय द्रव्यमान या सक्रियता या प्रभावी सान्द्रता या मोलर सान्द्रता -

- (a) यह पदार्थ की आणविक सान्द्रता है, जैसे - प्रति लीटर ग्राम अणुओं के (मोलों) की संख्या
 (b) इसे पदार्थ को बड़े कोष्ठक [] में बन्द करके दर्शाया जाता है।

$$\text{सक्रिय द्रव्यमान} = \text{मोलर सान्द्रता} = \frac{\text{No. of moles}}{\text{volume (in litres)}}$$

$$= \frac{\text{No. of grams of substance}}{\text{Mol. wt.} \times \text{volume (in litre)}}$$

नोट :- दोसों का सक्रिय द्रव्यमान एक होता है।

उदा. 2 लीटर आयतन में उपस्थित 4 gm H₂ का सक्रिय द्रव्यमान है

$$[H_2] = \frac{4}{2 \times 2} = 1$$

उदा. 2 लीटर आयतन में उपस्थित 14 gm N₂ का सक्रिय द्रव्यमान है

$$[N_2] = \frac{14}{28 \times 2} = \frac{1}{4}$$

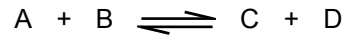
उदा. $\frac{1}{2}$ लीटर आयतन में उपस्थित 14 gm N₂ का सक्रिय द्रव्यमान है

$$[N_2] = \frac{14}{28 \times \frac{1}{2}} = \frac{14 \times 2}{28} = 1$$

नोट - द्रव्य अनुपाती क्रिया नियम केवल उत्क्रमणीय अभिक्रियाओं पर ही लागू होता है।

6.2 द्रव्य अनुपाती क्रिया नियम का गणितीय रूप -

स्थिर ताप निम्न उत्क्रमणीय अभिक्रिया लेने पर



द्रव्य अनुपाती क्रिया नियमानुसार -

अग्र अभिक्रिया की दर -

$$r_f \propto [A][B] \text{ या } r_f = K_1 [A][B]$$

जहाँ K₁ अग्र अभिक्रिया का वेग नियतांक है -

प्रतीप अभिक्रिया की दर/वेग

$$r_b \propto [C][D] \text{ या } r_b = K_2 [C][D]$$

जहाँ K₂ प्रतीप अभिक्रिया का वेग नियतांक है,

। K₁ को K_f i j :

अग्र अभिक्रिया की दर = प्रतीप अभिक्रिया की दर

$$K_1 [A][B] = K_2 [C][D]$$

$$\text{या } \frac{K_1}{K_2} = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

$$\text{या } K = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

यहाँ, K दी गई अभिक्रिया का साम्यावस्था स्थिरांक है।

6.3 द्रव्य अनुपाती क्रिया नियम के अनुप्रयोग :-

6.3.1 नाइट्रिक ऑक्साइड (NO) का निर्माण : (Δn = 0)

A. K_c की गणना :-

माना N₂ तथा O₂ की प्रारम्भिक सान्द्रता क्रमशः (a) तथा (b) है। 'X' वियोजन की मात्रा है।

	N ₂	+ O ₂	⇌	2NO
प्रारम्भिक सान्द्रता	a	b		0
साम्य पर मोल	(a-x)	(b-x)		2x
सक्रिय द्रव्यमान (mol l ⁻¹)	$\frac{(a-x)}{V}$	$\frac{(b-x)}{V}$		$\frac{2x}{V}$

यहाँ, V पात्रा का लीटर में आयतन है।

द्रव्य अनुपाती क्रिया नियमानुसार

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

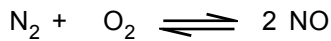
उपर्युक्त अभिक्रिया में [NO], [N₂] तथा [O₂] के मान रखने पर

$$K_C = \frac{\left(\frac{2x}{v}\right)^2}{\left(\frac{a-x}{v}\right)\left(\frac{b-x}{v}\right)}$$

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

B. K_p की गणना :-

उपर्युक्त परिस्थितियों के अतिरिक्त साम्यावस्था पर माना दाब P वायुमण्डलीय है।



प्रारम्भिक a b 0

सान्द्रता

साम्यावस्था (a-x) (b-x) 2x

पर मोल

कुल मोलों की संख्या = (a-x) + (b-x) + 2x = (a+b)

अब उपर्युक्त तीन स्पीशीज के आंशिक दाब निम्न प्रकार ज्ञात किये जाते हैं -

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

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

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

द्रव्य अनुपाती क्रिया नियम के अनुसार -

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

P_{NO} , P_{N_2} , P_{O_2} के मान उपर्युक्त K_p समीकरण में रखने पर -

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

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

6.3.2 फॉस्फोरस पेन्टा क्लोराइड का ताप-अपघटन ($\Delta n > 0$)

A. K_C की गणना - माना PCl_5 का एक मोल, V लीटर आयतन के पात्रा में लिया गया। साम्यावस्था पर इसके x मोल वियोजित होते हैं।

	PCl_5	\rightleftharpoons	PCl_3	+	Cl_2
प्रारम्भिक सान्द्रता	1		0		0
साम्यावस्था पर मोल	(1-x)		x		x

सक्रिय द्रव्यमान $\frac{1-x}{v}$ $\frac{x}{v}$ $\frac{x}{v}$

(मोल/लीटर⁻¹)

द्रव्य अनुपाती क्रिया नियमानुसार

$$K_C = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]}$$

उपर्युक्त समीकरण में मान रखने पर

$$K_C = \frac{\left(\frac{x}{v}\right)\left(\frac{x}{v}\right)}{\left(\frac{1-x}{v}\right)}$$

$$K_C = \frac{x^2}{(1-x)v}$$

K_C के सूत्रा में 'V' उपस्थित है अतः साम्य पात्रा के आयतन 'V' द्वारा प्रभावित होगा

यदि $x \ll 1$ तो $1-x = 1$

$$\text{अतः } K_C = \frac{x^2}{v}$$

$$x^2 = K_C \cdot V$$

$$x^2 \propto V$$

$$x \propto \sqrt{V}$$

यदि पात्रा का आयतन बढ़ाया जाता है तो वियोजन 'x' भी बढ़ेगा।

B. K_p की गणना -

	PCl_5	\rightleftharpoons	PCl_3	+	Cl_2
प्रारम्भिक सान्द्रता	1		0		0
साम्यावस्था पर मोल	1-x		x		x

साम्यावस्था पर (1-x) + x + x = (1+x) मोल

कुल मोल

द्रव्य अनुपाती क्रिया नियमानुसार

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

$$\text{साम्यावस्था पर } P_{PCl_3} = \frac{x \times P}{(1+x)}$$

$$P_{Cl_2} = \frac{x \times P}{(1+x)}$$

$$P_{PCl_5} = \frac{(1-x)P}{(1+x)}$$

K_p में मान रखने पर -

$$K_p = \frac{\left(\frac{x \times P}{1+x}\right)\left(\frac{x \times P}{1+x}\right)}{\frac{(1-x) \times P}{(1+x)}}$$

$$K_p = \frac{x^2 P}{1-x^2}$$

समीकरण में K_p , P से स्वतंत्रा नहीं है।

माना, $x \ll 1$ तो $1 - x^2 \approx 1$

$$K_p = x^2 P$$

$$x^2 = \frac{K_p}{P}$$

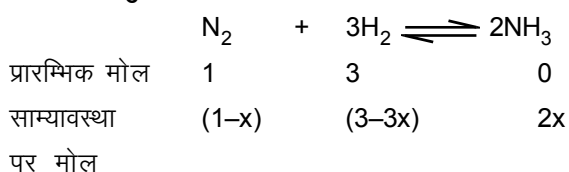
$$x^2 \propto \frac{1}{P}$$

$$x \propto \frac{1}{\sqrt{P}}$$

PCl_5 की वियोजन मात्रा दाब के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती है अतः दाब घटाने पर PCl_5 का वियोजन बढ़ता है।

6.3.3 अमोनिया का निर्माण ($\Delta n < 0$)

A. K_C की गणना :-



$$\text{सक्रिय द्रव्यमान} \quad \left(\frac{1-x}{v}\right) \quad \left(\frac{3-3x}{v}\right) \quad \left(\frac{2x}{v}\right)$$

(मोल/लीटर⁻¹)

द्रव्य अनुपाती क्रिया नियमानुसार

$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

उपर्युक्त समीकरण में मान रखने पर-

$$K_C = \frac{\left(\frac{2x}{v}\right)^2}{\left(\frac{1-x}{v}\right)\left(\frac{3-3x}{v}\right)^3}$$

$$K_C = \frac{4x^2 v^2}{(1-x)(3-3x)^3}$$

$$K_C = \frac{4x^2 v^2}{27(1-x)^4}$$

K_C के सूत्रा में 'V' उपस्थित है अतः पात्र के 'V' द्वारा साम्यावस्था प्रभावित होती है।

यदि, $x \ll 1$ तो, $(1-x)^4 \approx 1$

$$K_C = \frac{4x^2 v^2}{27}$$

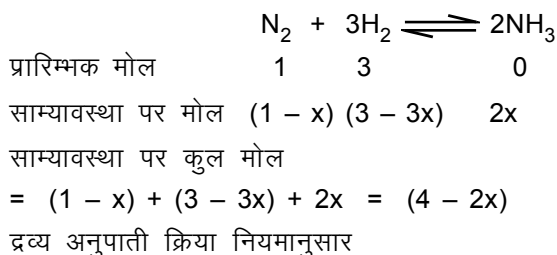
$$x^2 = \frac{K_C}{V^2}$$

$$x^2 \propto \frac{1}{V^2}$$

$$x \propto \frac{1}{V}$$

अतः यदि हम पात्र का आयतन बढ़ाते हैं तो वियोजन की मात्रा 'x' घटती है।

B. K_p की गणना :



$$K_p = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} P_{H_2}^3}$$

साम्यावस्था पर $P_{NH_3} = \frac{(2x).P}{(4-2x)}$

$$P_{N_2} = \frac{(1-x).P}{(4-2x)}$$

$$P_{H_2} = \frac{(3-3x).P}{(4-2x)}$$

K_p के समीकरण में मान रखने पर

$$K_P = \frac{\left(\frac{2x}{4-2x} \cdot P\right)^2}{\left(\frac{1-x}{4-2x} \cdot P\right)\left(\frac{3-3x}{4-2x} \cdot P\right)^3}$$

$$K_P = \frac{4x^2(4-2x)^2}{(1-x)^3(3-3x)^2P^2}$$

$$K_P = \frac{16x^2(2-x)^2}{27(1-x)^4P^2}$$

K_P की समीकरण दाब से स्वतंत्र नहीं है।

माना, $x \ll 1$ तो, $(1-x)^4 = 1$ $(2-x)^2 = 4$

$$K_P = \frac{64x^2}{27P^2}$$

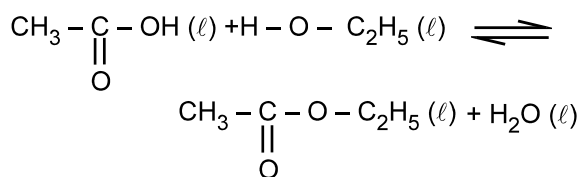
$$x^2 \propto P^2$$

$$x \propto P$$

यदि हम दाब बढ़ाते हैं तो वियोजन की मात्रा 'x' भी बढ़ती है।

6.3.4 द्रव साम्य (एस्टर का निर्माण) -

यह बर्थोलेट तथा गिल्स द्वारा दिया गया। इस अभिक्रिया में क्रियाकारक तथा क्रियाफल सभी द्रव अवस्था में हैं।



प्रारम्भिक	a	b	0	0
सान्द्रता				
सामायवस्था पर मोल	(a - x)	(b - x)	x	x
सक्रिय द्रव्यमान	$\frac{a-x}{v}$	$\frac{b-x}{v}$	$\frac{x}{v}$	$\frac{x}{v}$
(मोल लीटर ⁻¹)				

द्रव्य अनुपाती क्रिया नियमानुसार

$$K_C = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}$$

उपर्युक्त समीकरण में मान रखने पर

$$K_C = \frac{\left(\frac{x}{v}\right) \times \left(\frac{x}{v}\right)}{\left(\frac{a-x}{v}\right) \left(\frac{b-x}{v}\right)}$$

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

नोट :- K_P का मान द्रव तथा ठोस साम्य में इकाई होता है।

Examples based on द्रव्य अनुपाती क्रिया नियम पर आधारित

उदा.1 अभिक्रिया, $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ में H_2 , I_2 तथा HI की साम्य पर सान्द्रता क्रमशः 8.0, 3.0 तथा 28.0 मोल प्रति लीटर है। साम्य स्थिरांक क्या होगा -

- (A) 30.61 (B) 32.66
(C) 29.40 (D) 20.90 उत्तर [B]

हल. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$
द्रव्य अनुपाती क्रिया नियम लगाने पर -

$$K_C = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$

दिया है $[\text{H}_2] = 8.0 \text{ mol L}^{-1}$

$[\text{I}_2] = 3.0 \text{ mol L}^{-1}$

$[\text{HI}] = 28.0 \text{ mol L}^{-1}$

अतः $K_C = \frac{(28.0)^2}{(8.0) \times (3.0)} = 32.86$

उदा.2 गैसीय अभिक्रिया, $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$, के लिये H_2 तथा N_2 के आंशिक दाब क्रमशः 0.4 तथा 0.8 वायुमण्डलीय है। पूरे साम्य पात्र का कुल दाब 2.8 वायुमण्डलीय है K_P का मान क्या होगा यदि सभी सान्द्रताएँ वायुमण्डलीय में दी गई हों -

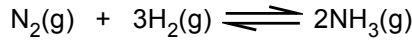
- (A) 32 atm⁻² (B) 20 atm⁻²
(C) 50 atm⁻² (D) 80 atm⁻²
उत्तर [C]

हल. $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$
साम्यावस्था पर आंशिक दाब
0.8 0.4 [2.8 - (0.8 + 0.4) = 1.6]
द्रव्य अनुपाती नियमानुसार -

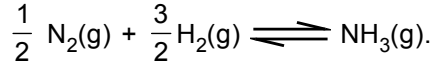
$$K_P = \frac{(P_{\text{NH}_3})^2}{(P_{\text{N}_2})(P_{\text{H}_2})^3} = \frac{1.6 \times 1.6}{0.8 \times 0.4 \times 0.4 \times 0.4}$$

$$K_P = 50 \text{ atm}^{-2}$$

उदा.3 एक मोल नाइट्रोजन तथा तीन मोल हाइड्रोजन को 4 लीटर के पात्र में मिलाया गया। यदि 0.25 प्रतिशत नाइट्रोजन निम्न अभिक्रिया द्वारा अमोनिया में परिवर्तित हो गई -



सान्द्रता मात्रक में साम्य नियतांक (K_C) क्या होगा? निम्न साम्य का मात्रक K मान क्या होगा -



- (A) $1.49 \times 10^{-5} \text{ lit mol}^{-1}$
 (B) $2.22 \times 10^{-10} \text{ lit}^2 \text{ mol}^{-2}$
 (C) $3.86 \times 10^{-3} \text{ lit mol}^{-1}$
 (D) प्रश्न अपूर्ण है

उत्तर [C]

हल. साम्यावस्था पर

$$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$$

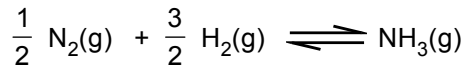
(1 - x) (3 - 3x) 2x
 (x = 0.0025)

सक्रिय द्रव्यमान $\frac{(1-0.0025)}{4} \frac{(3-0.0075)}{4} \frac{0.0050}{4}$

द्रव्य अनुपाती क्रिया नियम लगाने पर,

$$K_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = \frac{\left(\frac{0.0050}{4}\right)^2}{\left(\frac{0.9975}{4}\right)\left(\frac{2.9925}{4}\right)^3}$$

$$= 1.49 \times 10^{-5} \text{ lit}^2 \text{ mol}^{-2}$$



के लिए K_C का मान होगा $\sqrt{K_C}$ के बराबर होगा

$$K = \sqrt{K_C} = \sqrt{1.49 \times 10^{-5}}$$

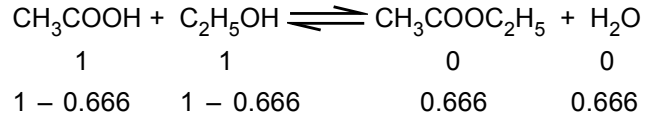
$$= 3.86 \times 10^{-3} \text{ lit mol}^{-1}$$

उदा.4 जब एथेनॉल तथा एसिटिक अम्ल की तुल्य मोलर मात्रा को मिलाया गया, 66.6% मिश्रण एथिल एसिटेट में बदल जाता है K_C ज्ञात करो। उत्पन्न एस्टर की मात्रा भी ज्ञात करो यदि एक मोल एसिटिक अम्ल को 0.5 मोल तथा 4 मोल ऐल्कोहॉल के साथ क्रमशः उपचारित किया जाता है -

- (A) 4, 0.93, 0.43 (B) 0.93, 4, 0.43
 (C) 0.43, 0.93, 4 (D) 4, 0.43, 0.93

उत्तर. [D]

हल.



$$K_C = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}$$

$$= \frac{[0.666][0.666]}{[0.333][0.333]}$$

$$= 4$$

(a) माना 1 मोल अम्ल तथा 0.5 मोल ऐल्कोहॉल x मोल एस्टर का निर्माण करते हैं, तो

$$K_C = \frac{x^2}{(1-x)(0.5-x)} \frac{x^2}{(1-x)(0.5-x)} = 4$$

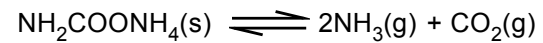
$$x = 0.43$$

(b) $K_C = \frac{x^2}{(1-x)(4-x)}$

$$\text{or } 4 = \frac{x^2}{(1-x)(4-x)}$$

$$x = 0.93$$

उदा.5 500 K पर निम्नानुसार एक मोल अमोनियम कार्बामेट का वियोजन होता है।



यदि उत्पन्न गैसों द्वारा 3.0 वायुमण्डलीय दाब लगाया जाता है तो K_P का मान है -

- (A) 7 atm (B) 3 atm (C) 4 atm (D) 8 atm

उत्तर. [C]

हल. रासायनिक साम्य का नियम लागू करने पर हमें प्राप्त होता है -

$$K_P = (P_{\text{NH}_3})^2 (P_{\text{CO}_2})$$

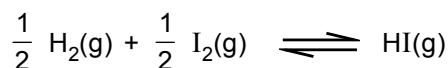
यदि कुल आयतन 3 वायुमण्डलीय है तो $\text{NH}_3(\text{g})$ तथा $\text{CO}_2(\text{g})$ के आंशिक दाब हैं -

$$[P_{\text{NH}_3}] = 3 \times \frac{2}{3} = 2 \text{ atm}$$

$$[P_{\text{CO}_2}] = 3 \times \frac{1}{3} = 1 \text{ atm}$$

$$K_P = [2.0]^2 [1.0] = 4.0 \text{ atm}$$

यदि उपर्युक्त अभिक्रिया की समीकरण को निम्न विधि से लिखा जाये -



तो इसके साम्य नियतांक का समीकरण है -

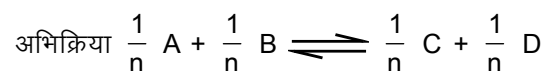
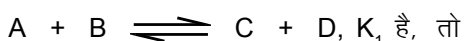
$$K_{C_2} = \frac{[\text{HI}]}{[\text{H}_2]^{1/2} [\text{I}_2]^{1/2}}$$

उपर्युक्त दोनों साम्य अभिक्रिया नियतांकों की तुलना करने पर

$$K_{C_2} = \sqrt{K_{C_1}} \quad \text{or} \quad (K_{C_1})^{1/2}$$

परिणाम - अभिक्रिया समीकरण को यदि कारक 'n' से भाजित किया जाये तो नये साम्य नियतांक का मान, पूर्व साम्य नियतांक के वर्गमूल के बराबर होता है।

उदाहरणार्थ - माना निम्न अभिक्रिया का साम्य नियतांक



के लिये K_2 साम्य नियतांक का मान $n\sqrt{K_1}$ या $(K_1)^{1/n}$ के बराबर होता है।

C. तापक्रम (Temperature) - ताप में वृद्धि ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया को अग्र दिशा में बढ़ाती है तथा ताप में कमी ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया को अग्र दिशा में बढ़ाती है अर्थात् ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया के लिये K_p तथा K_c ताप में वृद्धि के साथ घटते हैं। जबकि ऊष्माशोषी अभिक्रिया के लिये ताप में वृद्धि के साथ K_p तथा K_c का मान बढ़ता है। साम्य नियतांक में ताप के साथ इस प्रकार का बदलाव "वाण्ट हाफ" समीकरण द्वारा निम्न प्रकार दिया जाता है -

$$\log K_2 - \log K_1 = \frac{\Delta H}{2.303R} \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right]$$

$$\text{or} \quad \log \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H}{2.303R} \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right]$$

जहाँ,

$K_2 = T_2$ ताप पर साम्य नियतांक

$K_1 = T_1$ ताप पर साम्य नियतांक

$\Delta H =$ निश्चित ताप पर अभिक्रिया की ऊर्जा

$R =$ मोलर गैस नियतांक

तापक्रम के आधार पर अभिक्रियाएँ तीन प्रकार की होती हैं -

(a) एथर्मिक या अतापीय अभिक्रियाएँ, अर्थात् $-\Delta H = 0$

$$\log K_2 - \log K_1 = 0$$

$$\log K_2 = \log K_1$$

परिणाम : - इस प्रकार की अभिक्रियाओं पर ताप का प्रभाव नहीं पड़ता।

(b) ऊष्माशोषी अभिक्रिया $\Rightarrow \Delta H = (+) \text{Ve}$

$$\log K_2 - \log K_1 = (+) \text{Ve},$$

अर्थात् $K_2 > K_1$

परिणाम : - इस प्रकार की अभिक्रियाओं का ताप बढ़ाने पर साम्य नियतांक भी बढ़ता है।

(c) ऊष्माक्षेपी अभिक्रियाएँ $\Rightarrow \Delta H = (-) \text{Ve}$

$$\log K_2 - \log K_1 = (-) \text{Ve},$$

अर्थात् $K_2 < K_1$

परिणाम : - इस प्रकार की अभिक्रियाओं का ताप बढ़ाने पर साम्य नियतांक घटता है।

7.5 K_p तथा K_c का मात्रक -

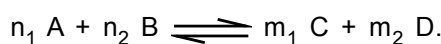
आंशिक दाब को वायुमण्डल मात्रक में मापा जाता है, अतः K_p का मात्रक (वायुमण्डल) $^{\Delta n}$ होगा

इसी तरह सान्द्रता को मोल प्रति लीटर में दर्शाया जाता है इसलिये K_c का मात्रक (मोल लीटर $^{-1}$) $^{\Delta n}$ होगा।

Value of Δn	Units of K_p	Units of K_c
0	No Unit	No unit
> 0	(atm) $^{\Delta n}$	(moles l $^{-1}$) $^{\Delta n}$
< 0	(atm) $^{\Delta n}$	(moles l $^{-1}$) $^{\Delta n}$

7.6 K_p तथा K_c में सम्बन्ध -

निम्न अभिक्रिया लेने पर



अभिक्रिया के लिये K_c का मान

$$K_c = \frac{[\text{C}]^{m_1} [\text{D}]^{m_2}}{[\text{A}]^{n_1} [\text{B}]^{n_2}}$$

गैस नियमानुसार $PV = nRT$

$$P = \left(\frac{n}{V} \right) RT \quad \dots \dots (i)$$

यहाँ $\frac{n}{V} = \frac{\text{no. of moles}}{\text{lit.}} = [] =$ सक्रिय द्रव्यमान

$$\therefore K_p = \frac{(p_C)^{m_1} (p_D)^{m_2}}{(p_A)^{n_1} (p_B)^{n_2}}$$

समीकरण (i) से 'p' का मान K_p के सूत्र में रखने पर

$$K_p = \frac{([C] RT)^{m_1} ([D] RT)^{m_2}}{([A] RT)^{n_1} ([B] RT)^{n_2}}$$

$$K_p = \frac{[C]^{m_1} [D]^{m_2} (RT)^{m_1+m_2}}{[A]^{n_1} [B]^{n_2} (RT)^{n_1+n_2}}$$

$$K_p = K_c (RT)^{(m_1+m_2)-(n_1+n_2)}$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$[\Delta n = (m_1 + m_2) - (n_1 + n_2)]$$

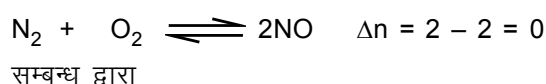
Δn = उत्पाद के मोलों की संख्या - क्रियाकारकों के मोलों की संख्या

T = परम ताप

Note : Δn की गणना में केवल गैसीय मोल शामिल होते हैं।

I. Δn के आधार पर अभिक्रियाएँ तीन प्रकार की होती हैं

(a) अभिक्रिया जिनमें $\Delta n = 0$

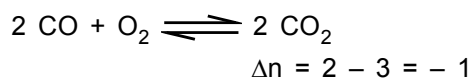


$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \quad \because \Delta n = 0$$

$$K_p = K_c (RT)^0$$

अतः $K_p = K_c$

(b) अभिक्रिया जिनमें Δn ऋणात्मक हो -



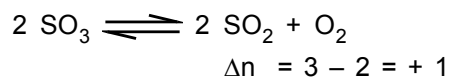
सम्बन्ध से $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$

$$K_p = K_c (RT)^{-1}$$

या $K_p = \frac{K_c}{RT}$ अर्थात् $K_p \times RT = K_c$

So, $K_c > K_p$

(c) अभिक्रिया जिनमें Δn धनात्मक हो -



सम्बन्ध से $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$

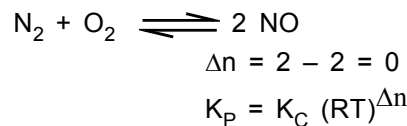
$$K_p = K_c (RT)^{+1}$$

अर्थात् $K_p = K_c \times RT$

So, $K_p > K_c$

II. दाब के मान के आधार पर भी अभिक्रियाएँ निम्न तीन प्रकार की होती हैं -

(a) अभिक्रियाएँ जिनमें $\Delta n = 0$

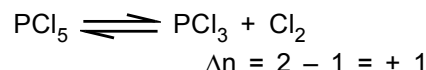


सम्बन्धानुसार

$$K_p = K_c (RT)^0 \quad \text{अर्थात् } K_p = K_c$$

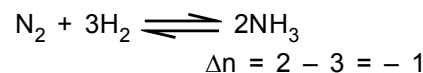
इस प्रकार की अभिक्रियाओं में दाब का कोई प्रभाव नहीं होता।

(b) अभिक्रिया जिनमें Δn धनात्मक है।



इस प्रकार की अभिक्रियाओं में दाब बढ़ाने पर वियोजन की मात्रा घटती है।

(c) अभिक्रिया जिनमें Δn ऋणात्मक है -



इस प्रकार की अभिक्रियाओं में दाब बढ़ाने पर वियोजन की मात्रा भी बढ़ती है।

Examples based on

साम्य नियतांक पर आधारित

उदा.7 700 K, पर साम्य नियतांक K_p , अभिक्रिया $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$ के लिए 1.8×10^{-3} है

इसी ताप पर K_c का संख्यात्मक मान क्या होगा -

(A) 3.09×10^{-7} mole litre⁻¹

(B) 9.03×10^{-7} mole litre⁻¹

(C) 5.05×10^{-9} mole litre⁻¹

(D) 5.05×10^{-5} mole litre⁻¹

उत्तर. [A]

हल. सम्बन्धानुसार $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$

$$\text{यहाँ } K_p = 1.80 \times 10^{-3}$$

$$K_p = \frac{1.8 \times 10^{-3}}{101.3} \text{ atm}$$

$$= 1.78 \times 10^{-5} \text{ atm}$$

$$R = 0.0821 \text{ litre atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\Delta n = 3 - 2 = 1$$

$$T = 700 \text{ K}$$

$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{1.78 \times 10^{-5}}{0.0821 \times 70}$$

$$= 3.09 \times 10^{-7} \text{ mole litre}^{-1}$$

उदा.8 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$; अभिक्रिया के लिये K_C का मान $400^\circ C$ पर 0.50 है। $400^\circ C$ पर K_P का मान क्या होगा जब सान्द्रता मोल प्रति लीटर तथा दाब वायुमण्डल में हो -

- (A) 1.64×10^{-4} (B) 2.80×10^{-6}
(C) 2.80×10^{-4} (D) 1.64×10^{-6}

उत्तर [A]

हल. सम्बन्ध लागू करने पर

$$K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$$

$$K_P = 0.50, R = 0.82 \text{ litre-atm deg}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$T(400 + 273) = 673 \text{ L } \Delta n = (2 - 4) = -2$$

$$K_P = 0.5(0.082 \times 673)^{-2}$$

$$= 0.5(55.185)^{-2} = 1.64 \times 10^{-4}$$

उदा.9 अभिक्रिया $H_2(g) + S(s) \rightleftharpoons H_2S(g)$ का साम्य नियतांक 935 K पर 18.5 तथा 1000 K पर 9.25 है। अभिक्रिया का एन्थेल्पी परिवर्तन होगा -

- (A) शून्य
(B) +ve
(C) -ve
(D) निर्धारित नहीं कर सकते

उत्तर. [C]

हल. चूँकि $(K_{\text{साम्य}})_2 < (K_{\text{साम्य}})_1$

$$\text{जबकि } T_2 > T_1$$

अतः क्रिया ऊष्माक्षेपी है।

$$\therefore \Delta H = -ve$$

उदा.10 $300^\circ C$ पर PCl_5 के विघटन का साम्य नियतांक K_C 0.0625 मोल प्रति लीटर हो तो K_P का मान होगा

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

$$\Delta n = 2 - 1 = 1$$

$$K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$$

$$= 0.0625 \times (0.082 \times 573)^1$$

$$= 2.936 \text{ atm}$$

उदा.11 अभिक्रिया $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 3C(g) + D(g)$ के लिये K_P , 0.05 वायुमण्डल है। तो 1000 K पर K_C का मान 'R' के रूप में होगा -

- (A) $\frac{5 \times 10^{-5}}{R}$ (B) $\frac{R}{5 \times 10^{-5}}$
(C) $5 \times 10^{-5} R$ (D) कोई नहीं

Ans. [A]

हल. हम जानते हैं कि -

$$K_P = K_C (RT)^{\Delta n}$$

$$\text{या } K_C = \frac{K_P}{(RT)^{\Delta n}}$$

$$\text{यहाँ } \Delta n = 4 - 3 = 1$$

$$T = 1000 \text{ K, } K_P = 0.05$$

$$K_C = \frac{0.05}{(R \times 1000)^1} = \frac{5 \times 10^{-5}}{R}$$

8. ली-शातेलिये का सिद्धान्त (LE-CHATELIER'S PRINCIPLE)

(a) इस सिद्धान्तानुसार, किसी साम्य में सान्द्रता, ताप तथा दाब में परिवर्तन पर साम्य उस दिशा में विस्थापित होता है जिसमें विस्थापन से किये गये परिवर्तन का प्रभाव नष्ट हो सके।

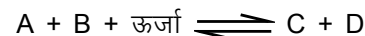
(b) यह दाब ताप तथा सान्द्रता में परिवर्तन से साम्य अभिक्रिया में परिवर्तन को समझाता है।

A. ताप में परिवर्तन का प्रभाव -

(a) यदि ताप बढ़ाया जाता है तो अभिक्रिया उस दिशा में होगी जिसमें ताप का अवशोषण होता है, ताकि परिवर्तित ताप का प्रभाव नष्ट हो जाये।

(b) नॉन-थर्मिक (अतापीय) अभिक्रिया तप्त द्वारा प्रभावित नहीं होती है।

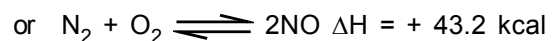
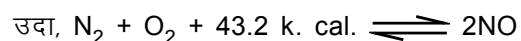
(i) ऊष्माक्षेपी अभिक्रियाएँ



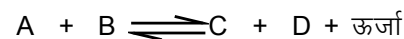
या, $A + B \rightleftharpoons C + D \quad \Delta H = (+) ve$

$$\text{यहाँ, } K = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

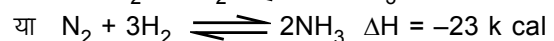
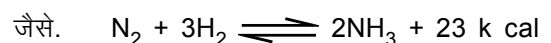
यदि हम ताप बढ़ाते हैं तो साम्य अग्र दिशा में विस्थापित होगा जिसमें ऊर्जा का अवशोषण होगा।



(ii) ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया : -



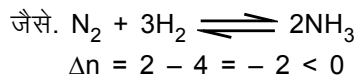
या $A + B \rightleftharpoons C + D \quad \Delta H = (-) ve$
ताप बढ़ाने पर साम्य प्रतीप दिशा में विस्थापित होता है, जिसमें ऊष्मा का अवशोषण होने से बढ़ा ताप घट जाता है।



B. दाब में वृद्धि का प्रभाव – ली-शातेलिये के नियमानुसार दाब बढ़ाने पर अभिक्रिया उस दिशा में गति करती है जिसमें दाब में कमी होती है।

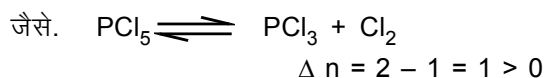
या मोल की संख्या कम होती है।

(i) दाब वृद्धि साम्य को उस दिशा में ले जाती है जिसमें अणुओं की संख्या या मोलों की संख्या में कमी होती है। अर्थात् $\Delta n < 0$.

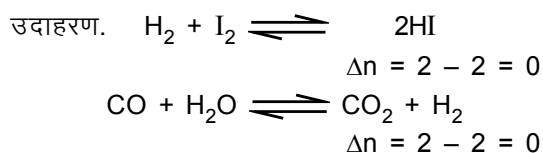


(ii) दाब में कमी साम्य को उस दिशा में ले जाती है जिसमें मोलों की संख्या बढ़ती है।

या $\Delta n > 0$



(iii) गैसीय अभिक्रिया जिसमें क्रियाकारकों या क्रियाफलों के मोलों की संख्या समान हो, पर दाब का कोई प्रभाव नहीं होता है अर्थात् $\Delta n = 0$



C. सान्द्रता में परिवर्तन का प्रभाव - यदि किसी उत्क्रमणीय अभिक्रिया में क्रियाकारकों की सान्द्रता बढ़ाई जाती है तो अभिक्रिया अग्र दिशा में बढ़ती है तथा उत्पाद की मात्रा में वृद्धि होती है। यह इस तथ्य पर आधारित है कि क्रियाकारकों की संख्या में वृद्धि के कारण क्रियाकारकों के मध्य प्रभावी संघट्ट (टक्कर) की संख्या में वृद्धि होती है अतः अभिक्रिया में उत्पाद की मात्रा बढ़ती है।

इसी तरह यदि क्रियाफलों की सान्द्रता बढ़ाई जाती है तो साम्य नियतांक बनाये रखने के लिये क्रिया कारकों की संख्या में वृद्धि होती है अतः प्रतीप दिशा में अभिक्रिया सम्पन्न होती है।

अतः निम्न निष्कर्ष निकलते हैं -

- (i) किसी भी क्रिया कारक की सान्द्रता बढ़ाये जाने पर साम्य अग्र दिशा में विस्थापित होता है।
(ii) क्रियाफलों की सान्द्रता बढ़ाये जाने पर साम्य प्रतीप दिशा में विस्थापित होता है।

Note : केवल गैसीय पदार्थों की सान्द्रता में वृद्धि या कमी साम्य को प्रभावित करती है।

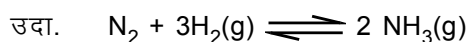
D. उत्प्रेरक की उपस्थिति का प्रभाव – उत्प्रेरक की उपस्थिति साम्य को प्रभावित नहीं करती है क्योंकि उत्प्रेरक साम्य के अग्र तथा प्रतीप दोनों दिशाओं के वेग को समान रूप से बढ़ा देता है अर्थात् उत्प्रेरक साम्य को तीव्रता से प्राप्त करने में सहायता करता है।

E. अक्रिय गैस का योग – स्थिर दाब पर किसी साम्य में अक्रिय गैस का मिलाना निम्न प्रभाव दर्शाता है।

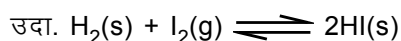
(i) उस प्रक्रम में जिसमें $\Delta n > 0$, है में स्थिर दाब पर अक्रिय गैस मिलाने पर पूरे प्रक्रम का दाब बढ़ता है उत्पादो तथा क्रियाकारकों की मोलर सान्द्रता घटती है तथा क्रियाकारकों का वियोजन घटता है।



(ii) उस प्रक्रम में जिसमें $\Delta n < 0$, है में स्थिर दाब पर अक्रिय गैस मिलाने पर साम्य प्रतीप दिशा में विस्थापित होता है।



(iii) उस प्रक्रम के लिये जिसमें $\Delta n = 0$, है में स्थिर दाब पर अक्रिय गैस मिलाने पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता।



(iv) स्थिर आयतन पर अक्रिय गैस मिलाने पर साम्य अवस्था पर कोई प्रभाव नहीं होता है।

8.1 भौतिक साम्य पर ली-शातेलिये के सिद्धान्त के अनुप्रयोग-

A. बर्फ का पिघलना -

$H_2O(s)$	$H_2O(l)$
बर्फ का	जल का
उच्च आयतन	निम्न आयतन

जब हम दाब बढ़ाते हैं, साम्य उस दिशा में विस्थापित होता है जिस दिशा में आयतन कम होता है अर्थात् दाब बढ़ाने पर अधिक बर्फ जल में पिघलेगी यानि बर्फ का गलनांक दाब में वृद्धि से घटता है।

B. द्रव का वाष्पीकरण -

$H_2O(l)$	\rightleftharpoons	$H_2O(g)$
जल		वाष्प
कम आयतन		अधिक आयतन

द्रव का वाष्पन प्रकृति में ऊष्माशोषी प्रक्रम है अर्थात् द्रव का वाष्प में वाष्पन ऊष्मा के अवशोषण द्वारा पूर्ण होता है। अतः ताप में वृद्धि वाष्पन को बढ़ाती है। दूसरी तरफ दाब बढ़ाने पर साम्य कम आयतन की तरफ गति करता है अर्थात् जल, वाष्प में परिवर्तित नहीं होता तथा क्वथनांक बढ़ता है।

C. गन्धक का पिघलना -

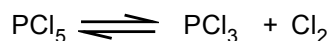
गन्धक _(s)	गन्धक _(l)
कम आयतन	अधिक आयतन

दाब बढ़ाने पर साम्य कम आयतन की तरफ बढ़ता है यानि ठोस द्रव में नहीं बदलेगा अर्थात् गंधक का गलनांक बढ़ेगा।

9. वाष्प घनत्व निर्धारण द्वारा वियोजन की मात्रा की गणना

इस प्रकार की अभिक्रियाओं जिसमें वियोजन के पश्चात मोल की संख्या बदल जाती है, ये वाष्प घनत्व निर्धारण द्वारा वियोजन की मात्रा ज्ञात की जाती है।

निम्न अभिक्रिया के लिये -



प्रारम्भिक मोल 1 0 0

साम्यावस्था पर मोल (1 - α) α α

(यहाँ 'α' वियोजन की मात्रा है)

साम्यावस्था पर कुल मोलों की संख्या

$$= (1 - \alpha) + \alpha + \alpha = (1 + \alpha)$$

अब 'V' एक मोल PCl₅(s) द्वारा प्रयुक्त आयतन है जिसका वियोजन पूर्व वाष्प घनत्व 'D' तथा वियोजन के बाद वाष्प घनत्व 'd' है। अतः समान परिस्थितियों में (1 + α) मोल द्वारा साम्यावस्था पर घिरा आयतन (1 + α) V लीटर होगा।

अतः घनत्व $\propto \frac{1}{V}$

इसलिये $D \propto \frac{1}{V}$

$$d \propto \frac{1}{(1 + \alpha)V}$$

या $\frac{D}{d} = \frac{\frac{1}{V}}{\frac{1}{(1 + \alpha)V}} = (1 + \alpha)$

या $\alpha = \frac{D}{d} - 1 = \frac{D - d}{d}$

या $\alpha = \frac{D - d}{(n - 1)d}$

नोट - जब एक मोल क्रियाकारक वियोजन पर 'n' मोल गैसीय उत्पाद देता है तो उपर्युक्त समीकरण निम्न रूप

में हो जाती है।

$$\alpha = \frac{D - d}{(n - 1)d}$$

घनत्व निर्धारण द्वारा वियोजन की

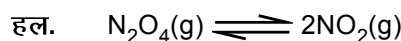
Examples based on

मात्रा की गणना पर आधारित

उदा.12 किसी ताप पर N₂O₄ का वाष्प घनत्व 30 है इस

ताप पर N₂O₄ का प्रतिशत वियोजन होगा -

- (A) 55.5% (B) 60%
(C) 70% (D) 53.3% उत्तर [D]



N₂O₄ का मोलर द्रव्यमान = (28 + 64) = 92

वाष्प घनत्व, $D = \frac{92}{6} = 46$

माना 'x' वियोजन की मात्रा है तो सम्बन्ध लगाने पर दिया हुआ है

$$x = \frac{D - d}{d} = \frac{(46 - 30)}{30} = \frac{16}{30} = 0.533$$

वियोजन की मात्रा = **53.3%**

उदा.13 यदि PCl_5 523 K ताप पर 80% वियोजित होता है तो 523 K पर साम्य मिश्रण के वाष्प घनत्व की गणना करो -

- (A) 75.9 (B) 57.9
(C) 97.5 (D) 95.7

उत्तर [B]

हल. वाष्प घनत्व $\text{PCl}_5 = \frac{\text{M.W. of PCl}_5}{2}$
 $= \frac{208.5}{2} = 104.25$

सूत्र लगाने पर,

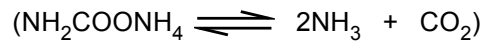
$$0.8 = \frac{104.25 - d}{(2 - 1)d}$$

$$0.8d = 104.25 - d$$

$$1.8d = 104.25$$

$$d = \frac{104.25}{1.8} = 57.9$$

उदा.14 अमोनियम कार्बामेट को 200°C पर गर्म करने पर यह गैसों का मिश्रण देता है, जिसका वाष्प घनत्व 13.0 है -



अमोनियम कार्बामेट की वियोजन मात्रा होगी

- (A) 1 (B) 2
(C) 3 (D) 4 उत्तर [A]

हल. वियोजन पूर्व अमोनियम कार्बामेट का वाष्प घनत्व

$$(D) = \frac{\text{Mol. wt.}}{2} = \frac{78}{2} = 39$$

वियोजन के बाद वाष्प घनत्व (d) = 13.0 (दिया गया है)

$$\text{अब, } \alpha = \frac{D - d}{(n - 1)d} = \frac{39 - 13}{(3 - 1) \times 13}$$

$$= \frac{26}{26} = 1 \quad \text{i.e. } \alpha = 1$$

अतः अमोनियम कार्बामेट 100% वियोजित हो जाता है

हल सहित उदाहरण

उदा.1 एक बंद पात्र में निम्न अभिक्रिया होती है –
 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$
 यदि पात्र का आयतन आधा कर दिया जावे तो –
 (A) अग्र व प्रतीप अभिक्रियाओं की गति समान रहेगी
 (B) साम्यावस्था विस्थापित नहीं होगी
 (C) साम्यावस्था दायीं ओर विस्थापित होगी
 (D) अग्र अभिक्रिया की गति प्रतीप से दुगुनी हो जायेगी तथा साम्यावस्था दायीं ओर विस्थापित होगी।

उत्तर [D]

हल. (D)
 अभिक्रिया
 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$
 में तीन मोल (या आयतन) क्रियाकारक दो मोल उत्पाद बनाते हैं अर्थात् आयतन में कमी हो रही है अतः पात्र का आयतन आधा कर दिया जावे तो साम्य दायीं ओर विस्थापित होगा अतः उत्पाद अधिक बनेंगे तथा अग्र अभिक्रिया की गति बढ़ेगी जो कि प्रतीप की दुगुनी होगी।

उदा.2 अभिक्रिया $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$
 में जब 46g of I_2 व 1g of H_2 को 450°C , पर साम्यावस्था तक गर्म किया जाता है तो मिश्रण में 1.9g I_2 उपस्थित है। बताइये कि साम्यावस्था पर कितने मोल I_2 व HI उपस्थित होंगे –

- (A) 0.0075 तथा 0.147 मोल
 (B) 0.0050 तथा 0.147 मोल
 (C) 0.0075 तथा 0.347 मोल
 (D) 0.0052 तथा 0.347 मोल

उत्तर [C]

हल. (C)
 I_2 के प्रारम्भिक मोल = $\frac{46}{254} = 0.181$
 H_2 के प्रारम्भिक मोल = $\frac{1}{2} = 0.5$
 I_2 के शेष मोल = $\frac{1.9}{254} = 0.0075$
 I_2 के काम आये मोल = $0.181 - 0.0075 = 0.1735$
 H_2 के काम आये मोल = 0.1735
 H_2 के शेष मोल $0.5 - 0.1735 = 0.3265$
 HI के बनने वाले मोल = $0.1735 \times 2 = 0.347$
 साम्य पर
 I_2 के मोल = 0.0075 मोल
 HI के मोल = 0.347 मोल

उदा.3 दो लीटर फ्लास्क में 1.4 ग्राम नाइट्रोजन तथा 1.0 ग्राम हाइड्रोजन है। नाइट्रोजन तथा हाइड्रोजन के सक्रिय द्रव्यमान का अनुपात होगा –

- (A) 1 : 3
 (B) 1 : 5
 (C) 1.4 : 1
 (D) 1 : 10

उत्तर [D]

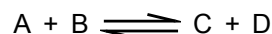
हल. (D)

$$[\text{N}_2] = \frac{1.4}{28 \times 2}, [\text{H}_2] = \frac{1}{2 \times 2}$$

$$[\text{N}_2] : [\text{H}_2] = \frac{1}{40} : \frac{1}{4}$$

$$= 1 : 10$$

उदा.4 निम्न अभिक्रिया



में A की प्रारम्भिक सांद्रता B की प्रारम्भिक सांद्रता की दुगुनी है। साम्यवस्था पर B की सांद्रता C की सांद्रता की एक तिहाई पायी गयी। साम्यवस्था स्थिरांक का मान होगा –

- (A) 1.8
 (B) 1.008
 (C) 0.0028
 (D) 0.08

उत्तर [A]

हल. (A)

A	+	B	\rightleftharpoons	C	+	D	
1		0.5		0		0	प्रारंभ में
1-x		0.5-x		x		x	साम्य पर

$$(0.5 - x) = 1/3 x$$

या $x = 1.5 - 3x$

$$4x = 1.5$$

$$x = \frac{1.5}{4} = 0.375$$

$$K_C = \frac{x \times x}{(1-x)(0.5-x)}$$

$$= \frac{0.375 \times 0.375}{(1-0.375) \times (0.5-0.375)}$$

$$= \frac{0.375 \times 0.375}{0.625 \times 0.125}$$

$$= 1.8$$

उदा.5 अभिक्रिया $\text{A} + 3\text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$ के लिए 400°C ताप पर K_C का मान 0.5 है। K_P का मान परिकलित कीजिए।

- (A) 1.64×10^{-4}
 (B) 1.64×10^{-6}
 (C) 1.64×10^{-5}
 (D) 1.64×10^{-3}

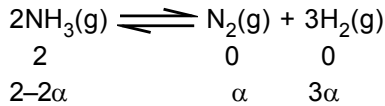
उत्तर [A]

हल. (A)
 $K_p = K_c [RT]^{\Delta n}$ $\Delta n = 2 - 4 = -2$
 $T = 673K$, $K_c = 0.5$,
 $R = 0.082$ लीटर. वायुमण्डल.
 $K_p = 0.5 \times (0.082 \times 673)^{-2}$
 $= 1.64 \times 10^{-4}$ वायुमण्डल

उदा.6 पहले से ही निर्वासित 1 लीटर पात्र में 2 मोल अमोनिया गैस को निर्वासित किया गया। उच्च ताप पर गैस का आंशिक वियोजन निम्नानुसार होता है
 $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$
साम्य पर 1 मोल अमोनिया पाई गई। 'K' का मान बताइए -

- (A) $3/4 = 0.75 \text{ mol}^2 \ell^{-2}$
 (B) $3/2 = 1.5 \text{ mol}^2 \ell^{-2}$
 (C) $27/16 = 1.7 \text{ mol}^2 \ell^{-2}$
 (D) $27/64 = 0.42 \text{ mol}^2 \ell^{-2}$ उत्तर [C]

हल. (C)
माना α वियोजन मात्रा है :
अतः

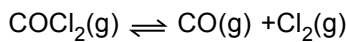


प्रश्नानुसार : $[NH_3] = 2 - 2\alpha = 1$
 or $\alpha = 1/2$

$$[N_2] = \frac{1}{2}, [H_2] = \frac{3}{2}, [NH_3] = 1$$

$$\begin{aligned} \therefore K &= \frac{[N_2][H_2]^3}{[NH_3]^2} \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{3}{2} \times \frac{3}{2} \times \frac{3}{2} \\ &= \frac{27}{16} \\ &= 1.7 \text{ mol}^2 \ell^{-2} \end{aligned}$$

उदा.7 2 लीटर पात्र में निम्न अभिक्रिया होती है -



साम्य पर $[COCl_2] = 0.4$ है। यदि तन्त्रा में $COCl_2$ आधिक्य में डाली जाये तो साम्य पुनः स्थापित हो जाता है व $[COCl_2] = 1.6$ हो जाती है तो $[CO]$ की नई साम्य सान्द्रता हो जाएगी -

- (A) पहले से आधी
 (B) पहले से तिगुनी
 (C) अपरिवर्तित
 (D) पहले की दुगुनी

उत्तर [D]

हल. (D)
 $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$
 $\frac{[CO][Cl_2]}{[COCl_2]} = K_c$

माना $[CO] = x$, तब $[Cl_2] = x$

$$\therefore \frac{x^2}{[COCl_2]} = K_c \text{ या } \frac{x^2}{0.4} = K_c$$

K_c अपरिवर्तित रहता है

$$= \frac{x^2}{0.4} = \frac{[CO][Cl_2]}{[COCl_2]}$$

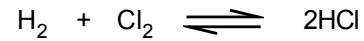
अतः $\frac{x^2}{0.4} = \frac{[CO]^2}{1.6}$; $\{[CO] = [Cl]\}$
 $x^2 \times 4 = [CO]^2$
 $2x = [CO]$

उदा.8 चार ग्राम हाइड्रोजन 9.023×10^{23} क्लोरीन के अणु से अभिक्रिया करके HCl गैस बनाता है। अभिक्रिया के पश्चात् कुल दाब 700 मिमी. है। HCl का आंशिक दाब होगा -

- (A) 3900 मिमी. (B) 600 मिमी.
 (C) 700 मिमी. (D) 350 मिमी.

उत्तर [B]

हल. (B)



प्रारंभ में $\frac{4}{2}$ $\frac{9.023 \times 10^{23}}{6.02 \times 10^{23}}$ 0

प्रारंभ में 2 $\approx \frac{3}{2}$ 0

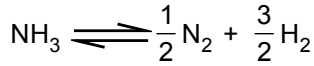
अभिक्रिया के पश्चात् $\frac{3}{2}$ मोल Cl_2 , $\frac{3}{2}$ मोल H_2 से

अभिक्रिया करके $\frac{3}{2} \times 2 = 3.0$ मोल HCl गैस बनायेंगे।

अभिक्रिया में कुल मोल = $\left(2 - \frac{3}{2}\right) + 0 + 3 = 3.5$

HCl का आंशिक दाब = $\frac{3 \times 700}{3.5}$
 $= 600$ मिमी.

उदा.9 $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ के लिए साम्यवास्था स्थिरांक का मान 16 है। बताइए



के लिए साम्य स्थिरांक का मान होगा -

- (A) 0.25 (B) 0.4
(C) 2 (D) 0.625 उत्तर [A]

हल. (A) मुख्य अभिक्रिया का साम्य स्थिरांक $K = 16$ है।

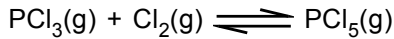
अभिक्रिया : $NH_3 \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2$; के लिए

साम्य स्थिरांक K' का मान है,

(नई क्रिया = मुख्य क्रिया को पलटकर $\times \frac{1}{2}$)

$$K' = \frac{1}{\sqrt{K}} = \frac{1}{\sqrt{16}} = \frac{1}{4} = 0.25$$

उदा.10 एक मोल $PCl_3(g)$, 2.0 मोल $Cl_2(g)$ तीन लीटर क्षमता वाले पात्रा में रखे गए तथा 400K तक गर्म किया गया। साम्य स्थापित हो जाने पर $PCl_3(g)$ के 0.7 मोल पाये गए। अभिक्रिया :

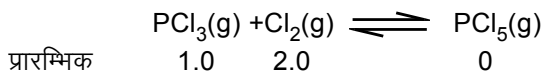


के लिए 400 K पर साम्य स्थिरांक का मान होगा-

- (A) 0.25 (B) 1.31
(C) 0.76 (D) 2.6

उत्तर. [C]

हल. (C)



प्रारम्भिक सान्द्रता
साम्य सान्द्रता

1.0	2.0	0
0.7	1.7	0.3

$$K_C = \frac{0.3/3}{0.7/3 \times 1.7/3} = \frac{0.3 \times 3}{0.7 \times 1.7} = 0.76$$

उदा.11 अभिक्रिया $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$, के लिए साम्य पर PCl_5 , PCl_3 एवं Cl_2 प्रत्येक के 2 मोल पाये गये। यदि कुल दाब 3 वायुमण्डल हो तो साम्य स्थिरांक K_P का मान होगा -

- (A) 1 वायुमण्डल (B) 2 वायुमण्डल
(C) 3 वायुमण्डल (D) 1.5 वायुमण्डल

उत्तर [A]

हल. (A)

कुल मोल = 2 + 2 + 2 = 6

$$P_{PCl_3} = \frac{2}{6} \times 3, P_{PCl_5} = \frac{2}{6} \times 3, P_{Cl_2} = \frac{2}{6} \times 3$$

$$K_P = \frac{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} = \frac{1 \times 1}{1} = 1 \text{ वायुमण्डल}$$

उदा.12 अभिक्रिया $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ का साम्य स्थिरांक 9.0 है। HI के वियोजन की मात्रा होगी -

- (A) 2 (B) 2/5
(C) 5/2 (D) 1/2

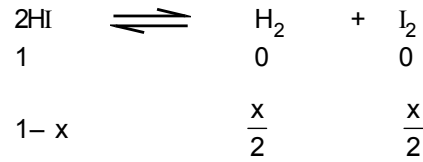
उत्तर [B]

हल. (B)

अभिक्रिया $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ का साम्य स्थिरांक = 9.0

∴ अभिक्रिया HI अर्थात् $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$ का साम्य

स्थिरांक $\frac{1}{9}$



$$K_C = \frac{x}{2} \times \frac{x}{2} \frac{1}{(1-x)} \times \frac{1}{(1-x)}$$

$$\frac{1}{9} = \frac{x^2}{2 \times 2(1-x)^2};$$

$$\frac{1}{3} = \frac{x}{2(1-x)}$$

or $2 - 2x = 3x$
 $5x = 2$
 $x = 2/5$

$$K_C = \frac{x}{2} \times \frac{x}{2} \frac{1}{(1-x)} \times \frac{1}{(1-x)}$$

$$\frac{1}{9} = \frac{x^2}{2 \times 2(1-x)^2};$$

$$\frac{1}{3} = \frac{x}{2(1-x)}$$

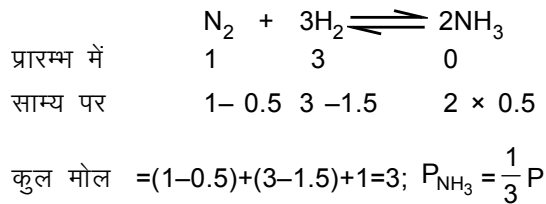
या $2 - 2x = 3x$
 $5x = 2$
 $x = \frac{2}{5}$

उदा.13 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3$ अभिक्रिया के लिए $N_2 : H_2$ का मोल अनुपात 1 : 3 लिया गया। साम्य पर पहुँचने पर प्रत्येक का 50% अभिकृत हो चुका है। यदि साम्य पर कुल दाब P हो तो NH_3 का आंशिक दाब होगा -

- (A) $\frac{P}{3}$ (B) $\frac{P}{6}$
 (C) $\frac{P}{4}$ (D) $\frac{P}{8}$

उत्तर [A]

हल. (A)

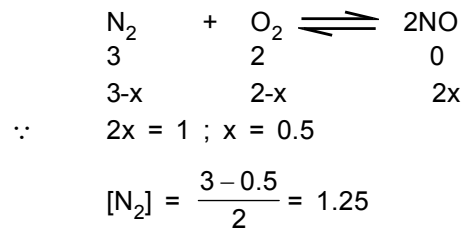


उदा.14 2 लीटर क्षमता वाले पात्र में 3 मोल N_2 , 2 मोल O_2 से क्रिया कर 1 मोल NO बनाते हैं, बताइए साम्य पर N_2 की सान्द्रता होगी-

- (A) 1.25 (B) 1.50
 (C) 0.75 (D) 2.0

उत्तर [A]

हल. (A)

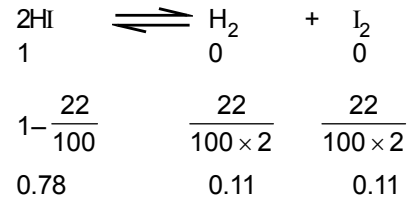


उदा.15 HI को एक बंद पात्र में साम्य स्थापित होने तक $440^\circ C$ पर गर्म किया गया। HI का 22% वियोजन पाया गया। वियोजन के लिए साम्य स्थिरांक है -
 (A) 0.282 (B) 0.0786
 (C) 0.0199 (D) 1.99

उत्तर [C]

हल. (C)

HI के वियोजन का साम्य निम्न प्रकार होगा -



$$K_C = \frac{0.11 \times 0.11}{0.78 \times 0.78} \approx 0.0199$$