



टिप्पणियाँ

11

रासायनिक साम्य

किसी रासायनिक अभिक्रिया को करने के लिए जब अभिकारकों को पूर्णतया निश्चित अनुपात में मिलाया जाता है तो यह माना जाता है कि सभी अभिकारक पूर्णतः उत्पादों में परिवर्तित हो जाएँगे तथा ऊर्जा विमुक्त अथवा अवशोषित होगी। परन्तु सदैव यह सत्य नहीं होता है। बहुत सी रासायनिक अभिक्रियाएँ कुछ समय तक चलती हैं और फिर रुक जाती हैं। इनका विश्लेषण करने पर मिश्रण में अभिकारक तथा उत्पाद दोनों प्राप्त होते हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि जैसे अभिकारक संयुक्त होकर उत्पाद बनाते हैं, उसी प्रकार, उत्पाद भी संयुक्त होकर वापिस अभिकारक बनाना शुरू कर देते हैं।

जब ऐसे विपरीत प्रक्रम समान दर से होते हैं तो कोई अभिक्रिया होती हुई नहीं दिखाई पड़ती और यह स्थिति साम्यावस्था कहलाती है। इस पाठ में, हम रासायनिक साम्य के विभिन्न पहलुओं पर विचार करेंगे। हम इस पर भी विचार करेंगे कि हम किस प्रकार साम्यावस्था की विभिन्न परिस्थितियों में परिवर्तन करके किसी अभिक्रिया के होने की सीमा को नियन्त्रित कर सकते हैं ताकि अभिक्रिया चलती रहे।



उद्देश्य

इस पाठ को पढ़ने के बाद आप:

- स्थितिज और गतिज साम्यावस्था में भेद कर सकेंगे;
- उत्क्रमणीय एवं अनुत्क्रमणीय अभिक्रियाओं की पहचान और उनके बीच भेद कर सकेंगे;
- साम्यावस्था पर किसी तंत्र के अभिलक्षणों को सूचीबद्ध कर उनकी व्याख्या कर सकेंगे;
- विभिन्न प्रकार के साम्यों जैसे भौतिक, रासायनिक, समांगी, विषमांगी के लिए साम्य नियम को प्रयुक्त कर सकेंगे तथा साम्य-स्थिरांक के लिए समीकरण लिख सकेंगे;
- भौतिक परिवर्तनों में सम्मिलित साम्य का और उनके अभिलक्षणों का वर्णन कर सकेंगे;
- समांगी और विषमांगी अवस्था के बीच साम्य में भेद कर सकेंगे;
- द्रव्यमान क्रिया के नियम की व्याख्या कर सकेंगे;



टिप्पणियाँ

- K_C तथा K_p के परस्पर संबंध बता सकेंगे तथा उसकी व्युत्पत्ति कर सकेंगे और उनसे संबंधित कुछ परिकलन कर सकेंगे, और
- साम्यवस्था को प्रभावित करने वाले कारकों की सूची बना सकेंगे तथा ला-शातैलिए नियम का अनुप्रयोग कर सकेंगे।

11.1 स्थितिज और गतिज साम्य

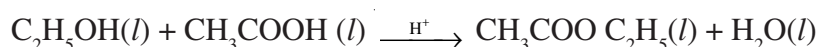
साम्यावस्था भौतिक तथा रासायनिक— दोनों प्रकार के निकायों में देखी जा सकती है। इसी प्रकार, साम्यावस्था प्रकृति में स्थितिज और गतिज— दोनों प्रकार की हो सकती है। एक मेज पर रखी पुस्तक स्थितिज साम्य का एक उदाहरण है। यहाँ क्रिया एवं प्रतिक्रिया बल एक दूसरे को निरस्त कर देते हैं जिससे कोई परिवर्तन नहीं होता। इसलिए यह स्थितिज साम्य की घटना है। दूसरी ओर, एक एस्केलेटर जिस गति से नीचे आता है यात्री उसी गति से ऊपर की ओर जाता है, यह एक गतिज साम्य की घटना है। यहाँ, चूँकि दोनों विपरीत दिशाओं में तथा समान गति से चल रहे हैं इसलिए कोई भी शुद्ध परिवर्तन नहीं होता। उपरोक्त उदाहरणों में दर्शाए गए साम्य भौतिक निकायों में होते हैं।

11.2 उत्क्रमणीय तथा अनुत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ

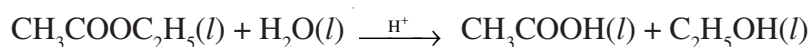
रासायनिक अभिक्रियाओं को उत्क्रमणीय तथा अनुत्क्रमणीय अभिक्रियाओं में वर्गीकृत किया जा सकता है।

11.2.1 उत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ

आइए एथानॉल और ऐसीटिक अम्ल के बीच होने वाली अभिक्रिया पर विचार करें। तनु सल्फ्यूरिक अम्ल की उपस्थिति में मिलाने पर वे परस्पर क्रिया कर एथिल ऐसीटेट तथा जल बनाते हैं।



इसके विपरित जब एथिल ऐसीटेट तथा जल को तनु सल्फ्यूरिक अम्ल की उपस्थिति में मिलाने पर पश्च अभिक्रिया होती है,



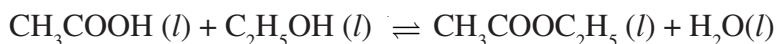
यह देखा जा सकता है कि दूसरी अभिक्रिया पहली अभिक्रिया की पश्च अभिक्रिया है और यहाँ उन्हीं परिस्थितियों में अग्र तथा पश्च अभिक्रियाएँ साथ-साथ होती हैं। ऐसी अभिक्रियाएँ, जो विपरीत दिशाओं में साथ-साथ होती हैं, उत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ (reversible reactions) कहलाती हैं।

एक अभिक्रिया उत्क्रमणीय अभिक्रिया तब कहलाती है जब किसी निश्चित तापमान और दाब पर अग्र और पश्च दोनों अभिक्रियाएँ साथ-साथ होती हैं।

उत्क्रमणीय अभिक्रियाओं को दो आधे तीरों, (\rightleftharpoons) जो विपरीत दिशाओं में अभिकारकों और उत्पादों की ओर संकेत करते हैं, द्वारा दर्शाया जाता है। अतः उपर्युक्त अभिक्रिया को लिखने की उचित विधि इस प्रकार है।



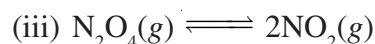
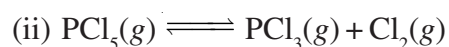
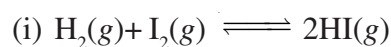
टिप्पणियाँ



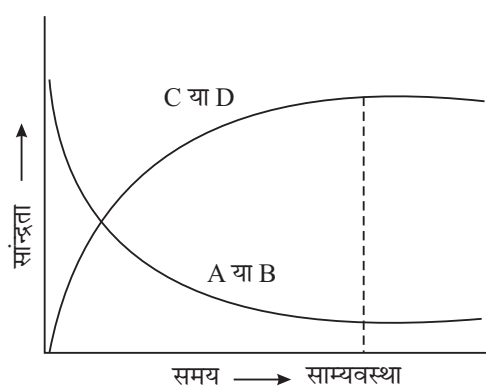
जब अग्र अभिक्रिया में एथिल ऐसीटेट तथा जल बनते हैं तभी पश्च अभिक्रिया में एथानॉल एवं ऐसीटिक अम्ल बनने प्रारम्भ हो जाते हैं। कुछ समय बाद सभी अभिकारकों और उत्पादों की सान्द्रताएँ स्थिर हो जाती हैं। यह स्थिति तब प्राप्त होती है जब अग्र और उत्क्रम अभिक्रियाओं की दर समान हो जाए तथा निकाय के सभी गुणधर्म स्थिर हो जाएँ। ऐसी स्थिति में कहा जाता है कि निकाय ने साम्यावस्था प्राप्त कर ली है। यह ध्यान देने योग्य बात है कि साम्यावस्था केवल तब प्राप्त होती है जब अभिक्रिया संवृत तंत्र (closed system) में की जाए। साम्य के समय, अग्र और उत्क्रम दोनों अभिक्रियाएँ होती हैं और यह स्थिति गतिज साम्यावस्था की है क्योंकि तंत्र में कोई शुद्ध (net) परिवर्तन नहीं होता है।

किसी उत्क्रमणीय अभिक्रिया को साम्यावस्था में तब कहा जाता है जब अग्र और पश्च अभिक्रियाएँ एक संवृत तंत्र में समान दर से हों तथा समय के साथ-साथ अभिकारकों और उत्पादों की सान्द्रताएँ न बदलें।

$A + B \rightleftharpoons C + D$ जैसी उत्क्रमणीय अभिक्रियाओं के कुछ उदाहरण:



चित्र 11.1 में आलेखों द्वारा उत्क्रमणीय अभिक्रियाओं में साम्यावस्था को दर्शाया गया है।



चित्र 11.1: उत्क्रमणीय अभिक्रियाओं में साम्यावस्था

यह आलेख दर्शाता है कि अग्र अभिक्रिया की दर धीरे-धीरे कम होती है जबकि पश्च अभिक्रिया की दर बढ़ती है। ऐसा तब तक होता है जब तक कि ये दरें स्थिर और एक दूसरे के समान न हो जाएँ।

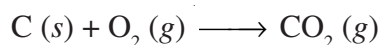


टिप्पणियाँ

11.2.2 अनुत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ

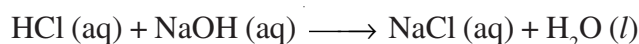
अधिकांश अभिक्रियाएँ एक ही दिशा में होती हैं। उन्हें **अनुत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ** (irreversible reactions) कहते हैं।

उदाहरण के लिए, जब कार्बन को हवा में जलाकर कार्बन डाइऑक्साइड बनाते हैं तो अभिक्रिया केवल एक ही दिशा में होती है अर्थात् कार्बन डाइऑक्साइड बनने की दिशा में

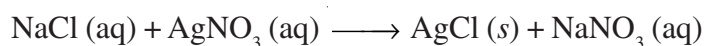


सच तो यह है कि सभी अभिक्रियाएँ उत्क्रमणीय मानी जाती हैं। किन्तु अभिक्रिया की दर एक विशेष दिशा में दूसरी की तुलना में बहुत ही कम होती है। इसलिए अभिक्रिया लगभग एक ही दिशा में पूर्ण हो जाती है और अभिकारकों की अत्यंत कम मात्राएँ शेष रह जाती हैं।

जब हाइड्रोक्लोरिक अम्ल को समान आयनिक मात्राओं में सोडियम हाइड्रॉक्साइड क्षार के साथ मिलाया जाता है, तब एक उदासीनीकरण अभिक्रिया होती है जिसमें सोडियम क्लोराइड और जल बनते हैं।



यह अभिक्रिया अग्र दिशा में पूर्णता की ओर अग्रसर होती है। इसी प्रकार, जब सोडियम क्लोराइड विलयन में सिल्वर नाइट्रेट विलयन मिलाया जाता है तो शीघ्र ही सिल्वर क्लोराइड अवक्षेपित हो जाता है।



11.3 साम्यावस्था के अभिलक्षण

1. किसी उत्क्रमणीय अभिक्रिया में रासायनिक साम्य की अवस्था तब प्राप्त होती है जब

- (i) तंत्र का ताप एक स्थिर मान प्राप्त कर लेता है।
- (ii) तंत्र का दाब स्थिर मान प्राप्त कर लेता है।
- (iii) सभी अभिकारकों और उत्पादों की सांद्रताएँ स्थिर मान प्राप्त कर लेती हैं।

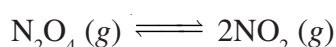
साम्यावस्था के निम्नलिखित लाक्षणिक गुणधर्म होते हैं।

(i) रासायनिक साम्य गतिशील प्रकृति का होता है।

रासायनिक साम्य दो समान किन्तु विपरीत प्रक्रमों का परिणाम होता है जो अग्र और उत्क्रम दिशाओं में होता है और तंत्र में कोई 'नेट' परिवर्तन नहीं होता है।

(ii) साम्य दोनों ओर से प्राप्त किया जा सकता है।

चाहे अभिक्रिया अभिकारकों से आरम्भ की जाए अथवा उत्पादों से— दोनों में वही साम्यावस्था प्राप्त होती है। किसी अभिक्रिया की साम्यावस्था का अभिलक्षण उसका साम्य स्थिरांक होता है, जिसकी चर्चा बाद में की जाएगी। उदाहरण के लिए:



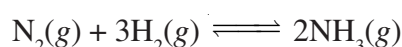
इस अभिक्रिया में वही साम्य स्थापित होता है चाहे हम N_2O_4 से आरम्भ करें अथवा NO_2 से।



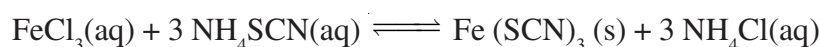
टिप्पणियाँ

(iii) साम्य केवल संवृत तंत्र में ही प्राप्त होता है।

साम्य केवल तब प्राप्त होता है जब तंत्र के किसी भी भाग, अभिकारक अथवा उत्पाद को बाहर न निकलने दिया जाए अर्थात् तंत्र, संवृत हो। यदि किसी तंत्र में गैसीय प्रावस्था अथवा वाष्पशील द्रव हो तो उसे बंद पात्र में रखना चाहिए। उदाहरणार्थ,



जिस तंत्र में केवल अवाष्पशील द्रव और ठोस प्रावस्थाएँ हैं तो उन्हें खुले पात्र में भी रखा जा सकता है क्योंकि ऐसे पदार्थों की निकाय से बाहर निकलने की प्रवृत्ति नहीं होती है, उदाहरणार्थ,



(iv) उत्प्रेरक साम्यावस्था में परिवर्तन नहीं कर सकता है।

उत्प्रेरक मिलाने से अग्र और उत्क्रम अभिक्रियाओं की गतियों में समान मात्रा में वृद्धि होती है जिससे साम्यावस्था शीघ्र प्राप्त हो जाती है। किन्तु अभिकारकों और उत्पादों की साम्यावस्था की सांद्रताओं पर किसी प्रकार का प्रभाव नहीं पड़ता है।

11.4 भौतिक प्रक्रमों में साम्य : प्रावस्था साम्य

साम्यावस्था को भौतिक प्रक्रमों में भी प्राप्त किया जा सकता है।

11.4.1 द्रव-वाष्प साम्यावस्था

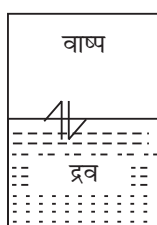
आइए एक खाली पात्र में कुछ द्रव लेकर उसे बंद कर दें। आरंभ में द्रव के ऊपर वाष्प दाब शून्य होगा। कुछ देर बाद, द्रव वाष्पित होना आरंभ हो जाएगा और वाष्प उसके ऊपर के खाली स्थान को भर लेंगे।

द्रव → वाष्प

उद्वाष्पन दर आरंभ में अधिकतम होती है। जैसे-जैसे वाष्प की मात्रा बढ़ती है उनके दाब में वृद्धि होती है और उद्वाष्पन-दर कम हो जाती है। साथ ही द्रवण का प्रक्रम आरंभ हो जाता है और उसकी दर वाष्प दाब की मात्रा बढ़ने के साथ बढ़ती है चित्र (11.2)। कुछ समय बाद उद्वाष्पन और द्रवण की दरें समान हो जाती हैं और निम्नलिखित साम्य स्थापित हो जाता है।

द्रव ⇌ वाष्प

वाष्प → द्रव



चित्र 11.2: द्रव-वाष्प साम्य

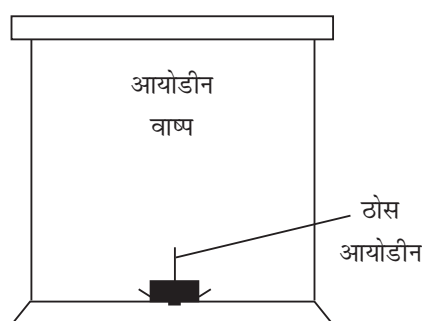
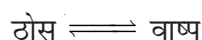


टिप्पणियाँ

साम्य पर, वाष्प दाब का मान अधिकतम हो जाता है और यह **संतृप्त वाष्प दाब** (saturated vapour pressure) और साधारणतया वाष्प दाब के नाम से जाना जाता है। एक निश्चित ताप पर प्रत्येक द्रव का अपना एक विशिष्ट वाष्प दाब होता है। ताप में वृद्धि के साथ द्रव के वाष्प दाब में भी वृद्धि होती है।

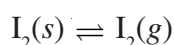
11.4.2 ठोस-वाष्प साम्य

वाष्पशील ठोसों के उर्ध्वपातन से वाष्प बनाते हैं। यह स्थिति द्रव-वाष्प तंत्र के समान ही होती है। स्थिर ताप पर संवृत पात्र में रखने पर निम्नलिखित साम्य स्थापित होता है।



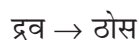
चित्र 11.3: ठोस-वाष्प साम्य

इस तरह का साम्य कुछ आयोडीन के एक गैस जार में रखकर उसे ढक्कन से बंद करके कुछ समय बाद प्राप्त किया जा सकता है, (चित्र 11.3)। धीरे-धीरे बैंगनी रंग की आयोडीन वाष्प पूरे जार को भर लेती है और निम्नलिखित साम्य स्थापित होता है

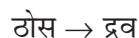


11.4.3 ठोस-द्रव्य साम्य

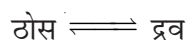
हिमांक के नीचे द्रव स्वतः जम जाता है।



ठोस को गलनांक तक गरम करने पर ठोस स्वतः पिघल जाता है।

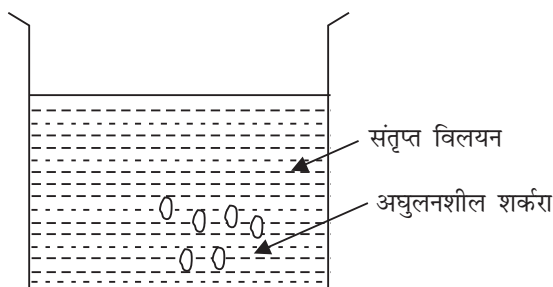


गलनांक पर दोनों प्रावस्थाएँ साम्य पर होती हैं।



क्योंकि उपर्युक्त दो प्रक्रम साथ-साथ और समान दर से होते हैं। ताप अर्थात् ठोस का गलनांक इस साम्य का अभिलाक्षणिक होता है।

11.4.4 विलेय-विलयन साम्य



चित्र 11.4: विलेय-विलयन साम्य

जब शर्करा के क्रिस्टल शर्करा के संतृप्त जलीय विलयन में डाले जाते हैं तो यह प्रतीत होता है कोई परिवर्तन नहीं हो रहा है तथा शर्करा अघुलनशील ही रहती हुई प्रतीत होती है। वास्तव में, अघुलनशील शर्करा, संतृप्त शर्करा विलयन में घुलती है, और एकसमान मात्रा में विलयन से शर्करा पृथक हो जाती है। इसमें ठोस शर्करा तथा विलयन शर्करा एक साम्य तंत्र बनाते हैं जो कि प्रकृति में गतिशील होता है।

$$\text{शर्करा (ठोस)} \rightleftharpoons \text{शर्करा-विलयन (संतृप्त)}$$

जब शर्करा की विलयीकरण दर, क्रिस्टलीकरण दर के समान हो जाती है तो साम्य स्थापित हो जाता है। सामान्यतया ऐसे साम्य को निम्नलिखित प्रकार से निरूपित किया जा सकता है,

$$\text{विलेय (ठोस)} \rightleftharpoons \text{विलयन (संतृप्त)}$$

इस साम्य को **विलेयता-साम्य (Solubility Equilibrium)** कहते हैं।

11.4.5 प्रावस्था और प्रावस्था साम्य

ऊपर दिए गए साम्यों में आपने अवश्य यह ध्यान दिया होगा कि तंत्र दो विभिन्न भागों— ठोस, द्रव, विलयन अथवा गैस, से बना होता है। यहाँ प्रत्येक भाग **प्रावस्था (phase)** कहलाता है।

किसी तंत्र का ऐसा समांगी भाग जिसके एकसमान संघटन तथा गुणधर्म होते हैं, प्रावस्था कहलाता है।

प्रावस्था भौतिक अवस्था नहीं होती है। बहुत अधिक महीन पीसे गए दो ठोसों का मिश्रण भी दो प्रावस्थाओं वाला तंत्र होता है। ऐसा इसलिए है क्योंकि दो ठोसों के कणों के भिन्न रासायनिक संघटन तथा भौतिक गुणधर्म होते हैं। पूर्णतया मिश्रणीय द्रव, विलयन तथा सभी गैसीय मिश्रण में, प्रत्येक में केवल एक प्रावस्था है।

सभी भौतिक साम्य ऐसे तंत्रों के उदाहरण हैं जिनमें विभिन्न प्रावस्थाएँ साम्य में होती हैं, वास्तव में ऐसा केवल तब होता है जब उनमें कम से कम एक घटक उभयनिष्ठ हो। दो प्रावस्थाओं के बीच इसी उभयनिष्ठ घटक में गतिक-विनिमय होता है। जब विनिमय की दरें समान हो जाती हैं तो साम्य स्थापित हो जाता है। ऊपर दिए गए उदाहरण में ठोस विलेय तथा विलयन साम्य में, शर्करा उभयनिष्ठ घटक है।



टिप्पणियाँ



टिप्पणियाँ

11.5 समांगी और विषमांगी तंत्रों में साम्य

13.5.1 समांगी तथा विषमांगी तंत्र

जिस तंत्र में केवल एक प्रावस्था होती है, समांगी तंत्र (homogeneous system) कहलाते हैं। उसके रासायनिक संघटन तथा गुणधर्म सर्वत्र समान होते हैं। यह केवल अणु-आमाप के कणों का बना होता है। शुद्ध ठोस, द्रव, गैस और विलयन— सभी समांगी तंत्रों के उदाहरण हैं।

एक ऐसा तंत्र जिसमें केवल एक प्रावस्था हो, समांगी तंत्र कहलाता है।

दूसरी ओर, विषमांगी तंत्र में कम से कम दो प्रावस्थाएँ होती हैं। ठोसों का मिश्रण अथवा अमिश्रणीय द्रवों का मिश्रण आदि विषमांगी तंत्रों (heterogeneous system) के उदाहरण हैं।

जिस तंत्र में दो या दो से अधिक प्रावस्थाएँ होती हैं, विषमांगी तंत्र कहलाता है।

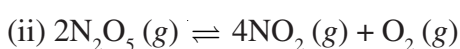
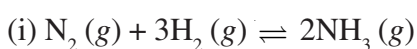
11.5.2 समांगी एवं विषमांगी साम्य तंत्र

दोनों प्रकार के तंत्रों में साम्य स्थापित किया जा सकता है। चूँकि सभी भौतिक साम्य कम से कम दो प्रावस्थाओं से मिलकर होते हैं इसलिए वे सभी विषमांगी साम्य के उदाहरण हैं। परंतु रासायनिक साम्य, प्रकृति में समांगी अथवा विषमांगी हो सकते हैं। यदि अभिकारक और उत्पाद दोनों एक ही प्रावस्था (द्रव अथवा गैस) में उपस्थित हों तो वह समांगी होता है और यदि एक से अधिक प्रावस्थाओं में उपस्थित हों तो यह विषमांगी होता है। नीचे दिए गए भागों में हम इस प्रकार के तंत्रों का अध्ययन करेंगे।

11.5.3 समांगी रासायनिक-साम्य तंत्र

(क) गैस-प्रावस्था समांगी तंत्र

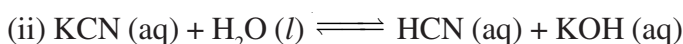
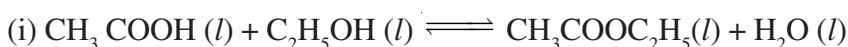
ऐसे तंत्रों में केवल गैसीय अभिकारक और उत्पाद होते हैं। चूँकि सभी गैसीय मिश्रण समांगी होते हैं, वे केवल एक प्रावस्था बनाते हैं। निम्नलिखित उदाहरण इसी प्रकार का साम्य दर्शाते हैं,



(ख) द्रव-प्रावस्था समांगी तंत्र

इन तंत्रों में उपस्थित सभी अभिकारक और उत्पाद द्रव प्रावस्था (जैसे विलयन) में होते हैं।

उदाहरणार्थ

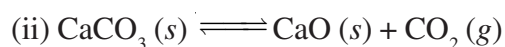
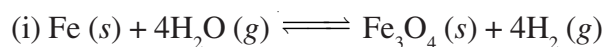




टिप्पणियाँ

11.5.4 विषमांगी रासायनिक-साम्य तंत्र

इन तंत्रों में अभिकारक और उत्पाद एक से अधिक प्रावस्थाओं में उपस्थित रहते हैं। उदाहरणार्थ,



पाठगत प्रश्न 11.1

1. उत्क्रमणीय अभिक्रिया किसे कहते हैं? इसके दो उदाहरण दीजिए।
2. कोई अभिक्रिया साम्यावस्था कब प्राप्त करती है?
3. आप कैसे जानेंगे कि तंत्र ने साम्यावस्था प्राप्त कर ली है अथवा नहीं?
4. भौतिक साम्य के दो उदाहरण दीजिए।
5. रासायनिक समांगी और विषमांगी साम्यों के लिए प्रत्येक के दो उदाहरण दीजिए।

11.6 द्रव्यमान क्रिया का नियम

उत्क्रमणीय अभिक्रिया की साम्यवस्था इसके साम्यता स्थिराक के द्वारा प्रदर्शित की जाती है जो कि समस्त अभिकारकों और उत्पादों की साम्यता की सांद्रता से संबंधित होती है। द्रव्य अनुपाती क्रिया के नियम के रूप में सर्वप्रथम साम्यता स्थिराक को लिखने की विधि की व्याख्या 1863 गुलबर्ग और वाखे ने दी। इसके अनुसार

वेग पदार्थ जिस पर दर पर अभिक्रिया करता है वह इसके क्रियाशील द्रव्यमान (द्रव्यमान सांद्रता) के अनुपातित होता है और कुल मिलाकर अभिक्रिया की दर सभी अभिकृत पदार्थों के उत्पादों के क्रियाशील द्रव्यमानों (मोलर सांद्रता) के अनुपातित होती है।

अभिक्रिया के लिए



$$\text{अभिक्रिया की दर} \propto [A][B]$$

$$\text{और} \quad = k[A][B]$$

यहाँ पर $[A] = A$ का मोलर सांद्रता (क्रियाशील द्रव्यमान)

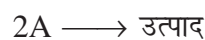
$$[B] = B \text{ की मोलर सांद्रता}$$

$k =$ अनुपातित का स्थिराक और अभिक्रिया का विशिष्ट दर स्थिराक कहलाता है।



टिप्पणियाँ

एक अभिक्रिया के बारे में विचार करें



इसे इस प्रकार भी लिखा जा सकता है

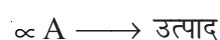


द्रव्यमान क्रिया नियम के अनुसार

$$\text{दर} \propto [A][A]$$

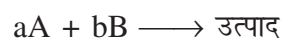
$$\propto [A]^2 = K[A]^2$$

अभिक्रिया के लिए



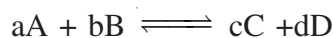
$$\text{दर} \propto [A]^0 = [A]^a$$

अधिक सामान्य अभिक्रिया के लिए



$$\text{वेग} = k[A]^a [B]^b$$

उत्क्रमणीय अभिक्रिया पर द्रव्य अनुपाती क्रिया का नियम प्रयोग करने पर



अग्र अभिक्रिया का दर r_f

$$r_f = k_f[A]^a[B]^b$$

और विपरीत अभिक्रिया के प्रतीय की दर, r_b

$$r_b = k_b[C]^c[D]^d$$

यहाँ पर k_f और k_b अग्र और पश्च अभिक्रिया का वेग स्थिरांक है

उत्क्रमणीयता साम्य पर अग्र अभिक्रिया का दर = पश्च अभिक्रिया का दर

$$r_f = r_b$$

मया

$$k_f[A]^a[B]^b = k_b[C]^c[D]^d$$

पुनः व्यवस्थित करने पर

$$k_{eqm} = \frac{k_f}{k_b} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

यहाँ पर k_{eqm} = अभिक्रिया का साम्य स्थिरांक है यह सांद्रता साम्य स्थिरांक भी कहलाता है और K_c सकेतिक से दिया जाता है।

यहाँ पर नोट किया जा सकता है कि तदनुरूपी अभिकर्मकों की सांद्रता के घांताक के पदों में r_f तथा r_b व्युत्क्रमणीय गुणांक के बराबर होते हैं जो कि प्रत्येक स्थिति में सत्य नहीं होता जैसा कि आप इकाई 14 में बाद में सीखेंगे इसलिए साम्य स्थिरांक का यह व्युपन्न सही नहीं है। हम यह सम्बन्ध ऊष्मागतिकीय से भी प्राप्त कर सकते हैं यहाँ इस सम्बन्ध को साम्यता नियम रूप में भी अपना सकते हैं जैसा कि अगली अभिक्रिया में वर्णन किया गया है।

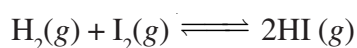


टिप्पणियाँ

11.7 साम्य-नियम का मात्रात्मक पक्ष

11.7.1 साम्य-नियम और सांद्रण साम्य-स्थिरांक

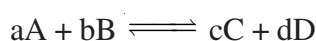
निम्नलिखित साम्य पर विचार कीजिए,



साम्य पर H_2 , I_2 तथा HI की सान्द्रताएँ स्थिर हो जाती हैं। प्रयोगात्मक रूप से यह भी देखा गया है कि H_2 और I_2 की आरम्भिक सान्द्रताएँ चाहे कुछ भी हों, सान्द्रण पदों का निम्नलिखित अनुपात सदैव स्थिर रहता है।

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

यहाँ $[\text{H}_2]$, $[\text{I}_2]$ और $[\text{HI}]$ क्रमशः H_2 , I_2 तथा HI की मोलर सान्द्रताएँ हैं और K_c को **सान्द्रण साम्य-स्थिरांक** (concentration equilibrium constant) कहते हैं, (कभी-कभी इसे केवल K से निरूपित किया जाता है)। साधारणतया उत्क्रमणीय अभिक्रिया के लिए



साम्य पर सांद्रण पदों का निम्नलिखित अनुपात किसी निश्चित ताप पर सदैव स्थिर रहता है।

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

उपर्युक्त संबंध को **साम्य-नियम** (law of equilibrium) कहते हैं। यह ध्यान देने की बात है कि साम्य-नियम में सभी सांद्रण मान, अभिकारकों और उत्पादों के साम्य-सांद्रण होते हैं। साम्य-नियम का अंश (numerator), उत्पादों की साम्य मोलर सांद्रताओं का गुणनफल होता है। प्रत्येक पद रासायनिक समीकरण में मूल तत्वानुपाती गुणांक के घात द्वारा उत्थित रहता है। इसी प्रकार, हर (denominator) अभिकारकों के इसी प्रकार के सांद्रता पदों का गुणनफल होता है।



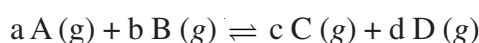
टिप्पणियाँ

11.7.2 दाब साम्य-स्थिरांक, K_p

साम्य नियम में, गैसों के मामले में, मोलर सांद्रताओं के स्थान पर गैसों के आंशिक दाब का भी उपयोग किया जा सकता है (क्योंकि दोनों एक दूसरे के अनुक्रमानुपाती होते हैं)। नए साम्य स्थिरांक, K_p , को दाब साम्य-स्थिरांक कहते हैं। H_2 और I_2 के बीच अभिक्रिया के लिए K_p इस प्रकार प्राप्त होता है।

$$K_p = \frac{P_{HI}^2}{P_{H_2} \times P_{I_2}}$$

इसमें P_{HI} , P_{I_2} और P_{H_2} क्रमशः HI , I_2 और H_2 के साम्य आंशिक दाब हैं। किसी सामान्य गैस प्रावस्था अभिक्रिया के लिए

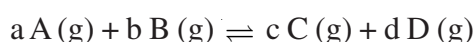


दाब साम्य-स्थिरांक इस प्रकार दिया जाता है।

$$K_p = \frac{P_C^c \times P_D^d}{P_A^a \times P_B^b}$$

11.7.3 K_p और K_c के बीच संबंध

साम्य पर सामान्य गैस प्रावस्था अभिक्रिया के लिए



दाब और सांद्रण साम्य स्थिरांक K_p और K_c इस प्रकार होते हैं।

$$K_p = \frac{P_C^c \times P_D^d}{P_A^a \times P_B^b} \quad \text{तथा} \quad K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

गैसीय पदार्थ i के लिए, पदार्थ गैस समीकरण इस प्रकार लिख सकते हैं :

$$p_i V = n_i RT$$

जिसमें p_i तथा n_i क्रमशः उसका आंशिक दाब और गैसीय मिश्रण में उसकी मात्रा है तथा V और T उसके आयतन और ताप हैं और (R) गैस स्थिरांक है। इस संबंध को इस प्रकार लिख सकते हैं।

$$p_i = \frac{n_i}{V} RT = c_i RT$$

जिसमें c_i , i का मोलर सान्द्रण है जिसे मोल प्रति लीटर में व्यक्त किया जाता है। इस संबंध का उपयोग K_p के व्यंजक में आंशिक दाब पदों को प्रतिस्थापित करने के लिए किया जाता है।

$$K_p = \frac{(c_C RT)^c (c_D RT)^d}{(c_A RT)^a (c_B RT)^b}$$

$$= \frac{c_C^c c_D^d}{c_A^a c_B^b} (RT)^{(c+d)-(a+b)}$$

मोलर सान्द्रताओं के लिए सामान्यतः गुरु कोष्ठक संवत-पद्धति का उपयोग करने पर,

$$K_p = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} (RT)^{(n_p - n_R)}$$

$$= K_c (RT)^{\Delta n_g}$$

जिसमें Δn_g अभिक्रिया में गैसीय पदार्थों की मात्रा में परिवर्तन है जो गैसीय उत्पादों की मात्रा n_p और गैसीय अभिकारकों की मात्रा n_R के अंतर के बराबर होता है।

(i) निम्नलिखित अभिक्रिया में



n_p = उत्पाद की मात्रा = 2

n_g = गैसीय अभिकारकों H_2 और I_2 की मात्रा = 1 + 1 = 2

इसलिए $\Delta n_g = n_p - n_R = 2 - 2 = 0$

$$\Delta n_g = 0$$

(ii) अभिक्रिया में



$$n_p = 2, n_R = 1 + 3 = 4$$

और $\Delta n_g = 2 - 4 = -2$

(iii) निम्नलिखित अभिक्रिया जिसमें ठोस और गैस हैं



$$\Delta n_g = 1$$

13.7.4 कुछ अभिक्रियाओं के साम्य स्थिरांक के व्यंजक

साम्य नियम का प्रयोग कुछ अभिक्रियाओं के लिए K_c और K_p व्यंजक लिखने के लिए किया जा सकता है।



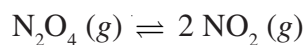
टिप्पणियाँ



टिप्पणियाँ

11.8 समांगी साम्य

(i) N_2O_4 का अपघटन



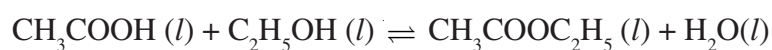
$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} ; K_p = K_p = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{N_2O_4}}$$

(ii) सल्फर डाइऑक्साइड का ऑक्सीकरण



$$K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} ; K_p = \frac{P_{SO_3}^2}{P_{SO_2}^2 \cdot P_{O_2}}$$

(iii) ऐसीटिक अम्ल का एथानॉल के साथ एस्टरीकरण



$$K_c = \frac{[CH_3COOC_2H_5][H_2O]}{[CH_3COOH][C_2H_5OH]}$$

इस अभिक्रिया में कोई गैस शामिल नहीं है इसलिए K_p का व्यंजक नहीं लिखा जा सकता है।

11.8.1 विषमांगी साम्य

निम्नलिखित साम्य पर विचार करें



साम्य नियम के अनुसार

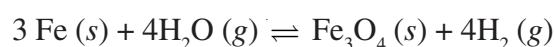
$$K_c = \frac{[CaO][CO_2]}{[CaCO_3]}$$

इसमें $CaCO_3$ और CaO ठोस हैं। स्थिर ताप पर शुद्ध ठोस अथवा द्रव का सांद्रण स्थिर रहता है, अतः उन्हें विषमांगी अभिक्रियाओं के साम्य स्थिरांक के व्यंजक में नहीं लिखा जाता है। इस अभिक्रिया का साम्य स्थिरांक इस प्रकार लिखा जाता है।

$$K_c = [CO_2] \text{ और } K_p = P_{CO_2}$$

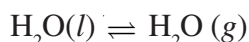
विषमांगी साम्य के कुछ और उदाहरण निम्नलिखित हैं।

(i) लोहे और भाप के बीच अभिक्रिया



$$K_c = \frac{[\text{H}_2]^4}{[\text{H}_2\text{O}]^4}; K_p = \frac{P_{\text{H}_2}^4}{P_{\text{H}_2\text{O}}^4}$$

(ii) द्रव-वाष्प साम्य



$$K_c = [\text{H}_2\text{O}; g]; K_p = P_{\text{H}_2\text{O}}$$

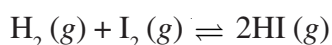


टिप्पणियाँ

11.9 साम्य स्थिरांक के अभिलक्षण

11.9.1 साम्य स्थिरांक और रासायनिक समीकरण

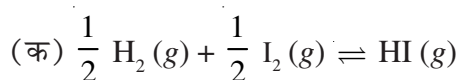
रासायनिक साम्य का व्यंजक उस विधि पर निर्भर करता है जिसमें उसे निरूपित करने वाला रासायनिक समीकरण लिखा जाता है। अभिक्रिया के लिए



साम्य स्थिरांक K को इस प्रकार दिया जाता है।

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

जब इस अभिक्रिया को निम्नलिखित प्रकार से लिखा जाता है,

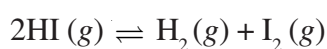


तब संगत साम्य स्थिरांक K_1 इस प्रकार दिया जाता है।

$$K_1 = \frac{[\text{HI}]}{[\text{H}_2]^{\frac{1}{2}}[\text{I}_2]^{\frac{1}{2}}}$$

यह देखा जा सकता है कि दो साम्य स्थिरांक K और K_1 इस प्रकार संबंधित हैं— $K_1 = \sqrt{K}$

(ख) जब अभिक्रिया उल्टरूप से लिखी जाती है।



$$K_2 = \frac{[\text{H}_2][\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2}$$

यहाँ पर यह इस प्रकार देखी जा सकती है

$$K_2 = \frac{1}{K}$$



टिप्पणियाँ

इसी प्रकार का संबंध दाब साम्य स्थिरांक K_p में भी पाया जाता है। इस प्रकार साम्य-स्थिरांक का व्यंजक इस बात पर निर्भर करता है कि अभिक्रिया के रासायनिक समीकरण को किस रूप में व्यक्त किया जाता है।

11.9.2 साम्य-स्थिरांक के मात्रक

साम्य-स्थिरांक K_c और K_p के मात्रक इस बात पर निर्भर करते हैं कि अभिक्रिया के दौरान पदार्थ की मात्रा में कोई परिवर्तन होता है या नहीं।

(क) अभिक्रियाएँ जिनमें पदार्थों की मात्रा में कोई परिवर्तन नहीं होता है, अर्थात् $\Delta n = 0$.

ऐसी अभिक्रियाओं के साम्य-स्थिरांक K का कोई मात्रक नहीं होता है। उदाहरण के लिए H_2 और I_2 के बीच अभिक्रिया में



$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} \quad K_p = \frac{P_{HI}^2}{P_{H_2} \cdot P_{I_2}}$$

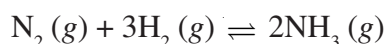
$$K_c = \frac{(\text{mol L}^{-1})^2}{(\text{mol L}^{-1})(\text{mol L}^{-1})} \quad K_p = \frac{\text{bar}^2}{(\text{bar})(\text{bar})}$$

इसलिए ऐसी स्थितियों में K_p तथा K_c का कोई मात्रक नहीं होता।

(ख) अभिक्रियाएँ जिनमें पदार्थों की मात्रा में परिवर्तन होता है, अर्थात् $\Delta n \neq 0$.

ऐसी अभिक्रियाओं के साम्य-स्थिरांक के मात्रक होते हैं जो पदार्थों की मात्राओं के परिवर्तन पर निर्भर करते हैं।

उदाहरणार्थ,



$$\Delta n = \Delta n_p - \Delta n_R$$

$$= 2 - 4 = -2$$

इस अभिक्रिया के लिए K_c के मात्रक $(\text{mol L}^{-1})^{-2}$ या $\text{L}^2 \text{mol}^{-2}$ तथा K_p के मात्रक bar^{-2} होंगे, जैसे कि नीचे दिखाया गया है।

इस प्रकार की अभिक्रियाओं के लिए साम्य-स्थिरांक,

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} \quad K_p = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} \times P_{H_2}^3}$$



टिप्पणियाँ

$$K_c = \frac{(\text{mol L}^{-1})^2}{(\text{mol L}^{-1})(\text{mol L}^{-1})^3} = (\text{mol L}^{-1})^{-2} = \text{L}^2 \text{mol}^{-2}$$

$$K_p = \frac{\text{दाब}^2}{\text{दाब} \cdot \text{दाब}^3} = \text{दाब}^{-2} = \text{bar}^{-2}$$

अभिक्रिया, $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$

के लिए, $\Delta n = 2 - 1 = 1$. इसलिए

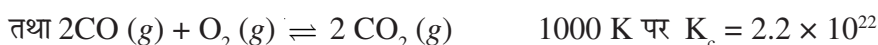
K_c तथा K_p के मात्रक क्रमशः

$K_c = \text{mol L}^{-1}$ तथा $K_p = \text{bar}$ होंगे।

11.9.3 K के परिमाण की सार्थकता

किसी अभिक्रिया के लिए साम्य-स्थिरांक का एक दिए गए तापमान पर नियत अभिलाक्षणिक मान होता है। आरम्भिक सान्द्रता और दाब में परिवर्तन तथा उत्प्रेरक की उपस्थिति से साम्य-स्थिरांक के मान में कोई अंतर नहीं होता है। किन्तु यदि ताप में परिवर्तन आए तो साम्य-स्थिरांक का मान भी परिवर्तित हो जाता है।

साम्य-स्थिरांक का परिमाण उस सीमा की माप होता है जहाँ तक, साम्य प्राप्त होने से पहले, अभिक्रिया होती है। यदि साम्य-मिश्रण में अभिकारकों की अपेक्षा उत्पाद अधिक मात्रा में विद्यमान हों तो K का परिमाण अधिक होता है। निम्नलिखित अभिक्रिया के लिए,

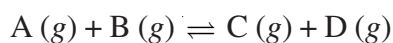


दूसरी अभिक्रिया के लिए K_c का मान बहुत अधिक होना यह दर्शाता है कि साम्य के समय पर उत्पादों की मात्रा अभिकारकों की मात्रा से बहुत अधिक है। इस प्रकार, साम्य-स्थिरांक का परिमाण साम्य की स्थिति के बारे में बताता है।

11.9.4 साम्य-स्थिरांकों का परिकलन

यदि साम्य-सान्द्रताएँ अथवा आंशिक दाब ज्ञात हों या दिए गए आँकड़ों से उन्हें प्राप्त किया जा सके तो साम्य-स्थिरांकों K_c तथा K_p को परिकलित किया जा सकता है। निम्नलिखित उदाहरणों में, ये परिकलन करने दर्शाए गए हैं।

उदाहरण 11.1 : निम्नलिखित अभिक्रिया के लिए साम्य-स्थिरांक की गणना कीजिए,



दिया है : साम्य पर, 1 लीटर के पात्र में A का 1 मोल, B के 0.5 मोल, C के 0.3 मोल तथा D के 10 मोल उपस्थित हैं।



टिप्पणियाँ

हल : साम्य नियम से,

$$K_c = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

चूँकि पात्र का आयतन 1 लीटर है, इसलिए A, B, C तथा D की सांद्रताएँ उनके मोलों की संख्या के बराबर होंगी। इसलिए

$$[A] = 1 \text{ mol L}^{-1}, [B] = 0.5 \text{ mol L}^{-1}, [C] = 3.0 \text{ mol L}^{-1} \text{ तथा } [D] = 10 \text{ mol L}^{-1}$$

$$K_c = \frac{(3.0 \text{ mol L}^{-1})(10 \text{ mol L}^{-1})}{(1 \text{ mol L}^{-1})(0.5 \text{ mol L}^{-1})} = \frac{3.0 \times 10}{1 \times 0.5} = 60$$

उदाहरण 11.2 : 298 K पर किए गए एक प्रयोग में, एक 2 लीटर के फ्लास्क में NOCl के 4.0 मोल लिए गए। साम्य प्राप्त होने पर NO के 1.32 मोल प्राप्त हुए। 298K पर निम्नलिखित अभिक्रिया के लिए, K_c का मान परिकलित कीजिए।



हल: साम्य-सांद्रताओं का परिकलन :

$$(i) [\text{NO}] = \frac{\text{NO के मोलों की संख्या}}{\text{आयतन}} = \frac{1.32 \text{ mol}}{2\text{L}} = 0.66 \text{ mol L}^{-1}$$

$$(ii) [\text{Cl}_2] = \frac{\text{Cl}_2 \text{ के मोलों की संख्या}}{\text{आयतन}} = \frac{\frac{1}{2} (\text{NO के मोलों की संख्या})}{\text{आयतन}}$$

$$= \frac{1.32 \text{ mol}}{2 \times 2\text{L}} = 0.33 \text{ mol L}^{-1}$$

$$(iii) [\text{NOCl}] = \frac{\text{NOCl के मोलों की संख्या}}{\text{आयतन}} = \frac{(\text{आरम्भिक मोल} - \text{अपघटित मोल})}{\text{आयतन}}$$

$$= \frac{(4.0 - 1.32) \text{ mol}}{2 \text{ L}} = \frac{2.68 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 1.34 \text{ mol L}^{-1}$$

अभिक्रिया, $2 \text{ NOCl} (g) \rightleftharpoons 2 \text{ NO} (g) + \text{Cl}_2 (g)$ के लिए,

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2 [\text{Cl}_2]}{[\text{NOCl}]^2} = \frac{(0.66 \text{ mol L}^{-1})^2 (0.33 \text{ mol L}^{-1})}{(1.34 \text{ mol L}^{-1})^2} = \frac{(0.66)^2 \times 0.33}{(1.34)^2}$$

$$= 0.080 \text{ mol L}^{-1}$$

$$K_c = 0.080 \text{ mol L}^{-1}$$

उदाहरण 11.3 : 713K पर एक लीटर धारिता वाले पात्र में HI के 2 मोलों को साम्य प्राप्त होने तक गर्म किया गया। साम्य पर 25% HI वियोजित हुआ पाया गया। अभिक्रिया के लिए K_c तथा K_p का मान परिकलित कीजिए।

हल : HI के आरम्भिक मोल = 2

$$\text{साम्य पर HI के वियोजित मोल} = \frac{25 \times 2}{100} = 0.5 \text{ mol}$$

$$\text{साम्य पर HI के मोल} = 2.0 - 0.5 = 1.5 \text{ mol}$$

HI का वियोजन इस प्रकार होगा,

	$2\text{HI}(g)$	\rightleftharpoons	$\text{H}_2(g)$	$+$	$\text{I}_2(g)$
आरम्भिक मोल	2		0		0
साम्य पर मोल	$(2 - 0.5)$		0.25		0.25
	1.5 mol		0.25 mol		0.25 mol
अभिक्रिया-पात्र का आयतन	1 L		1 L		1 L
साम्य सान्द्रता	1.5 mol L^{-1}		0.25 mol L^{-1}		0.25 mol L^{-1}

अभिक्रिया के लिए

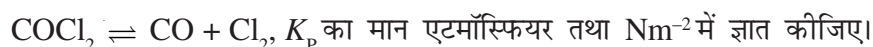
$$K_c = \frac{[\text{H}_2][\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2} = \frac{(0.25 \text{ mol L}^{-1})(0.25 \text{ mol L}^{-1})}{(1.5 \text{ mol L}^{-1})^2} = \frac{(0.25)^2}{(1.5)^2} = 0.028$$

इसी प्रकार, $K_p = K_c (RT)^{\Delta n_g}$

इस अभिक्रिया के लिए $\Delta n_g = n_p - n_R = 2 - 2 = 0$

$$\therefore K_p = K_c = 0.028$$

उदाहरण 11.4 : निम्नलिखित अभिक्रिया के लिए,



दिया है : COCl_2 , CO तथा Cl_2 के साम्य आंशिक दाब क्रमशः 0.20, 0.26 एटमॉस्फियर हैं।

(1 एटमॉस्फियर = 101300 Nm^{-2})

हल : (i) एटमॉस्फियर (atm) में K_p का मान



टिप्पणियाँ



टिप्पणियाँ

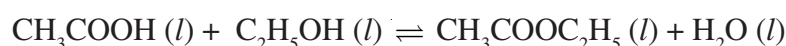
$$K_p = \frac{P_{\text{CO}} \times P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{COCl}_2}} = \frac{0.16 \times 0.26}{0.20} \text{ एटमॉस्फियर (atm)} = 0.21 \text{ (atm)}$$

(ii) Nm^{-2} में K_p का मान

$$K_p = 0.21 \text{ atm और } 1 \text{ atm} = 101300 \text{ Nm}^{-2}$$

$$\therefore K_p = (0.21 \text{ atm}) (101300 \text{ Nm}^{-2} \text{ atm}^{-1}) = 21273 \text{ Nm}^{-2}$$

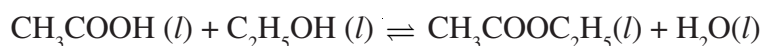
उदाहरण 11.5 : 300 K पर एथानॉल और ऐसीटिक अम्ल के मोलों की समान संख्या परस्पर मिलाने पर, साम्य प्राप्त होने तक प्रत्येक के दो-तिहाई भाग ने परस्पर अभिक्रिया कर ली थी। नीचे दी गई अभिक्रिया का साम्य-स्थिरांक परिकलित कीजिए।



हल : माना आरम्भ में एथानॉल तथा ऐसीटिक अम्ल के प्रत्येक के n मोल मिलाए गए।

$$\text{प्रत्येक के अभिक्रियित मोलों की संख्या} = \frac{2}{3} n$$

माना अभिक्रिया मिश्रण का आयतन = V लीटर है।



आरम्भिक मोल	n	n	0	0
साम्य सांद्रता (mol में)	$(n - \frac{2}{3}n)$	$(n - \frac{2}{3}n)$	$\frac{2}{3}n$	$\frac{2}{3}n$
	$\frac{1}{3}n$	$\frac{1}{3}n$	$\frac{2}{3}n$	$\frac{2}{3}n$
साम्य सांद्रता	$\frac{n}{3V}$	$\frac{n}{3V}$	$\frac{2n}{3V}$	$\frac{2n}{3V}$

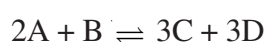
$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]} = \frac{\left(\frac{2n}{3V}\right)\left(\frac{2n}{3V}\right)}{\left(\frac{n}{3V}\right)\left(\frac{n}{3V}\right)} = 2 \times 2 = 4$$

$$K_c = 4$$



पाठगत प्रश्न 11.2

1. निम्नलिखित उत्क्रमणीय अभिक्रिया



के लिए साम्य स्थिरांक का व्यंजक लिखिए।



टिप्पणियाँ

- K_p तथा K_c का परस्पर संबंध क्या होता है?
- (i) निम्नलिखित समीकरणों के लिए साम्य-नियम प्रयुक्त कीजिए तथा K_p एवं K_c के लिए व्यंजक लिखिए।
 (क) $\text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$
 (ख) $\text{I}_2(s) \rightleftharpoons \text{I}_2(g)$
 (ii) उपरोक्त समीकरण के लिए K_p तथा K_c के लिए व्यंजक लिखिए।
- निम्नलिखित अभिक्रियाओं के लिए,
 (i) $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$
 (ii) $\frac{1}{3}\text{N}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \frac{2}{3}\text{NH}_3$
 साम्य स्थिरांक क्रमशः K_1 तथा K_2 हैं। उनके परस्पर संबंध बताइए।
- साम्य-स्थिरांक के परिमाण की सार्थकता क्या है?

11.10 साम्यावस्था को प्रभावित करने वाले कारक

मान लीजिए कि एक अभिक्रिया साम्यावस्था को प्राप्त करती है तभी कुछ परिस्थितियाँ जैसे सान्द्रताएँ, ताप, दाब आदि परिवर्तित हो जाती हैं। क्या इससे साम्यावस्था प्रभावित होगी? यदि हाँ तो कैसे?

इस भाग में, हम इस प्रकार के प्रश्नों को समझेंगे।

साम्यावस्था अग्र तथा पश्च अभिक्रिया के बीच गतिशील संतुलन में रहती है। इस संतुलन को सान्द्रता, ताप अथवा दाब में परिवर्तन करके विक्षुब्ध किया जा सकता है। ऐसा करने पर तंत्र में कुछ शुद्ध (नेट) परिवर्तन हो जाता है। परिवर्तन की दिशा की प्रागुक्ति ला-शातैलिए नियम की सहायता से की जा सकती है।

11.10.1 ला-शातैलिए का नियम

इस नियम के अनुसार, यदि सान्द्रता, दाब अथवा ताप में परिवर्तन करके साम्य पर किसी तंत्र को विक्षुब्ध किया जाता है तो उसमें उस दिशा में 'नेट' परिवर्तन होता है जो विक्षोभ कारक के प्रभाव को कम कर दे।

इस नियम को विभिन्न स्थितियों में प्रयुक्त किया जा सकता है।

11.10.2 सान्द्रता में परिवर्तन

नाइट्रोजन तथा हाइड्रोजन से अमोनिया के बनने की प्रक्रिया में साम्यावस्था पर विचार कीजिए।





टिप्पणियाँ

साम्य-बिन्दु पर नाइट्रोजन, हाइड्रोजन तथा अमोनिया की सान्द्रताएँ स्थिर हो जाती हैं। अब यदि अभिकारकों या अमोनिया की कुछ मात्रा में वृद्धि अथवा कमी कर दी जाए तो उनकी सान्द्रताएँ परिवर्तित हो जाएँगी तथा साम्य विक्षुब्ध हो जाएगा।

(i) **किसी अभिकारक की सांद्रता में वृद्धि :** जब नाइट्रोजन या हाइड्रोजन से किसी की भी सान्द्रता में वृद्धि की जाती है, एक 'नेट' अग्र अभिक्रिया होती है जिससे मिलाए गए अभिकारक (विक्षोभकारक) की कुछ मात्रा उपयोग हो जाती है।

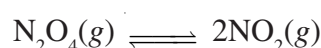
(ii) **किसी उत्पाद की सांद्रता में वृद्धि :** यदि उत्पाद अमोनिया की सांद्रता में वृद्धि की जाती है तो एक 'नेट' पश्च अभिक्रिया होगी जिससे मिलाई गई अमोनिया का उपयोग हो जाता है।

11.10.3 दाब में परिवर्तन

दाब में परिवर्तन, गैसीय प्रावस्थाओं के साम्य को प्रभावित करता है— चाहे वे समांगी तंत्र में हों अथवा विषमांगी तंत्र में।

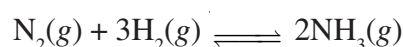
गैसीय तंत्रों में ला-शातैलिए नियम का अध्ययन निम्नलिखित रूपों में किया जाता है:

(i) जब तंत्र में उत्पादों के मोलों की संख्या अभिकारकों के मोलों से अधिक हो जैसा कि निम्नलिखित तंत्र में है।



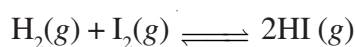
यदि ताप को स्थिर रखते हुए कुल दाब में वृद्धि की जाए तो आयतन में कमी होती है अर्थात् मोलों की संख्या प्रति आयतन बढ़ जाएगी। साम्य में एक 'नेट' परिवर्तन उस दिशा में होगा जिसमें मोलों की संख्या कम हो अर्थात् पश्च दिशा में।

(ii) जब उत्पादों के मोलों की संख्या अभिकारकों के मोलों की संख्या से कम हो, जैसा कि निम्नलिखित स्थिति में है,



ला-शातैलिए नियम के अनुसार कुल दाब में वृद्धि, साम्य में उस दिशा में एक 'नेट' परिवर्तन लाएगी जिस तरफ कुल मोलों की संख्या में कमी की जा सके अर्थात् उत्पादों की दिशा में जहाँ $\Delta n_g = -2$. सम्पूर्ण दाब में कमी, साम्य में उस दिशा में 'नेट' परिवर्तन लाएगी जहाँ मोलों की कुल संख्या में वृद्धि होती है अर्थात् पश्च दिशा में।

(iii) जब अभिकारकों तथा उत्पादों के मोलों की कुल संख्या में परिवर्तन न हो, जैसा कि निम्नलिखित साम्य की स्थिति में है, तो दाब को परिवर्तित करने पर साम्यावस्था में कोई 'नेट' परिवर्तन नहीं होता है।



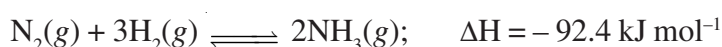


टिप्पणियाँ

11.10.4 ताप में परिवर्तन

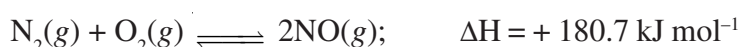
ला-शातैलिए नियम के अनुसार जब ताप में परिवर्तन किया जाता है (ताप बढ़ाया जाता है अथवा घटाया जाता है) तो साम्य तंत्र ऊष्मा की मात्रा में परिवर्तन को निरस्त करने के लिए अभिक्रियित होता है। यद्यपि साम्य में 'नेट' परिवर्तन अभिक्रिया की ऊष्माशोषी अथवा ऊष्माक्षेपी प्रकृति द्वारा निर्धारित होता है।

(i) **ऊष्माक्षेपी साम्य** : निम्नलिखित ऊष्माक्षेपी प्रकृति के साम्य तंत्र के लिए,



ला-शातैलिए नियम के अनुसार, ताप में वृद्धि से साम्य-तंत्र में 'नेट' परिवर्तन उस दिशा में होगा जहाँ यह अतिरिक्त ऊष्मा अवशोषित हो जाए। यह 'नेट' परिवर्तन पश्च दिशा में होगा और कुछ अमोनिया विघटित होकर नाइट्रोजन और हाइड्रोजन बनाएगी। इसी प्रकार, यदि ताप में कमी की जाए तो साम्य अग्र दिशा की ओर जाएगा।

(ii) **ऊष्माशोषी साम्य**



यदि ताप में वृद्धि की जाए तो अतिरिक्त ऊष्मा अभिकारकों द्वारा अवशोषित कर ली जाएगी तथा साम्य में 'नेट' परिवर्तन अग्र दिशा में होगा। यदि ताप में कमी की जाए तो यह साम्य में पश्च दिशा में 'नेट' परिवर्तन लाएगा अर्थात् उस दिशा में जहाँ यह ऊष्माक्षेपी है।

उत्प्रेरक की उपरिस्थिति : इसका साम्य पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। यद्यपि यह साम्य प्राप्त करने की गति में वृद्धि में सहायता करता है।

11.10.5 ला-शातैलिए नियम के अनुप्रयोग

इसे भौतिक तथा रासायनिक— दोनों प्रकार के साम्यों के लिए प्रयुक्त किया जा सकता है।

(क) **भौतिक साम्य**

(1) **बर्फ का पिघलना**



बर्फ का जल में परिवर्तन ऊष्माक्षेपी प्रक्रम है। ला-शातैलिए नियम के अनुसार यदि ताप में वृद्धि की जाए तो 'नेट' परिवर्तन अग्र-दिशा में होगा जिससे कुछ बर्फ पिघल कर जल बन जाएगी। जब साम्य-तंत्र पर दाब बढ़ाया जाए तो आयतन में कमी आएगी। ला-शातैलिए नियम के अनुसार, साम्य में 'नेट' परिवर्तन अग्र दिशा में होगा तथा बर्फ पिघलती है। इसलिए, बर्फ दाब में वृद्धि पर पिघलती है।

(2) **जल का वाष्पन**





टिप्पणियाँ

इस प्रक्रम में आयतन में बहुत अधिक वृद्धि होती है क्योंकि $\Delta n_g = 1 - 0 = +1$, और इसमें ऊष्मा का अवशोषण होता है।

ताप में वृद्धि से अधिक वाष्प बनते हैं चूँकि $\Delta n_g = +1$ (ऊष्माशोषी प्रक्रम)। अतः दाब में वृद्धि के परिणामस्वरूप साम्य में 'नेट' परिवर्तन पश्च दिशा में होता है, क्योंकि जल के निश्चित द्रव्यमान के लिए जल-वाष्पों का आयतन, द्रव जल से बहुत अधिक होता है।

(3) विलेयता साम्य

यह साम्य इस प्रकार है,

विलेय (s) \rightleftharpoons विलेय (विलयन)

विलयनीकरण प्रक्रम उष्माशोषी अथवा उष्माक्षेपी हो सकता है। KCl, KNO₃ तथा NH₄Cl जैसे विलेयों के मामले में ΔH धनात्मक (ऊष्माशोषी) होता है, अतः गरम करने पर अधिक विलेय पदार्थ घुलेगा। इस प्रकार, ताप में वृद्धि से विलेयता बढ़ जाती है। KOH तथा NaOH जैसे विलेय पदार्थों के मामले में ΔH ऋणात्मक (ऊष्माक्षेपी) होता है और उनकी विलेयता गर्म करने पर कम हो जाती है।

(ख) रासायनिक साम्य

(1) अमोनिया-संश्लेषण के लिए अनुकूल परिस्थितियाँ : इस अभिक्रिया का अत्यंत औद्योगिक महत्त्व है। अमोनिया - संश्लेषण के दौरान, ऐसी परिस्थितियाँ बनाए रखी जाती हैं जो 'नेट' अग्र अभिक्रिया में सहायक होती हैं। ये परिस्थितियाँ हैं- निम्न ताप और उच्च दाब। उत्प्रेरक मिलाने से अभिक्रिया तीव्र गति से होती है। इसके साथ ही नाइट्रोजन और हाइड्रोजन गैसों की आपूर्ति अभिक्रिया कक्ष में लगातार की जाती है और अमोनिया को लगातार पृथक करते जाते हैं। इन सभी से तंत्र पर एक प्रकार का दबाव होता है और साम्य प्राप्त नहीं होने पाता, जिससे अमोनिया का संश्लेषण लगातार होता रहता है।

उद्योगों में, यह अभिक्रिया अति सूक्ष्म विभाजित लोहे (उत्प्रेरक) और मॉलिब्डेनम (वर्धक) की उपस्थिति में 450°C ताप पर और 200 atm दाब पर करवाई जाती है।

(2) SO₃ का निर्माण

अभिक्रिया



यह अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी है और $\Delta n_g = 2 - 3 = -1$ । उत्प्रेरक की उपस्थिति में उच्च दाब तथा निम्न ताप से SO₃ के निर्माण में सहायता मिलती है।

(3) NO का निर्माण

अभिक्रिया

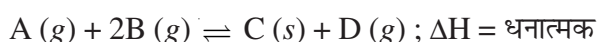


यह अभिक्रिया ऊष्माशोषी है और $\Delta n_g = 2 - 2 = 0$ है। इस अभिक्रिया पर दाब में परिवर्तन का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। उपयुक्त उत्प्रेरक की उपस्थिति सहायक होती है।



पाठगत प्रश्न 11.3

- ला-शातैलिए नियम क्या है?
- साम्य पर किसी तंत्र को प्रभावित करने वाले कारक कौन-कौन हैं?
- जब ताप और दाब कम कर दिए जाएँ तो उनका ठोस-वाष्प साम्य पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- (क) निम्नलिखित अभिक्रिया में



नीचे दिए कारकों में से किस कारक से 'नेट' अग्र अभिक्रिया होगी?

(i) C को मिलाने से

(ii) A को मिलाने से

(iii) दाब में कमी

(iv) ताप में वृद्धि

(ख) C और D के बनने के लिए सबसे अनुकूल परिस्थितियाँ बताइए।



आपने क्या सीखा

- निश्चित परिस्थितियों में कोई रासायनिक अभिक्रिया तब उत्क्रमणीय कहलाती है जब अभिकारकों द्वारा उत्पादों के निर्माण के साथ-साथ उत्पाद भी परस्पर अभिक्रिया करके अभिकारक बनाए।
- उत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ पूर्ण नहीं होती हैं और साम्यावस्था की स्थिति प्राप्त कर लेती हैं। साम्यावस्था तब प्राप्त होती है जब दो विपरीत प्रक्रम एक दर से होते हैं।
- साम्य स्थापित हो जाने के बाद तंत्र के स्थूल गुणधर्मों में परिवर्तन नहीं होता है।
- अनुत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ वास्तव में उत्क्रमणीय अभिक्रियाएँ ही होती हैं जिनमें साम्य तब प्राप्त होता है जबकि अभिकारकों की नगण्य मात्रा बिना अभिक्रिया किए शेष रह जाती है।
- रासायनिक साम्य गतिक होता है। उसे संवृत तंत्र में किसी भी ओर से क्रिया आरंभ कर प्राप्त किया जा सकता है।



टिप्पणियाँ

मॉड्यूल - 5

रासायनिक गतिकी



टिप्पणियाँ

रासायनिक साम्य

- यदि साम्य दो भौतिक परिवर्तनों के फलस्वरूप प्राप्त हो तो उसे भौतिक साम्य कहते हैं किन्तु यदि साम्य दो विपरीत रासायनिक परिवर्तनों के फलस्वरूप प्राप्त हो तो उसे रासायनिक साम्य कहते हैं।
- प्रावस्था कोई समांग तंत्र अथवा तंत्र का हिस्सा होता है जिसका समान संघटन और एकसमान गुणधर्म होते हैं। यह भौतिक अवस्था से भिन्न होता है।
- जिस तंत्र में केवल एक प्रावस्था होती है उसे समांगी तंत्र कहते हैं और जिस तंत्र में एक से अधिक प्रावस्थाएँ होती हैं उसे विषमांगी तंत्र कहते हैं।
- रासायनिक साम्य समांगी भी हो सकता है और विषमांगी भी जबकि भौतिक साम्य सदैव विषमांगी होता है।
- $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ सामान्य अभिक्रिया के लिए साम्य नियम के अनुसार साम्य स्थिरांक, K निम्नलिखित व्यंजक द्वारा प्राप्त होता है।

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

- जब K के परिकलन के लिए मोलर सान्द्रताओं का उपयोग किया जाता है तो सान्द्रता साम्य स्थिरांक K_c प्राप्त होता है। शुद्ध ठोसों और द्रवों के सान्द्रण स्थिर होते हैं और उन्हें K_c के व्यंजक में शामिल नहीं किया जाता है।
- गैसीय तंत्रों में, गैसों की सान्द्रता को उनके आंशिक दाबों के रूप में व्यक्त किया जाता है। इस प्रकार, प्राप्त साम्य स्थिरांक, दाब साम्य स्थिरांक K_p कहलाता है।
- K_p और K_c के बीच संबंध होता है: $K_p = K_c (RT)^{\Delta n_g}$ जिसमें Δn_g अभिक्रिया के दौरान गैसीय पदार्थों के मोलों की संख्या में परिवर्तन है।
- साम्य स्थिरांक का व्यंजक इस बात पर निर्भर करता है कि अभिक्रिया का रासायनिक समीकरण किस प्रकार लिखा जाता है।
- साम्य स्थिरांक का परिमाण इस बात का माप होता है कि अभिक्रिया पूर्णता स्थिति के कितनी निकट है।
- K के मात्रक अभिक्रिया के दौरान पदार्थों के मोलों की संख्या में परिवर्तन पर निर्भर करते हैं।
- सान्द्रता, दाब और ताप, साम्य-तंत्रों को प्रभावित कर सकते हैं। गुणात्मकतः इस प्रभाव की प्रागुक्ति ला-शातैलिए नियम द्वारा की जा सकती है। इस नियम के अनुसार सान्द्रता, दाब और ताप में परिवर्तन कर जब किसी तंत्र का साम्य विक्षुब्ध किया जाता है तो उस दिशा में 'नेट' परिवर्तन होता है जो विक्षोभ कारक के प्रभाव को समाप्त कर दे।
- कुछ रासायनिक अभिक्रियाओं में सान्द्रता और दाब में परिवर्तन होते हैं किन्तु साम्य-स्थिरांक के मान में कोई परिवर्तन नहीं होता है।
- उत्प्रेरक से साम्य स्थिरांक में कोई परिवर्तन नहीं होता है यह केवल साम्यावस्था शीघ्र प्राप्त करने में सहायता करता है।
- ताप परिवर्तन से साम्य स्थिरांक के मान में परिवर्तन होता है।



पाठांत प्रश्न

- उत्क्रमणीय और अनुत्क्रमणीय अभिक्रियाओं से आप क्या समझते हैं? प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए।
- भौतिक साम्य क्या होता है?
- साम्यावस्था के अभिलक्षण बताइए।
- क्या प्रावस्था और भौतिक अवस्था समान होती हैं? प्रत्येक का एक उदाहरण देकर अपने उत्तर को स्पष्ट कीजिए।
- समांगी और विषमांगी तंत्रों में किस प्रकार भिन्नता होती है? निम्नलिखित में कौन-से समांगी तंत्र हैं?

(क) द्रव \rightleftharpoons वाष्प

(ख) $N_2O_4 (g) \rightleftharpoons 2NO_2 (g)$

(ग) $NH_4Cl (s) \rightleftharpoons NH_3 (g) + HCl (g)$

(घ) $CH_3COOH (l) + C_2H_5OH (l) \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 (l) + H_2O (l)$

- K_p और K_c क्या होते हैं? उनके बीच संबंध बताइए।
- निम्नलिखित के लिए K_c का व्यंजक लिखिए। प्रत्येक के लिए मात्रक भी बताइए।

(क) $N_2O_5 (g) \rightleftharpoons 2NO_2 (g) + \frac{1}{2} O_2 (g)$

(ख) $CH_4 (g) + H_2O (l) \rightleftharpoons CO (g) + 3H_2 (g)$

(ग) $FeCl_3 (aq) + 3NH_4SCN (aq) \rightleftharpoons Fe (SCN)_3 (aq) + 3NH_4Cl (aq)$

- निम्नलिखित अभिक्रियाओं के लिए K_p के लिए व्यंजक लिखिए। प्रत्येक के लिए (एटमॉस्फियर में) K के मात्रक बताइए।

(क) $CO_2 (g) + H_2 (g) \rightleftharpoons CO (g) + H_2O (l)$

(ख) $3Fe (s) + 4H_2O (l) \rightleftharpoons Fe_3O_4 (s) + 4H_2 (g)$

(ग) $2SO_3 (g) \rightleftharpoons 2SO_2 (g) + O_2 (g)$

- निम्नलिखित अभिक्रिया के लिए K_c और K_p के बीच संबंध बताइए।



- K_p और K_c के बीच संबंध की सहायता से निम्नलिखित का व्यंजक लिखिए।

(i) प्रश्न 7 में दी गई अभिक्रिया के लिए K_p

(ii) प्रश्न 8 में दी गई अभिक्रिया के लिए K_c



टिप्पणियाँ



टिप्पणियाँ

11. उन कारकों की सूची बनाइए जो
 - (i) साम्य पर किसी तंत्र को प्रभावित कर सकते हैं, और
 - (ii) किसी तंत्र के साम्य स्थिरांक को प्रभावित कर सकते हैं।
12. ला-शातैलिए नियम को बताइए।
13. साम्य पर निम्नलिखित तंत्रों पर निम्नलिखित कारकों का क्या प्रभाव होगा?

$$2X(g) \rightleftharpoons 2Y(s) + Z(g); \Delta H = \text{धनात्मक}$$
 - (i) X को मिलाना
 - (ii) Z को पृथक करना
 - (iii) उत्प्रेरक मिलाना
 - (iv) दाब बढ़ाना
 - (v) ताप बढ़ाना
14. 717 K पर H_2 के 7.5 मोलों और I_2 के वाष्प के 2.6 मोलों को मिलाने से HI के 5 मोल प्राप्त हुए। निम्नलिखित अभिक्रिया का साम्य स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$$
15. 333 K पर $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ अभिक्रिया के लिए साम्य स्थिरांक, K_p का मान 1.33 atm पाया गया जबकि कुल दाब 1atm था। 333K और 1 एटमॉस्फियर दाब पर निम्नलिखित अभिक्रिया के लिए K_p परिकलित कीजिए

$$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$$
16. 717 K पर एक लीटर आयतन वाले फ्लास्क में H_2 के 0.30 मोल और I_2 के 0.30 मोल लिए गए। कुछ समय बाद निम्नलिखित साम्य प्राप्त हुआ।

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$$

साम्य प्राप्त होने के बाद यह पाया गया कि I_2 का सान्द्रण घटकर 0.06 mol L^{-1} रह जाता है। उपर्युक्त ताप अभिक्रिया का K_c परिकलित कीजिए।
17. निम्नलिखित अभिक्रिया के लिए साम्य स्थिरांक 4.0 है।

$$CH_3COOH(l) + C_2H_5OH(l) \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5(l) + H_2O(l) \text{ is } 4.0.$$

यदि ऐसीटिक अम्ल का 1 mol और एथानॉल के 8 mol लिए जाएँ तो साम्य मिश्रण का संघटन क्या होगा?
18. 673 K पर अभिक्रिया

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

का मान $0.5 \text{ L}^2 \text{ mol}^{-2}$ पाया गया। इस अभिक्रिया के लिए K_p का मान एटमॉस्फियर मात्रकों में परिकलित कीजिए।

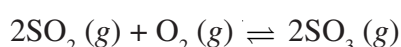


पाठगत प्रश्नों के उत्तर

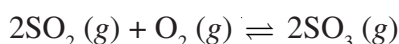
11.1

1. एक रासायनिक अभिक्रिया उत्क्रमणीय कहलाती है यदि निश्चित परिस्थितियों में उसके उत्पाद परस्पर अभिक्रिया कर वापिस अभिकारकों को उत्पन्न करें।

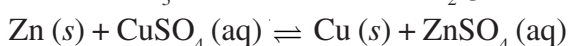
उदाहरण :



2. जब दो विपरीत अभिक्रियाएँ समान दर से होती हैं और निश्चित ताप पर एक-दूसरे को संतुलित करती हैं तो अभिक्रिया साम्य-अवस्था प्राप्त कर लेती है।
3. जब कोई तंत्र साम्यावस्था प्राप्त कर लेता है तो उसके ताप और दाब तथा सभी अभिकारकों और उत्पादों की सांद्रताओं में कोई परिवर्तन नहीं होता है।
4. (i) निश्चित ताप पर बंद पात्र में जल-वाष्प तंत्र
(ii) स्थिर ताप पर संतृप्त विलयन जिसमें कुछ अविलेय विलेय पदार्थ हो।
5. (i) समांगी तंत्र



(ii) विषमांगी तंत्र



11.2

$$1. \quad K = \frac{[\text{C}]^3 [\text{D}]^3}{[\text{A}]^2 [\text{B}]}$$

$$2. \quad K_p = K_c (RT)^{\Delta n_g}$$

$$3. \quad \text{(i) (क) } K_c = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}; K_p = \frac{P_{\text{CO}} \times P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{CO}_2} \times P_{\text{H}_2}}$$

$$\text{(ख) } K_c = [\text{I}_2]; K_p = P_{\text{I}_2}$$



टिप्पणियाँ



टिप्पणियाँ

(ii) पहली अभिक्रिया के लिए $\Delta n_g = (1 + 1) - (1 - 1) = 0$, इसलिए $K_c = K_p$ जबकि दूसरी अभिक्रिया के लिए

$$\Delta n_g = 1 - 0 = +1$$

$$\therefore K_p = K_c (RT) \text{ या } K_c = \frac{K_p}{RT} \text{ or } K_c < K_p.$$

$$4. K_1 = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] [H_2]^3} \text{ और } K_2 = \frac{[NH_3]^{2/3}}{[N_2]^{1/3} [H_2]}$$

$$\therefore K_1 = [K_2]^3.$$

5. यह उस सीमा का माप होता है जहाँ तक कोई अभिक्रिया साम्य प्राप्त होने से पहले तक होती है।

11.3

- ला-शातैलिए नियम के अनुसार जब सान्द्रता, दाब अथवा ताप में परिवर्तन करके साम्य पर किसी तंत्र को विक्षुब्ध किया जाता है तो उस दिशा में 'नेट' परिवर्तन होता है जो विक्षोभ कारक के प्रभाव को समाप्त कर दे।
- दाब, ताप तथा अभिकारकों और उत्पादों की सांद्रताओं में परिवर्तन
- जब ताप कम किया जाता है तो कुछ वाष्प संघनित हो जाएगा और जब दाब कम किया जाता है तो कुछ ठोस का ऊर्ध्वपातन हो जाएगा।
- (क) (ii) और (iv)

(ख) उच्च ताप, उत्प्रेरक की उपस्थिति और D का लगातार निष्कासन

$$K = \frac{[C]^3 [D]^3}{[A]^2 [B]}$$