

साम्यावस्था

इस अध्याय के सभी महत्वपूर्ण प्रश्न – उत्तर सहित। पहले खुद हल करने की कोशिश करो, फिर उत्तर मिलाओ।

अभ्यास प्रश्न-उत्तर (हर टॉपिक से)

» साम्यावस्था की अवधारणा और गतिक प्रकृति

प्रश्न 1 (आसान). क्या साम्यावस्था में रासायनिक अभिक्रियाएं रुक जाती हैं?

उत्तर – नहीं, वे दोनों दिशाओं में समान दर से चलती रहती हैं।

प्रश्न 2 (आसान). साम्यावस्था में अभिकारकों और उत्पादों की सांद्रता में क्या बदलाव होता है?

उत्तर – उनकी सांद्रता स्थिर हो जाती है, उसमें कोई बदलाव नहीं होता।

प्रश्न 3 (मध्यम). साम्यावस्था को 'गतिक' क्यों कहा जाता है?

उत्तर – क्योंकि अभिक्रियाएं विपरीत दिशाओं में लगातार समान दर से चलती रहती हैं, भले ही बाहर से कोई शुद्ध परिवर्तन न दिखे।

प्रश्न 4 (कठिन). साम्यावस्था केवल बंद प्रणालियों (closed systems) में ही क्यों स्थापित हो सकती है?

उत्तर – खुली प्रणाली में उत्पाद या अभिकारक बाहर निकल सकते हैं, जिससे अभिक्रियाओं की दरें बराबर नहीं हो पातीं और साम्यावस्था नहीं बन पाती।

» भौतिक प्रक्रियों में साम्यावस्था

प्रश्न 5 (आसान). जब एक बंद डिब्बे में कपूर रखा जाता है, तो कपूर की गंध पूरे डिब्बे में फैल जाती है और फिर रुक जाती है। यहाँ कौन सी साम्यावस्था स्थापित होती है?

उत्तर – ठोस-वाष्प साम्यावस्था (Solid-Vapour Equilibrium)

प्रश्न 6 (आसान). पानी का वाष्प दाब किस बात पर निर्भर करता है?

उत्तर – तापमान (Temperature)

प्रश्न 7 (मध्यम). यदि आप खुले बर्तन में पानी उबाल रहे हैं, तो क्या पानी और वाष्प के बीच साम्यावस्था स्थापित हो सकती है? कारण बताएँ।

उत्तर – नहीं, खुले बर्तन में साम्यावस्था स्थापित नहीं हो सकती क्योंकि वाष्प हवा में फैल जाती है और संघनन की दर वाष्पन की दर से कम रहती है, जिससे सारा पानी वाष्पित हो जाता है।

प्रश्न 8 (कठिन). एक 'संतृप्त विलयन' (saturated solution) में, ठोस विलेय के घुलने और क्रिस्टल बनने की दरें कैसी होती हैं?

उत्तर – एक संतृप्त विलयन में, ठोस विलेय के घुलने की दर और विलयन से विलेय के क्रिस्टल बनने की दर बराबर होती है, जिससे गतिक साम्यावस्था स्थापित होती है।

» भौतिक साम्यावस्था के सामान्य अभिलक्षण

प्रश्न 9 (आसान). अगर एक खुली बाल्टी में पानी रखा हो, तो क्या उसमें पानी और वाष्प के बीच भौतिक साम्यावस्था बन सकती है?

उत्तर – नहीं, क्योंकि खुली बाल्टी एक बंद निकाय नहीं है। वाष्प बाहर निकल जाएगी और साम्यावस्था नहीं बन पाएगी।

प्रश्न 10 (आसान). भौतिक साम्यावस्था में क्या कोई रासायनिक अभिक्रिया होती है?

उत्तर – नहीं, भौतिक साम्यावस्था में केवल पदार्थ की अवस्था बदलती है, जैसे ठोस से द्रव, द्रव से गैस, या घुलना-घुलना। कोई नया पदार्थ नहीं बनता।

प्रश्न 11 (मध्यम). एक गिलास में बर्फ और पानी 0°C पर साम्यावस्था में हैं। अगर हम थोड़ा नमक डाल दें, तो क्या साम्यावस्था भंग हो जाएगी? क्यों?

उत्तर – हाँ, साम्यावस्था भंग हो जाएगी। नमक डालने से पानी का हिमांक कम हो जाता है, जिससे 0°C पर बर्फ पिघलने लगेगी। अब यह विशिष्ट तापमान नहीं रहा जिस पर मूल साम्यावस्था थी।

प्रश्न 12 (कठिन). आप कैसे समझाएंगे कि भौतिक साम्यावस्था 'स्थैतिक' (static) नहीं बल्कि 'गतिक' (dynamic) होती है?

उत्तर – साम्यावस्था में, बाहर से देखने पर सब स्थिर लगता है - जैसे बर्फ और पानी की मात्रा नहीं बदल रही, या वाष्प दाब स्थिर है। लेकिन 'The opposing processes are continuously occurring at the same rate.' अंदर जो विरोधी प्रक्रियाएँ हैं, वे लगातार समान दर से चलती रहती हैं। जैसे, जितनी बर्फ पिघल रही है, उतनी ही पानी वापस बर्फ बन रहा है। या जितना पानी वाष्प बन रहा है, उतनी ही वाष्प वापस पानी बन रही है। यह लगातार 'अंदरूनी गतिविधि' ही इसे 'गतिक' बनाती है, 'रुकी हुई' नहीं।

» रासायनिक प्रक्रमों में गतिक साम्य

प्रश्न 13 (आसान). रासायनिक साम्यावस्था में अग्र अभिक्रिया की दर प्रतीप अभिक्रिया की दर से 'अधिक', 'कम' या 'बराबर' होती है?

उत्तर – बराबर

प्रश्न 14 (आसान). क्या साम्यावस्था में रासायनिक अभिक्रिया रुक जाती है?

उत्तर – नहीं, अभिक्रिया नहीं रुकती, बस दरें समान हो जाती हैं।

प्रश्न 15 (मध्यम). अमोनिया (NH₃) के बनने की अभिक्रिया $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ में साम्यावस्था का क्या अर्थ है?

उत्तर – इसका अर्थ है कि जिस दर से N और H मिलकर NH₃ बना रहे हैं, ठीक उसी दर से NH₃ वापस N और H में टूट रहा है। तीनों गैसों की सांद्रता स्थिर हो जाती है, पर अभिक्रिया जारी रहती है।

» रासायनिक साम्यावस्था का नियम (द्रव्य अनुपाती क्रिया का नियम)

प्रश्न 16 (आसान). अभिक्रिया $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ के लिए K_c का व्यंजक लिखिए।

उत्तर – $K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$

प्रश्न 17 (आसान). अभिक्रिया $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ के लिए K_c का व्यंजक लिखिए।

उत्तर – $K_c = \frac{[\text{C}]}{[\text{A}][\text{B}]}$

प्रश्न 18 (मध्यम). अभिक्रिया $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ के लिए K_c का व्यंजक क्या होगा?

उत्तर – $K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$

प्रश्न 19 (कठिन). एक अभिक्रिया $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ के लिए, यदि साम्यावस्था पर $[\text{SO}_2]=0.2\text{ M}$, $[\text{O}_2]=0.1\text{ M}$ और $[\text{SO}_3]=0.4\text{ M}$ है, तो K_c का मान ज्ञात कीजिए।

उत्तर – $K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]} = \frac{(0.4)^2}{(0.2)^2 * 0.1} = \frac{0.16}{0.04 * 0.1} = \frac{0.16}{0.004} = 40$

» साम्यावस्था स्थिरांक (K_c) का निर्धारण और उसके गुणधर्म

प्रश्न 20 (आसान). अभिक्रिया $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ के लिए K_c का व्यंजक लिखिए।

उत्तर – $K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]}$

प्रश्न 21 (आसान). अभिक्रिया $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ के लिए K_c का व्यंजक लिखिए।

उत्तर – $K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$

प्रश्न 22 (मध्यम). अगर अभिक्रिया $A + B \rightleftharpoons C$ के लिए $K_c = 0.5$ है, तो इसका क्या मतलब है? क्या उत्पादों की मात्रा ज़्यादा है या अभिकारकों की?

उत्तर – अगर K_c का मान 1 से कम है (यहाँ 0.5), तो साम्यावस्था पर अभिकारकों की मात्रा ज़्यादा होगी और उत्पादों की मात्रा कम होगी, यानी अभिक्रिया ज़्यादा आगे नहीं बढ़ी है।

प्रश्न 23 (कठिन). अभिक्रिया $\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}(g)$ के लिए K_c का व्यंजक लिखिए।

उत्तर – $K_c = [\text{CO}]$ (ठोस पदार्थों की सांद्रता को साम्यावस्था स्थिरांक के व्यंजक में शामिल नहीं किया जाता है क्योंकि उनकी सांद्रता स्थिर मानी जाती है)।

» समांग साम्यावस्था

प्रश्न 24 (आसान). अगर किसी अभिक्रिया में सारे 'reactants' और 'products' 'liquid' अवस्था में हों, तो क्या यह समांग साम्यावस्था होगी?

उत्तर – हाँ, बिल्कुल होगी, क्योंकि सभी एक ही 'phase' (liquid) में हैं।

प्रश्न 25 (आसान). क्या $\text{N}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}(g)$ एक समांग साम्यावस्था है?

उत्तर – हाँ, क्योंकि सभी अभिकारक और उत्पाद गैसीय (g) प्रावस्था में हैं।

प्रश्न 26 (मध्यम). बताओ, $\text{Fe}^{3+}(aq) + \text{SCN}^-(aq) \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}(aq)$ किस प्रकार की साम्यावस्था है?

उत्तर – यह एक समांग साम्यावस्था है क्योंकि सभी अभिकारक और उत्पाद जलीय विलयन (aqueous solution) में हैं, यानी एक ही प्रावस्था में हैं।

प्रश्न 27 (कठिन). यदि एक बंद बर्तन में कार्बन ठोस (s) ऑक्सीजन गैस (g) के साथ अभिक्रिया करके कार्बन डाइऑक्साइड गैस (g) बना रहा हो, तो यह किस प्रकार की साम्यावस्था होगी? $\text{C}(s) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g)$

उत्तर – यह एक विषमांग साम्यावस्था होगी, क्योंकि कार्बन (C) ठोस अवस्था में है जबकि ऑक्सीजन (O) और कार्बन डाइऑक्साइड (CO₂) गैसीय अवस्था में हैं। प्रावस्थाएँ अलग-अलग हैं।

» गैसीय निकाय में साम्यावस्था स्थिरांक (K_p)

प्रश्न 28 (आसान). K_p और K_c के संबंध में n क्या दर्शाता है?

उत्तर – गैसीय उत्पादों और अभिकारकों के मोलों की संख्या का अंतर।

प्रश्न 29 (आसान). अगर किसी गैसीय अभिक्रिया में उत्पादों और अभिकारकों के मोलों की संख्या बराबर हो, तो K_p और K_c में क्या संबंध होगा?

उत्तर – $K_p = K_c$

प्रश्न 30 (मध्यम). अभिक्रिया $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{HI}(g)$ के लिए n का मान क्या होगा? और इस अभिक्रिया के लिए K_p और K_c में क्या संबंध होगा?

उत्तर – $n = (2) - (1+1) = 0$. इसलिए, $K_p = K_c$

प्रश्न 31 (कठिन). अभिक्रिया $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$ के लिए n का मान ज्ञात कीजिए और यदि 500 K पर K_c का मान 0.061 है तो K_p का मान क्या होगा? ($R = 0.0831 \text{ L bar mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

उत्तर – $n = (2) - (1+3) = -2$ । $K_p = K_c(RT)^n = 0.061 \times (0.0831 \times 500)^{-2} = 0.061 \times (41.55)^{-2} = 0.061 / (41.55)^2 = 0.061 / 1726.4 = 3.53 \times 10^{-5}$

» विषमांग साम्यावस्था

प्रश्न 32 (आसान). निम्नलिखित में से कौन विषमांग साम्यावस्था का उदाहरण है:

A) $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{HI}(g)$

B) $\text{HO}(l) \rightleftharpoons \text{HO}(g)$

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

उत्तर – B) $\text{HO}(l) \rightleftharpoons \text{HO}(g)$

प्रश्न 33 (आसान). शुद्ध ठोस और शुद्ध द्रव की सांद्रता को साम्यावस्था स्थिरांक के व्यंजक में क्यों शामिल नहीं करते?

उत्तर – क्योंकि उनकी मोलर सांद्रता स्थिर मानी जाती है।

प्रश्न 34 (मध्यम). अभिक्रिया $\text{AgO(s)} + 2\text{HNO(aq)} \rightleftharpoons 2\text{AgNO(aq)} + \text{HO(l)}$ के लिए K_c का व्यंजक लिखिए।

उत्तर – $K_c = [\text{AgNO}]^2 / [\text{HNO}]^2$

प्रश्न 35 (कठिन). अभिक्रिया $\text{Ni(s)} + 4\text{CO(g)} \rightleftharpoons \text{Ni(CO)(g)}$ के लिए K_p का व्यंजक लिखिए।

उत्तर – $K_p = P_{\text{Ni(CO)}} / (P_{\text{CO}})^4$

» साम्यावस्था स्थिरांक के अनुप्रयोग: अभिक्रिया की सीमा का अनुमान

प्रश्न 36 (आसान). एक अभिक्रिया के लिए K_c का मान 2.5×10^{-3} है। यह अभिक्रिया साम्यावस्था पर किसकी ओर अधिक झुकी होगी - उत्पादों की ओर या अभिकारकों की ओर?

उत्तर – अभिकारकों की ओर (क्योंकि $K_c < 10^3$)

प्रश्न 37 (आसान). अगर किसी अभिक्रिया का K_c मान 1.2×10^3 है, तो साम्यावस्था में क्या ज़्यादा होगा - अभिकारक या उत्पाद?

उत्तर – उत्पाद ज़्यादा होंगे (क्योंकि $K_c > 10^3$)

प्रश्न 38 (मध्यम). अभिक्रिया $\text{N(g)} + 3\text{H(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH(g)}$ के लिए 700 K पर K_c का मान 0.061 है। साम्यावस्था पर इस अभिक्रिया की सीमा क्या होगी?

उत्तर – K_c का मान 10^3 और 10^4 के बीच में है ($0.061 < 10^3 < 10^4$)। इसलिए, साम्यावस्था पर अभिकारक और उत्पाद दोनों उचित मात्रा में मौजूद होंगे।

प्रश्न 39 (कठिन). अगर एक अभिक्रिया का K_c बहुत ज़्यादा है, मान लो 10, और दूसरी का K_c बहुत कम है, मान लो 10। क्या दोनों अभिक्रियाओं में साम्यावस्था तक पहुँचने में लगने वाला समय समान होगा? अपने उत्तर का कारण बताओ।

उत्तर – नहीं, साम्यावस्था तक पहुँचने में लगने वाला समय समान नहीं होगा। साम्यावस्था स्थिरांक (K_c) केवल साम्यावस्था पर अभिकारकों और उत्पादों की सापेक्ष सांद्रता बताता है, यह अभिक्रिया की गति या साम्यावस्था तक पहुँचने में लगने वाले समय के बारे में कुछ नहीं बताता। यह पूरी तरह से अभिक्रिया की क्रियाविधि (mechanism) और तापमान पर निर्भर करता है।

» साम्यावस्था स्थिरांक के अनुप्रयोग: अभिक्रिया की दिशा का बोध (अभिक्रिया भागफल Q)

प्रश्न 40 (आसान). अगर किसी अभिक्रिया के लिए $K_c = 10$ है, और किसी क्षण पर $Q_c = 5$ है, तो अभिक्रिया किस दिशा में जाएगी?

उत्तर – उत्पादों की ओर (दाहिनी ओर)

प्रश्न 41 (आसान). अगर किसी अभिक्रिया के लिए $K_c = 20$ है, और किसी क्षण पर $Q_c = 20$ है, तो अभिक्रिया किस दिशा में जाएगी?

उत्तर – साम्यावस्था में है, कोई नेट अभिक्रिया नहीं होगी।

प्रश्न 42 (मध्यम). अभिक्रिया $\text{N(g)} + 3\text{H(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH(g)}$ के लिए, 500 K पर $K_c = 0.061$ है। यदि दिए गए क्षण पर $[\text{N}] = 0.1 \text{ M}$, $[\text{H}] = 0.3 \text{ M}$ और $[\text{NH}] = 0.5 \text{ M}$ है, तो अभिक्रिया किस दिशा में अग्रसर होगी?

उत्तर – $Q_c = [\text{NH}]^2 / ([\text{N}][\text{H}]^3) = (0.5)^2 / (0.1 \times (0.3)^3) = 0.25 / (0.1 \times 0.027) = 0.25 / 0.0027 = 92.6$ । चूँकि $Q_c (92.6) > K_c (0.061)$, अभिक्रिया अभिकारकों की ओर (बाईं ओर) अग्रसर होगी।

» साम्यावस्था स्थिरांक के अनुप्रयोग: साम्य सांद्रताओं की गणना

प्रश्न 43 (आसान). एक अभिक्रिया $A \rightleftharpoons B$ है। यदि प्रारंभिक $[A] = 2 \text{ M}$ और साम्यावस्था पर $[A] = 1.5 \text{ M}$ है, तो साम्यावस्था पर $[B]$ क्या होगा?

उत्तर – 0.5 M

प्रश्न 44 (आसान). अभिक्रिया $C \rightleftharpoons D$ के लिए $K_c = 4$ है। यदि साम्यावस्था पर $[C] = 1 \text{ M}$ है, तो $[D]$ क्या होगा?

उत्तर – 4 M

प्रश्न 45 (मध्यम). $2A \rightleftharpoons B$ अभिक्रिया के लिए प्रारंभिक $[A] = 2 \text{ M}$ और $[B] = 0 \text{ M}$ है। यदि साम्यावस्था पर $[B] = 0.5 \text{ M}$ है, तो K_c का मान ज्ञात करें।

उत्तर – $K_c = [B]/[A]^2 = 0.5 / (1)^2 = 0.5$

प्रश्न 46 (कठिन). अभिक्रिया $\text{NO(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO(g)}$ के लिए $K_c = 0.21$ है। यदि प्रारंभिक $[\text{NO}] = 0.5 \text{ M}$ है और $[\text{NO}] = 0 \text{ M}$ है, तो साम्यावस्था पर प्रत्येक पदार्थ की सांद्रता ज्ञात करें।

उत्तर – $[\text{NO}] = 0.43 \text{ M}$, $[\text{NO}] = 0.14 \text{ M}$ (वर्ग समीकरण का हल: $x = 0.07$)

» साम्यावस्था स्थिरांक (K), अभिक्रिया भागफल (Q) और गिब्स ऊर्जा (G) में संबंध

प्रश्न 47 (आसान). अगर ' G° ' का मान धनात्मक हो तो क्या उत्पाद साम्यावस्था पर ज़्यादा बनेंगे या अभिकारक?

उत्तर – अभिकारक ज़्यादा बनेंगे, क्योंकि अभिक्रिया स्वतःप्रवर्ती नहीं होगी।

प्रश्न 48 (आसान). साम्यावस्था पर गिब्स ऊर्जा परिवर्तन (G) का मान क्या होता है?

उत्तर – साम्यावस्था पर G का मान शून्य होता है।

प्रश्न 49 (मध्यम). अगर ' K ' का मान 1 से बहुत बड़ा हो, तो ' G° ' का चिन्ह क्या होगा और अभिक्रिया की स्वतःप्रवर्तिता पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

उत्तर – ' K ' > 1 होने पर ' G° ' का चिन्ह ऋणात्मक होगा। अभिक्रिया स्वतःप्रवर्ती होगी और उत्पाद अधिक बनेंगे।

प्रश्न 50 (कठिन). 25°C पर एक अभिक्रिया के लिए ' G° ' का मान $+15.0 \text{ kJ/mol}$ है। इस अभिक्रिया के लिए साम्यावस्था स्थिरांक (K) की गणना कीजिए। ($R = 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$)

उत्तर – $G^\circ = -RT \ln K \Rightarrow \ln K = -G^\circ / RT = - (15000 \text{ J/mol}) / (8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K} \times 298 \text{ K}) = -6.05 \Rightarrow K = e^{(-6.05)} = 0.0023$

» साम्य को प्रभावित करने वाले कारक (ला-शातेलिए का सिद्धांत)

प्रश्न 51 (आसान). अभिक्रिया $A + B \rightleftharpoons C$ में, यदि C की सांद्रता कम की जाए, तो साम्य किस दिशा में जाएगा?

उत्तर – अग्र दिशा (उत्पादों की ओर)

प्रश्न 52 (आसान). ला-शातेलिए का सिद्धांत साम्यावस्था पर किन मुख्य कारकों के प्रभाव की व्याख्या करता है?

उत्तर – सांद्रता, दाब, और ताप

प्रश्न 53 (मध्यम). $2\text{SO(g)} + \text{O(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO(g)}$ अभिक्रिया में, यदि दाब बढ़ाया जाए, तो साम्य किस दिशा में जाएगा?

उत्तर – अग्र दिशा (कम मोल वाली दिशा में)

प्रश्न 54 (कठिन). $\text{N(g)} + 3\text{H(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH(g)} + \text{ऊष्मा}$ अभिक्रिया में, यदि तापमान बढ़ाया जाए, तो साम्य पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

उत्तर – साम्य प्रतीप दिशा (अभिकारकों की ओर) में जाएगा, क्योंकि यह एक ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया है और तापमान बढ़ाने से साम्य ऊष्मा को कम करने के लिए विपरीत दिशा में विस्थापित होगा।

» ला-शातेलिए सिद्धांत: सांद्रता-परिवर्तन का प्रभाव

प्रश्न 55 (आसान). अभिक्रिया: $A + B \rightleftharpoons C$ । यदि हम C की सांद्रता बढ़ाएँ, तो साम्य किधर जाएगा?

उत्तर – पश्च दिशा में (अभिकारक की तरफ)

प्रश्न 56 (आसान). अभिक्रिया: $X \rightleftharpoons Y + Z$ । यदि हम Y की सांद्रता कम करें, तो साम्य किधर जाएगा?

उत्तर – अग्र दिशा में (उत्पाद की तरफ)

प्रश्न 57 (मध्यम). अभिक्रिया: $2NO(g) \rightleftharpoons NO_2(g)$ । यदि हम NO की सांद्रता बढ़ा दें, तो NO की सांद्रता पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

उत्तर – NO की सांद्रता बढ़ जाएगी, क्योंकि साम्य पश्च दिशा में जाएगा।

प्रश्न 58 (कठिन). अभिक्रिया: $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ । यदि साम्यावस्था पर हम एक अक्रिय गैस (inert gas) जोड़ दें जिससे कुल आयतन बदल जाए, लेकिन अभिकारकों और उत्पादों की आंशिक सांद्रता नहीं बदलें, तो साम्यावस्था पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

उत्तर – कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा क्योंकि अक्रिय गैस अभिकारकों या उत्पादों की सांद्रता को सीधे प्रभावित नहीं करती है, और दाब का प्रभाव भी तब होता है जब आयतन बदलता है जिससे सांद्रता बदलती है।

» ला-शातेलिए सिद्धांत: दाब-परिवर्तन का प्रभाव

प्रश्न 59 (आसान). अभिक्रिया $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ में, दाब बढ़ाने पर साम्यावस्था किस दिशा में जाएगी?

उत्तर – साम्यावस्था अग्र दिशा (उत्पाद की ओर) विस्थापित होगी।

प्रश्न 60 (आसान). अभिक्रिया $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ में, दाब घटाने पर साम्यावस्था किस दिशा में जाएगी?

उत्तर – साम्यावस्था पश्च दिशा (उत्पाद की ओर) विस्थापित होगी।

प्रश्न 61 (मध्यम). अगर अभिक्रिया $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ में दाब बढ़ाया जाए, तो साम्यावस्था पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

उत्तर – कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा क्योंकि अभिकारक और उत्पाद दोनों तरफ गैसीय मोलों की संख्या समान है (2 मोल)।

» ला-शातेलिए सिद्धांत: अक्रिय गैस के योग और ताप-परिवर्तन का प्रभाव

प्रश्न 62 (आसान). स्थिर आयतन पर, यदि अभिक्रिया में भाग न लेने वाली अक्रिय गैस मिलाई जाए, तो साम्यावस्था पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

उत्तर – साम्यावस्था अपरिवर्तित रहेगी।

प्रश्न 63 (आसान). किस स्थिति में साम्यावस्था स्थिरांक (K) का मान परिवर्तित होता है?

उत्तर – ताप-परिवर्तन पर।

प्रश्न 64 (मध्यम). एक ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया (H ऋणात्मक) के लिए, ताप बढ़ाने पर साम्यावस्था किस दिशा में जाएगी और K पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

उत्तर – साम्यावस्था बाईं ओर जाएगी (अभिकारकों की ओर) और K का मान घटेगा।

प्रश्न 65 (कठिन). नाइट्रोजन और ऑक्सीजन से नाइट्रिक ऑक्साइड (NO) बनने की अभिक्रिया $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ का $H = +180 \text{ kJ/mol}$ है। NO की अधिक उपज प्राप्त करने के लिए तापमान और दाब में क्या परिवर्तन करना चाहिए?

उत्तर – NO की अधिक उपज के लिए, अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी होने के कारण, तापमान बढ़ाना चाहिए। दाब के प्रभाव के लिए, अभिकारकों ($1+1=2$) और उत्पादों (2) दोनों तरफ गैसीय मोल की संख्या समान है, इसलिए दाब में परिवर्तन का साम्यावस्था पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा।

» ला-शातेलिए सिद्धांत: उत्प्रेरक का प्रभाव

प्रश्न 66 (आसान). क्या उत्प्रेरक साम्यावस्था स्थिरांक (K) का मान बदलता है?

उत्तर – नहीं, उत्प्रेरक साम्यावस्था स्थिरांक (K) का मान नहीं बदलता।

प्रश्न 67 (आसान). उत्प्रेरक डालने से साम्यावस्था किस दिशा में विस्थापित होती है?

उत्तर – उत्प्रेरक डालने से साम्यावस्था किसी भी दिशा में विस्थापित नहीं होती।

प्रश्न 68 (मध्यम). अगर एक अभिक्रिया साम्यावस्था पर है, और आप उसमें उत्प्रेरक डालते हैं, तो क्या उत्पाद की मात्रा बढ़ेगी?

उत्तर – नहीं, उत्प्रेरक डालने से साम्यावस्था पर उत्पाद की मात्रा नहीं बढ़ेगी। यह सिर्फ साम्यावस्था तक पहुंचने के समय को कम करेगा।

प्रश्न 69 (कठिन). उत्प्रेरक अभिक्रिया की सक्रियण ऊर्जा (activation energy) पर क्या प्रभाव डालता है? अग्र और प्रतीप अभिक्रिया के लिए यह समान होता है या अलग-अलग?

उत्तर – उत्प्रेरक अग्र और प्रतीप अभिक्रिया दोनों की सक्रियण ऊर्जा को समान मात्रा में कम करता है, जिससे अभिक्रिया का वेग बढ़ जाता है।

हल किए हुए उदाहरण (step-by-step)

उदाहरण 1. बंद पात्र में पानी का वाष्पीकरण (evaporation) और संघनन (condensation) कैसे साम्यावस्था दिखाते हैं?

› जब हम एक बंद बोतल में पानी लेते हैं, तो पानी की सतह से 'HO (liquid) turns into HO (gas)' यानी पानी वाष्प में बदलना शुरू होता है। इस प्रक्रिया को 'वाष्पीकरण' कहते हैं।

› जैसे-जैसे वाष्प बनती है, बोतल के अंदर 'water vapour starts to accumulate' यानी पानी की वाष्प जमा होने लगती है।

› एक समय ऐसा आता है जब 'water vapour starts condensing back into liquid' यानी वाष्प वापस पानी में बदलना शुरू कर देती है। इस प्रक्रिया को 'संघनन' कहते हैं।

› फिर एक बिंदु ऐसा आता है जहाँ 'rate of evaporation becomes equal to the rate of condensation' यानी पानी के वाष्प बनने की गति और वाष्प के वापस पानी में बदलने की गति, दोनों बराबर हो जाती हैं।

› इस अवस्था में, 'the amount of liquid water and water vapour remains constant' यानी तरल पानी और वाष्प दोनों की मात्रा स्थिर दिखती है, पर दोनों प्रक्रियाएँ लगातार हो रही होती हैं। यही गतिक साम्यावस्था है।

उत्तर – बंद पात्र में पानी का वाष्पीकरण और संघनन तब तक चलता रहता है जब तक दोनों की दर बराबर न हो जाए, जिससे एक गतिक साम्यावस्था स्थापित होती है।

उदाहरण 2. मान लीजिए आपके पास एक बंद थर्मस फ्लास्क में बर्फ और पानी है। तापमान 0°C और दाब 1 वायुमंडल है। क्या इस स्थिति में साम्यावस्था स्थापित होगी? और अगर हाँ, तो यह किस प्रकार की साम्यावस्था होगी?

› सबसे पहले, हमें सोचना होगा कि 'बर्फ' और 'पानी' किस अवस्था में हैं। बर्फ 'ठोस' है और पानी 'द्रव' है।

› अब हमें देखना है कि क्या इन दोनों अवस्थाओं के बीच कोई 'phase transition' यानी अवस्था परिवर्तन हो सकता है। हाँ, बर्फ पिघलकर पानी बन सकती है और पानी जम कर बर्फ बन सकता है।

› जब तापमान 0°C (गलनांक बिंदु) और दाब 1 वायुमंडल होता है, तो 'ice and water can coexist in equilibrium'. यानी, इस खास तापमान और दाब पर बर्फ पिघलने की दर और पानी के जमने की दर बराबर हो जाती है।

› क्योंकि यहाँ अवस्था परिवर्तन (ठोस से द्रव और द्रव से ठोस) एक साथ और बराबर दरों से हो रहा है, 'this represents a solid-liquid equilibrium'.

› यह एक 'dynamic equilibrium' है क्योंकि अणु लगातार एक अवस्था से दूसरी अवस्था में जा रहे हैं, भले ही बाहर से हमें कुछ बदलता हुआ न दिखे।

उत्तर – हाँ, इस स्थिति में ठोस-द्रव साम्यावस्था (Solid-Liquid Equilibrium) स्थापित होगी, और यह एक गतिक साम्यावस्था होगी।

उदाहरण 3. एक बंद बोतल में पानी को 25°C पर रखा गया है। कुछ समय बाद देखा गया कि बोतल में पानी का स्तर स्थिर हो गया है, और बोतल के ऊपर वाले हिस्से में वाष्प भी है। इस स्थिति के सामान्य अभिलक्षणों को समझाइए।

› पहला अभिलक्षण: 'It occurs in a closed system.' – यह एक बंद निकाय में होती है। देखो, बोतल बंद है, यानी बाहर से कोई चीज़ अंदर नहीं आ सकती और अंदर से बाहर नहीं जा सकती। तभी साम्यावस्था बन पाती है।

› दूसरा अभिलक्षण: 'The measurable properties remain constant.' – इसके मापने योग्य गुणधर्म स्थिर रहते हैं। इस उदाहरण में, पानी का स्तर (यानी आयतन) और बोतल के अंदर वाष्प का दाब (vapor pressure) स्थिर हो गया है। साथ ही, तापमान भी हमने 25°C स्थिर रखा है।

› तीसरा अभिलक्षण: 'It is dynamic in nature.' – यह गतिक प्रकृति की होती है। बच्चों, इसका मतलब यह नहीं कि पानी वाष्प बनना या वाष्प का वापस पानी बनना बंद हो गया है। अरे नहीं! अंदर पानी के अणु लगातार वाष्प में बदल रहे हैं और वाष्प के अणु लगातार वापस पानी बन रहे हैं।

› चौथा अभिलक्षण: 'The rates of opposing processes are equal.' – विरोधी प्रक्रियाओं की दरें समान होती हैं। इसका मतलब है कि जितनी तेजी से पानी भाप बन रहा है, उतनी ही तेजी से भाप वापस पानी बन रही है। इसीलिए हमें बाहर से कोई बदलाव नहीं दिखता।

› पांचवां अभिलक्षण: 'It can be attained only at a given temperature and pressure.' – यह केवल एक निश्चित तापमान और दाब पर ही प्राप्त होती है। इस उदाहरण में, साम्यावस्था 25°C पर बनी है। अगर हम तापमान बदल दें, तो साम्यावस्था बदल जाएगी।

› छठा अभिलक्षण: 'The concentration of different substances becomes constant.' – विभिन्न पदार्थों की सांद्रता स्थिर हो जाती है। यहाँ, पानी की सांद्रता और वाष्प की सांद्रता (जो वाष्प के दाब से पता चलती है) स्थिर हो गई हैं।

उत्तर – बंद बोतल में 25°C पर पानी और वाष्प के बीच की यह स्थिति एक भौतिक साम्यावस्था है, जो बंद निकाय में होती है, जहाँ पानी का स्तर और वाष्प का दाब स्थिर रहते हैं। यह गतिक प्रकृति की होती है, जिसमें वाष्पीकरण और संघनन की दरें बराबर होती हैं, और यह विशेष तापमान पर ही संभव है।

उदाहरण 4. एक बंद बर्तन में, हाइड्रोजन आयोडाइड (HI) गैस, हाइड्रोजन (H) और आयोडीन (I) गैसों में विघटित होती है और साथ ही H और I मिलकर HI बनाते हैं। समझाइए कि इस अभिक्रिया में साम्यावस्था कैसे स्थापित होती है।

› सबसे पहले, हम HI को बर्तन में डालते हैं। HI का विघटन शुरू होता है: ' $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}(\text{g}) + \text{I}(\text{g})$ '। यह हमारी 'अग्र अभिक्रिया' है।

› जैसे-जैसे H और I बनते हैं, इनकी सांद्रता बढ़ने लगती है। फिर ये दोनों मिलकर वापस HI बनाना शुरू करते हैं: ' $\text{H}(\text{g}) + \text{I}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ '। इसे हम 'प्रतीप अभिक्रिया' कहते हैं।

› शुरुआत में, HI के टूटने की दर (अग्र अभिक्रिया) बहुत तेज़ होती है क्योंकि HI ज़्यादा होता है। H और I बनने की दर (प्रतीप अभिक्रिया) कम होती है।

› धीरे-धीरे, HI कम होता जाता है, तो उसके टूटने की दर भी कम होती जाती है। साथ ही, H और I बढ़ते जाते हैं, तो उनके मिलकर HI बनाने की दर बढ़ती जाती है।

› एक ऐसा समय आता है, जब HI के टूटने की दर (अग्र अभिक्रिया) और H व I के मिलकर HI बनाने की दर (प्रतीप अभिक्रिया) 'बराबर' हो जाती हैं।

› इस बिंदु पर, 'साम्यावस्था' स्थापित हो जाती है। 'The forward and reverse processes occur at the same rate' और हमें बाहर से HI, H या I की सांद्रता में कोई बदलाव नहीं दिखता, पर अंदर अणु लगातार बन और टूट रहे होते हैं।

उत्तर – इस प्रकार, HI, H और I के बीच साम्यावस्था स्थापित होती है जब अग्र और प्रतीप अभिक्रियाओं की दरें समान हो जाती हैं।

उदाहरण 5. अभिक्रिया $2\text{HI(g)} \rightleftharpoons \text{H(g)} + \text{I(g)}$ के लिए साम्य स्थिरांक (K_c) का व्यंजक लिखिए।

› सबसे पहले, अग्र अभिक्रिया की दर लिखेंगे: $R_f = k_f [\text{HI}]^2$ । यहाँ, HI अभिकारक है और स्टॉइकियोमीट्री गुणांक (stoichiometric coefficient) 2, घात में चला जाता है।

› अब, प्रतीप अभिक्रिया की दर लिखेंगे: $R_b = k_b [\text{H}][\text{I}]$ । यहाँ, H और I उत्पाद हैं और इनके गुणांक 1 होने से घात में 1 आता है।

› साम्यावस्था पर, $R_f = R_b$ होता है। तो, $k_f [\text{HI}]^2 = k_b [\text{H}][\text{I}]$ होगा।

› साम्य स्थिरांक $K_c = k_f / k_b$ होता है। इसलिए, $K_c = [\text{H}][\text{I}] / [\text{HI}]^2$ ।

› यहां ध्यान दें कि 'product of the concentrations of the products' अंश (numerator) में हैं और 'product of the concentrations of the reactants' हर (denominator) में हैं।

उत्तर – $K_c = [\text{H}][\text{I}] / [\text{HI}]^2$

उदाहरण 6. एक अभिक्रिया है: $\text{N(g)} + 3\text{H(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH(g)}$ । इस अभिक्रिया के लिए साम्यावस्था स्थिरांक (K_c) का व्यंजक लिखिए।

› पहला कदम: हमें उत्पादों को पहचानना है और उनकी घात में उनके गुणांकों को लिखना है। यहाँ उत्पाद अमोनिया (NH) है और उसका गुणांक 2 है।

› दूसरा कदम: अब अभिकारकों को पहचानना है और उनकी घात में उनके गुणांकों को लिखना है। यहाँ अभिकारक नाइट्रोजन (N) है जिसका गुणांक 1 है (जो हम लिखते नहीं हैं), और हाइड्रोजन (H) जिसका गुणांक 3 है।

› तीसरा कदम: साम्यावस्था स्थिरांक के सूत्र में उत्पादों की सांद्रता को ऊपर अंश (numerator) में और अभिकारकों की सांद्रता को नीचे हर (denominator) में लिखना है, और उनके गुणांकों को घात में लगाना है।

› तो, $K_c = [\text{NH}]^2 / ([\text{N}]^1 [\text{H}]^3)$ ।

उत्तर – $K_c = [\text{NH}]^2 / ([\text{N}][\text{H}]^3)$

उदाहरण 7. नीचे दी गई अभिक्रियाओं में से समांग साम्यावस्था का उदाहरण पहचानिए:

› अभिक्रिया 1: $\text{CaCO(s)} \rightleftharpoons \text{CaO(s)} + \text{CO(g)}$

› अभिक्रिया 2: $\text{H(g)} + \text{I(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI(g)}$

› अभिक्रिया 3: $\text{C(s)} + \text{HO(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)} + \text{H(g)}$

› सबसे पहले, हम हर अभिक्रिया में अभिकारकों और उत्पादों की प्रावस्था (phases) देखेंगे।

› अभिक्रिया 1 में: CaCO ठोस (s) है, CaO ठोस (s) है, लेकिन CO गैस (g) है। यहाँ प्रावस्थाएँ अलग-अलग हैं (ठोस और गैस)।

› अभिक्रिया 2 में: H गैस (g) है, I गैस (g) है, और HI भी गैस (g) है। यहाँ सभी अभिकारक और उत्पाद गैसीय प्रावस्था में हैं, यानी 'same phase' में हैं।

› अभिक्रिया 3 में: C ठोस (s) है, HO गैस (g) है, CO गैस (g) है, और H गैस (g) है। यहाँ भी प्रावस्थाएँ अलग-अलग हैं (ठोस और गैस)।

› चूँकि केवल अभिक्रिया 2 में सभी अभिकारक और उत्पाद एक ही प्रावस्था में हैं, इसलिए यह समांग साम्यावस्था का उदाहरण है।

उत्तर – अभिक्रिया 2: $\text{H(g)} + \text{I(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI(g)}$ एक समांग साम्यावस्था का उदाहरण है।

उदाहरण 8. अभिक्रिया $2\text{NOCl(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)}$ के लिए 1069 K ताप पर साम्यावस्था स्थिरांक K_c का मान 3.75×10^{-6} है। इस ताप पर उक्त अभिक्रिया के लिए K_p की गणना कीजिए। ($R = 0.0831 \text{ L bar mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

› सबसे पहले, हमें K_p और K_c के बीच का संबंध सूत्र याद करना है: $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$

› अब हम Δn की गणना करेंगे। $\Delta n = (\text{गैसीय उत्पादों के मोलों की संख्या}) - (\text{गैसीय अभिकारकों के मोलों की संख्या})$ ।

› हमारी अभिक्रिया है: $2\text{NOCl(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)}$

› उत्पाद हैं 2NO(g) और $\text{Cl}_2\text{(g)}$ । तो गैसीय उत्पादों के कुल मोल = $2 + 1 = 3$ ।

› अभिकारक है 2NOCl(g) । तो गैसीय अभिकारकों के कुल मोल = 2।

› तो $\Delta n = 3 - 2 = 1$ ।

› अब हमें दिए गए मान सूत्र में रखने हैं: $K_c = 3.75 \times 10^{-6}$, $R = 0.0831 \text{ L bar mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, $T = 1069 \text{ K}$,

और $n = 1$ ।

- › $K_p = (3.75 \times 10^{-6}) \times (0.0831 \times 1069)^{-1}$
- › सबसे पहले (0.0831×1069) को गुणा करो, जो लगभग 88.88 आता है।
- › अब $K_p = (3.75 \times 10^{-6}) \times 88.88$ ।
- › गुणा करने पर K_p का मान लगभग 0.0003333 आता है।

उत्तर – $K_p = 0.0003333$ या 3.333×10^{-4} ।

उदाहरण 9. अभिक्रिया $\text{CaCO(s)} \rightleftharpoons \text{CaO(s)} + \text{CO(g)}$ के लिए K_c और K_p का व्यंजक लिखिए।

- › पहला चरण: अभिक्रिया को ध्यान से देखें। यहाँ कैल्शियम कार्बोनेट (CaCO) एक ठोस (s) है, कैल्शियम ऑक्साइड (CaO) भी ठोस (s) है, और कार्बन डाइऑक्साइड (CO) गैस (g) है।
- › दूसरा चरण: साम्यावस्था स्थिरांक K_c के व्यंजक में केवल गैसीय या जलीय (aqueous) पदार्थों की सांद्रता को लिखते हैं। शुद्ध ठोस और शुद्ध द्रव की सांद्रता स्थिर मानी जाती है और उन्हें व्यंजक में शामिल नहीं किया जाता।
- › तीसरा चरण: तो, CaCO(s) और CaO(s) को K_c के व्यंजक में नहीं लिखेंगे। केवल CO(g) आएगा।
- › चौथा चरण: इसी प्रकार, K_p के व्यंजक में केवल गैसीय पदार्थों का आंशिक दाब आता है। यहाँ केवल CO(g) गैस है।
- › पांचवां चरण: K_c का व्यंजक होगा: $K_c = [\text{CO}]$ ।
- › छठा चरण: K_p का व्यंजक होगा: $K_p = P_{\text{CO}}$ (कार्बन डाइऑक्साइड का आंशिक दाब)।

उत्तर – $K_c = [\text{CO}]$ और $K_p = P_{\text{CO}}$

उदाहरण 10. एक अभिक्रिया $\text{A(g)} + \text{B(g)} \rightleftharpoons 2\text{C(g)}$ के लिए, 500 K पर K_c का मान 5.0×10^1 है। साम्यावस्था पर इस अभिक्रिया की सीमा का अनुमान लगाइए।

- › पहला कदम: दिए गए साम्यावस्था स्थिरांक (K_c) के मान को देखें। यहाँ $K_c = 5.0 \times 10^1$ है।
- › दूसरा कदम: K_c के मान की तुलना हमारी निर्धारित सीमाओं (10^3 , 10^3) से करें।
- › तीसरा कदम: यहाँ K_c का मान 5.0×10^1 है, जो 10^3 से बहुत ज़्यादा है ($10^1 > 10^3$)।
- › चौथा कदम: हमारे नियम के अनुसार, जब $K_c > 10^3$ होता है, तो उत्पाद की सांद्रता बहुत अधिक होती है, और अभिक्रिया लगभग पूर्णता की ओर अग्रसर होती है।

उत्तर – इस अभिक्रिया में साम्यावस्था पर उत्पादों (2C) की सांद्रता अभिकारकों (A और B) की तुलना में बहुत अधिक होगी। अभिक्रिया लगभग पूर्णता तक पहुँच जाएगी।

उदाहरण 11. एक अभिक्रिया $2\text{A} \rightleftharpoons \text{B} + \text{C}$ है, और इसके लिए K_c का मान 2×10^3 है। दिए गए समय पर, अभिक्रिया मिश्रण में $[\text{A}] = 3 \times 10 \text{ M}$, $[\text{B}] = 3 \times 10 \text{ M}$ और $[\text{C}] = 3 \times 10 \text{ M}$ है। अभिक्रिया किस दिशा में आगे बढ़ेगी?

- › सबसे पहले, हम अभिक्रिया भागफल Q की गणना करेंगे। Q का सूत्र साम्यावस्था स्थिरांक जैसा ही होता है, बस सांद्रताएँ किसी भी 'दिए गए समय' की होती हैं, न कि साम्यावस्था की।
- › $Q_c = [\text{B}][\text{C}] / [\text{A}]^2$
- › दिए गए मानों को सूत्र में रखने पर: $Q_c = (3 \times 10) \times (3 \times 10) / (3 \times 10)^2$
- › ऊपर और नीचे के पद कट जाएंगे: $Q_c = (9 \times 10) / (9 \times 10) = 1$
- › अब, हम Q_c (जो 1 आया है) की तुलना K_c (जो 2×10^3 यानी 0.002 है) से करेंगे।
- › हमें मिलता है कि $Q_c (1) > K_c (0.002)$ ।

उत्तर – चूँकि अभिक्रिया भागफल Q_c , साम्यावस्था स्थिरांक K_c से ज़्यादा है ($Q_c > K_c$), इसका मतलब है कि अभिक्रिया में उत्पादों की मात्रा साम्यावस्था से ज़्यादा है। इसलिए, अभिक्रिया उल्टी दिशा में (अभिकारकों की ओर) जाएगी ताकि साम्यावस्था फिर से स्थापित हो सके। यानी, B और C मिलकर A बनाएंगे।

उदाहरण 12. 380 K पर 3.00 मोल PCl_5 को 1 L बंद पात्र में रखा जाता है। साम्यावस्था पर मिश्रण का संघटन (composition) ज्ञात कीजिए यदि $K_c = 1.80$ है। अभिक्रिया है: $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$

- › पहला कदम: संतुलित समीकरण तो हमें दिया ही है: $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$
- › दूसरा कदम: अब हम 'I.C.E' टेबल बनाते हैं।
- › प्रारंभिक (Initial): $\text{PCl}_5 = 3.00 \text{ mol/L}$ (क्योंकि आयतन 1 L है), $\text{PCl}_3 = 0$, $\text{Cl}_2 = 0$
- › परिवर्तन (Change): मान लो, 'x' मोल PCl_5 वियोजित होता है। तो PCl_5 में 'x' का परिवर्तन होगा। और क्योंकि stoichiometry (रससमीकरणमतीय) के हिसाब से, 1 मोल PCl_5 से 1 मोल PCl_3 और 1 मोल Cl_2 बनता है, तो PCl_5 में '+x' और Cl_2 में '+x' का परिवर्तन होगा।
- › साम्यावस्था (Equilibrium): अब प्रारंभिक और परिवर्तन को जोड़ दो। $\text{PCl}_5 = (3.00 - x) \text{ mol/L}$, $\text{PCl}_3 = x \text{ mol/L}$, $\text{Cl}_2 = x \text{ mol/L}$
- › तीसरा कदम: ' K_c ' का व्यंजक (expression) लिखते हैं। ' $K_c = [\text{PCl}_3][\text{Cl}_2] / [\text{PCl}_5]$ '
- › अब इसमें साम्यावस्था की सांद्रताएँ (जो हमने 'x' के पदों में लिखी हैं) और ' K_c ' का मान रखते हैं: ' $1.80 = (x)(x) / (3.00 - x)$ '
- › चौथा कदम: इस समीकरण को हल करते हैं 'x' के लिए। ' $1.80(3.00 - x) = x^2$ '
- › ' $5.40 - 1.80x = x^2$ '
- › इसे 'वर्ग समीकरण' के रूप में लिखते हैं: ' $x^2 + 1.80x - 5.40 = 0$ '
- › अब इसे 'द्विघात समीकरण सूत्र' (quadratic formula) का उपयोग करके हल करते हैं: ' $x = [-b \pm (b^2 - 4ac)] / 2a$ '। यहाँ $a=1$, $b=1.80$, $c=-5.40$
- › ' $x = [-1.80 \pm ((1.80)^2 - 4(1)(-5.40))] / 2(1)$ '
- › ' $x = [-1.80 \pm (3.24 + 21.60)] / 2$ '
- › ' $x = [-1.80 \pm (24.84)] / 2$ '
- › ' $x = [-1.80 \pm 4.98] / 2$ '
- › हमें दो मान मिलते हैं: ' $x = (-1.80 + 4.98) / 2 = 3.18 / 2 = 1.59$ ' और ' $x = (-1.80 - 4.98) / 2 = -6.78 / 2 = -3.39$ '
- › क्योंकि सांद्रता 'ऋणात्मक' नहीं हो सकती, हम ' $x = 1.59$ ' को चुनते हैं। यह 'प्रारंभिक सांद्रता' (3.00) से कम है, तो यह 'रासायनिक रूप से मान्य' (chemically meaningful) है।
- › पाँचवाँ कदम: साम्यावस्था सांद्रताओं की गणना करते हैं।
- › ' $[\text{PCl}_5] = 3.00 - x = 3.00 - 1.59 = 1.41 \text{ M}$ '
- › ' $[\text{PCl}_3] = x = 1.59 \text{ M}$ '
- › ' $[\text{Cl}_2] = x = 1.59 \text{ M}$ '

उत्तर – साम्यावस्था पर PCl_5 की सांद्रता 1.41 M, PCl_3 की सांद्रता 1.59 M, और Cl_2 की सांद्रता 1.59 M होगी।

उदाहरण 13. 298 K पर एक अभिक्रिया के लिए साम्यावस्था स्थिरांक (K) का मान 1.0×10^5 है। इस अभिक्रिया के लिए मानक गिब्स ऊर्जा परिवर्तन (ΔG°) की गणना कीजिए। (दिया गया है: $R = 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$)

- › हमें सूत्र पता है: ' $\Delta G^\circ = -RT \ln K$ '
- › दिए गए मानों को सूत्र में रखेंगे: ' $R = 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ ', ' $T = 298 \text{ K}$ ', ' $K = 1.0 \times 10^5$ '
- › सबसे पहले ' $\ln K$ ' का मान निकालेंगे: ' $\ln (1.0 \times 10^5) = 5 * \ln(10) = 5 * 2.303 = 11.515$ '। (या सीधे कैलकुलेटर से)
- › अब सभी मानों को सूत्र में रखें: ' $\Delta G^\circ = - (8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}) * (298 \text{ K}) * (11.515)$ '
- › गुणा करने पर: ' $\Delta G^\circ = -28522.6 \text{ J/mol}$ '
- › इसे किलो जूल में बदलें: ' $\Delta G^\circ = -28.52 \text{ kJ/mol}$ '

उत्तर – अभिक्रिया के लिए मानक गिब्स ऊर्जा परिवर्तन (ΔG°) लगभग -28.52 kJ/mol है।

उदाहरण 14. एक साम्य अभिक्रिया है: $\text{N(g)} + 3\text{H(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH(g)} + \text{ऊष्मा}$ । यदि इस अभिक्रिया मिश्रण में और अधिक N गैस मिलाई जाए, तो साम्य पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

- › पहला चरण: हम देखते हैं कि अभिक्रिया साम्यावस्था में है: $\text{N(g)} + 3\text{H(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH(g)} + \text{ऊष्मा}$ ।
- › दूसरा चरण: हमने अभिक्रिया में 'N गैस' मिलाई है, यानी हमने अभिकारक 'N' की सांद्रता बढ़ा दी है। यह एक 'प्रभाव' है।
- › तीसरा चरण: ला-शातेलिए के सिद्धांत के अनुसार, साम्य इस प्रभाव को 'कम' करने की कोशिश करेगा। N की सांद्रता कम करने का तरीका क्या है? N का उपभोग करना।
- › चौथा चरण: N का उपभोग तभी होगा जब अभिक्रिया 'अग्र दिशा' (दाहिनी ओर) में चलेगी, यानी N और H मिलकर NH बनाएंगे।
- › निष्कर्ष: इसलिए, साम्य 'अग्र दिशा' में विस्थापित होगा, जिससे अधिक अमोनिया (NH) बनेगी और N की बढ़ी हुई सांद्रता का प्रभाव कम हो जाएगा।

उत्तर – साम्य अग्र दिशा (उत्पादों की ओर) में विस्थापित होगा, जिससे अमोनिया (NH) का उत्पादन बढ़ जाएगा।

उदाहरण 15. एक साम्यावस्था अभिक्रिया है: $\text{N(g)} + 3\text{H(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH(g)}$ । अगर हम साम्यावस्था पर H की सांद्रता बढ़ा दें, तो साम्यावस्था किस दिशा में विस्थापित होगी?

- › पहला चरण: अभिक्रिया को देखो, $\text{N(g)} + 3\text{H(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH(g)}$ ।
- › दूसरा चरण: हमने 'H की सांद्रता बढ़ाई' है।
- › तीसरा चरण: ला-शातेलिए सिद्धांत कहता है कि साम्यावस्था इस बढ़े हुए H को 'कम करने की कोशिश करेगी' (to counteract the increase in H concentration)।
- › चौथा चरण: H को कम करने का एकमात्र तरीका है कि वह 'N के साथ अभिक्रिया करके NH बनाए' (to react with N to form NH)।
- › पांचवां चरण: इसका मतलब है कि साम्यावस्था 'अग्र दिशा में' (forward direction) यानी 'उत्पाद बनने की दिशा में' (towards product formation) विस्थापित होगी।

उत्तर – साम्यावस्था अग्र दिशा में (यानी NH बनाने की दिशा में) विस्थापित होगी।

उदाहरण 16. एक साम्यावस्था अभिक्रिया है: $\text{N(g)} + 3\text{H(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH(g)}$ । अगर इस अभिक्रिया मिश्रण पर दाब बढ़ा दिया जाए, तो साम्यावस्था किस दिशा में विस्थापित होगी?

- › पहला कदम, हम 'अभिकारकों और उत्पादों के गैसीय मोलों की कुल संख्या' (total number of gaseous moles) देखेंगे।
- › अभिकारक N(g) के 1 मोल और H(g) के 3 मोल हैं, तो कुल 'अभिकारक मोल = 1 + 3 = 4' मोल।
- › उत्पाद NH(g) के '2 मोल' हैं।
- › अब, दाब बढ़ाने पर साम्यावस्था 'कम गैसीय मोलों वाली दिशा' में जाएगी।
- › यहाँ उत्पादों की तरफ '2 मोल' हैं जो अभिकारकों के '4 मोल' से कम हैं।
- › तो, साम्यावस्था 'अग्र दिशा' (forward direction) में विस्थापित होगी, यानी अमोनिया (NH) बनने की तरफ।

उत्तर – साम्यावस्था अग्र दिशा (उत्पाद की ओर) विस्थापित होगी।

उदाहरण 17. एक अभिक्रिया है: $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ जिसका $H = +92.5 \text{ kJ/mol}$ है। बताइए यदि हम तापमान बढ़ा दें, तो साम्यावस्था की दिशा और साम्यावस्था स्थिरांक (K) पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

- › पहला कदम, H के मान को देखो। यहाँ H धनात्मक है (+92.5 kJ/mol), जिसका मतलब यह अभिक्रिया एक ऊष्माशोषी (endothermic) अभिक्रिया है। यानी यह अभिक्रिया होने के लिए ऊष्मा को सोखती है।
- › दूसरा कदम, ऊष्माशोषी अभिक्रियाओं के लिए ला-शातेलिए सिद्धांत क्या कहता है? ऊष्माशोषी अभिक्रियाओं में, ताप बढ़ाने पर साम्यावस्था उस दिशा में जाती है जहाँ ऊष्मा का और ज्यादा अवशोषण हो सके, यानी अभिक्रिया आगे की दिशा में (उत्पादों की ओर) बढ़ती है।
- › तीसरा कदम, साम्यावस्था स्थिरांक (K) पर प्रभाव। हमने अभी सीखा कि ऊष्माशोषी अभिक्रियाओं के लिए ताप बढ़ाने पर साम्यावस्था स्थिरांक (K) का मान बढ़ता है।
- › तो, अगर हम तापमान बढ़ाएंगे, तो साम्यावस्था उत्पादों (PCl₃ और Cl₂) की ओर स्थानांतरित हो जाएगी, जिससे

PCI का वयोजन बढ़ जाएगा।

उत्तर – तापमान बढ़ाने पर, यह ऊष्माशोषी अभिक्रिया आगे की दिशा में (उत्पादों की ओर) बढ़ेगी, और साम्यावस्था स्थिरांक (K) का मान बढ़ेगा।

उदाहरण 18. एक उत्क्रमणीय अभिक्रिया में $A + B \rightleftharpoons C + D$, उत्प्रेरक डालने पर क्या होगा?

- › पहला कदम: उत्प्रेरक अग्र अभिक्रिया ($A + B \rightarrow C + D$) के वेग को बढ़ाएगा।
- › दूसरा कदम: उत्प्रेरक प्रतीप अभिक्रिया ($C + D \rightarrow A + B$) के वेग को भी समान मात्रा में बढ़ाएगा।
- › तीसरा कदम: दोनों अभिक्रियाओं का वेग बढ़ने से साम्यावस्था 'जल्दी' स्थापित हो जाएगी।
- › चौथा कदम: साम्यावस्था पर A, B, C और D की सांद्रता का अनुपात (साम्यावस्था का संघटन) 'अपरिवर्तित' रहेगा, यानी उत्प्रेरक साम्यावस्था की स्थिति को नहीं बदलेगा।

उत्तर – उत्प्रेरक अभिक्रिया के वेग को बढ़ाएगा और साम्यावस्था जल्दी प्राप्त होगी, लेकिन साम्यावस्था के संघटन को नहीं बदलेगा।

बोर्ड परीक्षा के लिए खास

- यह अवधारणा बोर्ड परीक्षाओं के लिए बहुत महत्वपूर्ण है। 'साम्यावस्था की गतिक प्रकृति' पर सीधा प्रश्न अक्सर पूछा जाता है। इसे उदाहरण के साथ समझाना ज़रूरी है।
- भौतिक प्रक्रमों में साम्यावस्था के उदाहरणों को अच्छे से समझना, खासकर ठोस-द्रव, द्रव-वाष्प, और घुलनशीलता के बीच अंतर और उनकी शर्तें (जैसे तापमान, दाब) बोर्ड परीक्षा के लिए बहुत महत्वपूर्ण हैं।
- साम्यावस्था की 'गतिक प्रकृति' को अच्छे से समझकर जाना। यह बोर्ड परीक्षा में अक्सर पूछा जाता है कि साम्यावस्था गतिशील क्यों होती है, स्थैतिक क्यों नहीं।
- बोर्ड परीक्षा में रासायनिक अभिक्रियाओं के लिए K_c के व्यंजक लिखने के सवाल अक्सर आते हैं, खासकर विषम (heterogeneous) साम्यावस्था के लिए जहाँ ठोस या द्रव को शामिल नहीं किया जाता। इन पर खास ध्यान देना।
- समांग और विषमांग साम्यावस्था के उदाहरणों को ध्यान से देखना और उनकी प्रावस्थाएँ (phases) पहचानना सीखो। कई बार सीधे-सीधे उदाहरण देकर पूछा जाता है।
- यह संबंध $K_p = K_c(RT)^n$ बोर्ड परीक्षा में बहुत महत्वपूर्ण है। इस पर आधारित सीधे प्रश्न या आंशिक प्रश्न अक्सर पूछे जाते हैं। n की सही गणना करना सीखना बहुत ज़रूरी है।
- बोर्ड परीक्षा में, विषमांग साम्यावस्था की पहचान करना और उसके लिए साम्यावस्था स्थिरांक का सही व्यंजक लिखना बहुत महत्वपूर्ण है। शुद्ध ठोस और द्रव की सांद्रता को व्यंजक से बाहर रखने वाली गलती से बचें।
- साम्यावस्था स्थिरांक के मान के आधार पर अभिक्रिया की सीमा का अनुमान लगाने वाले प्रश्न अक्सर एक या दो नंबर में पूछे जाते हैं। अलग-अलग K मान के लिए उत्पाद और अभिकारक की सापेक्ष मात्रा को ध्यान से समझें और लिखें।
- साम्यावस्था स्थिरांक (K) और अभिक्रिया भागफल (Q) के बीच के अंतर को स्पष्ट रूप से समझो और इनके तुलनात्मक विश्लेषण पर आधारित प्रश्न बोर्ड परीक्षा में अक्सर आते हैं।
- यह विषय 'बोर्ड परीक्षा' (Board Exam) के लिए बहुत ज़रूरी है बच्चों। 'वर्ग समीकरण' (quadratic equation) वाले प्रश्न अक्सर आते हैं। इसलिए 'x' के मान को सही तरीके से हल करना और रासायनिक रूप से मान्य उत्तर चुनना सीख लो। कम से कम दो या तीन अंक का सवाल इससे ज़रूर आता है।
- ला-शातेलिए सिद्धांत के अनुप्रयोग बोर्ड परीक्षा में बहुत महत्वपूर्ण हैं। हर कारक (सांद्रता, ताप, दाब) के प्रभाव को अलग-अलग समझना और उदाहरणों से समझाना सीखो।
- यह ला-शातेलिए सिद्धांत का 'दाब-परिवर्तन का प्रभाव' बोर्ड परीक्षाओं में 'कारण बताओ' या 'प्रभाव स्पष्ट करो' जैसे प्रश्नों में अक्सर पूछा जाता है। गैसीय मोलों की संख्या गिनना बिल्कुल मत भूलना।
- यह बहुत ज़रूरी कॉन्सेप्ट है! परीक्षा में अक्सर पूछा जाता है कि उत्प्रेरक साम्यावस्था पर क्या प्रभाव डालता है। हमेशा याद रखना - सिर्फ 'समय कम' करता है, 'स्थिति नहीं' बदलता।

एक नज़र में रिवीज़न

- › साम्यावस्था: अग्र-पश्च अभिक्रिया दर समान, निकाय गतिक, सांद्रता स्थिर।
- › भौतिक साम्यावस्था में अवस्थाएँ बदलती हैं पर पदार्थ का रासायनिक संगठन नहीं।
- › रासायनिक साम्य में अग्र व प्रतीप अभिक्रिया दरें समान होती हैं, पर अभिक्रिया रुकती नहीं।
- › $K_c = \frac{[\text{उत्पाद}][\text{गुणांक}]}{[\text{अभिकारक}][\text{गुणांक}]}$; केवल गैस/जलीय वलियन; ताप पर निर्भर।
- › समांग साम्यावस्था: सभी अभिकारक-उत्पाद एक ही प्रावस्था (गैस/विलयन) में।
- › K_p गैसीय साम्यावस्था के लिए, $K_p = K_c(RT)^n$, $n = \text{गैसीय मोल अंतर}$ ।
- › विषमांग साम्यावस्था: >1 प्रावस्था। शुद्ध ठोस/द्रव सांद्रता व्यंजक में नहीं आती।
- › K मान से अभिक्रिया की सीमा (उत्पाद/अभिकारक मात्रा) का अनुमान।
- › $Q < K$: आगे; $Q > K$: पीछे; $Q = K$: साम्यावस्था।
- › साम्य सांद्रता गणना: I.C.E. टेबल, 'x' हल करें, K_c/K_p में रखें।
- › सांद्रता बदलने पर, साम्य परिवर्तन के प्रभाव को कम करने की दिशा में विस्थापित।
- › दाब बढ़ाओ कम गैसीय मोलों की दिशा। दाब घटाओ अधिक गैसीय मोलों की दिशा।
- › उत्प्रेरक अभिक्रिया वेग बढ़ाता, साम्यावस्था जल्दी, स्थिति अपरिवर्तित।