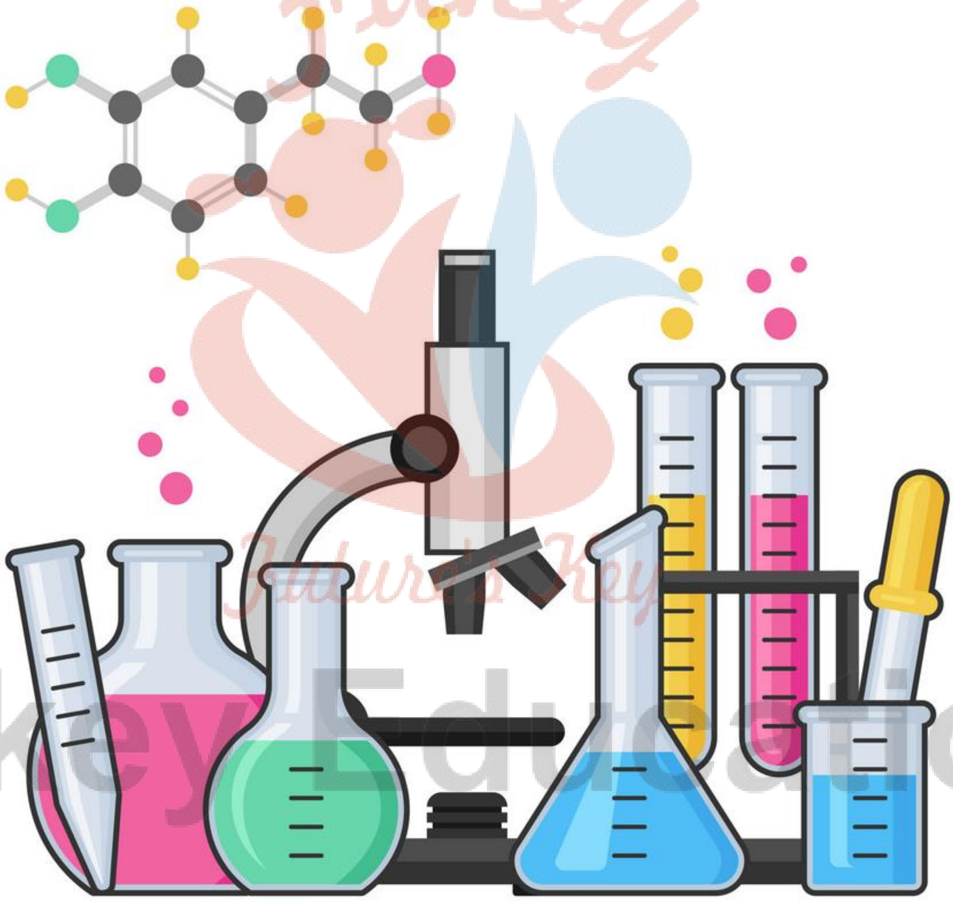
रसायन विज्ञान

अध्याय-6: साम्यावस्था



Fukey Education

साम्यावस्था

भौतिकीय रासायनिक साम्यावस्था के सिद्धांत का निरूपण ऊष्मागतिकी से किया जाता है। ऊष्मागतिकी के प्रथम तथा द्वितीय नियम के आधार पर किसी तत्व के पृथक् भाग अथवा तंत्र में जिसे स्थिर ताप तथा स्थिर दबाव पर रखा गया हो तथा जिसमें भौतिकीय रासायनिक साम्यावस्था स्थापित हो चुकी हो स्वतंत्र ऊर्जा न्यूनतम हो जाती है।

जब किसी बंद पात्रा में एक द्रव वाष्पित होता है, तो उच्च गतिज ऊर्जा वाले अणु द्रव की सतह से वाष्प प्रावस्था में चले जाते हैं तथा अनेक जल के अणु द्रव की सतह से टकराकर वाष्प प्रावस्था से द्रव प्रावस्था में समाहित हो जाते हैं। इस प्रकार द्रव एवं वाष्प के मध्य एक गतिज साम्य स्थापित हो जाता है, जिसके परिणामस्वरूप द्रव की सतह पर एक निश्चित वाष्प-दाब उत्पन्न होता है। जब जल का वाष्पन प्रारंभ हो जाता है, तब जल का वाष्प-दाब बढ़ने लगता है और अंत में स्थिर हो जाता है। ऐसी स्थिति में हम कहते हैं कि निकाय में साम्यावस्था स्थापित हो गई है। यद्यपि यह साम्य स्थैतिक नहीं है तथा द्रव की सतह पर द्रव एवं वाष्प के बीच अनेक क्रियाकलाप होते रहते हैं। इस प्रकार साम्यावस्था पर वाष्पन की दर संघनन-दर के बराबर हो जाती है। इसे इस प्रकार दर्शाया जाता है।

H_2O (द्रव) H_2O (वाष्प)

रासायनिक साम्य

रासायनिक साम्य, जिसमें समय के साथ अभिकारकों एवं उत्पादों के सांद्रण में कोई परिवर्तन नहीं होता है। रासायनिक साम्य कहलाता है।

जब अग्र क्रिया की गति पश्चक्रिया की गति के समान हो जाती है, तो साम्य स्थापित हो जाता है।

रासायनिक अभिक्रिया के प्रकार-

उत्क्रमणीय अभिक्रिया	अनुत्क्रमणीय अभिक्रिया

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

वह अभिक्रिया जो समान दोनों दिशाओं में होती है।	वह अभिक्रिया जो केवल एक ही दिशा में होती है।
साम्य प्राप्त होता है	साम्य प्राप्त नहीं होता है।
यह बंद निकाय में ही सम्भव है।	इसके लिए यह आवश्यक नही है।
संकेत ↔	संकेत →

रासायनिक साम्यावस्था की विशेषताएँ -

- साम्यावस्था पर अग्रगामी (forward) और प्रतीप (backward) अभिक्रियाओं का वेग समान होता है।

  अग्रगामी अभिक्रिया की दर = पश्चगामी अभिक्रिया की दर
- अभिकारकों व क्रियाफलों की आपेक्षिक मात्राएँ साम्य मिश्रण में स्थिर रहती हैं।
- ताप, दाब या सान्द्रण में परिवर्तन करने से साम्य स्थिति बदल जाती है, अर्थात् क्रियाकारकों और उत्पादों की साम्य सान्द्रताएँ बदल जाती हैं।
- साम्यावस्था, उत्क्रमणीय होती है अर्थात् साम्यावस्था पर अभिक्रिया रुकती नहीं है बल्कि अग्र और प्रतीप अभिक्रियाएँ समान वेग से निरन्तर होती रहती हैं।
- रासायनिक साम्य किसी भी दिशा में स्थापित हो सकता है अर्थात् अभिकारक अथवा उत्पाद किसी से भी प्रारम्भ करके स्थापित किया जा सकता है।
- उत्प्रेरक साम्यावस्था को नहीं बदलता है। अर्थात यह अग्र और प्रतीप अभिक्रिया दोनों के वेगों में समान सीमा (extent) में वृद्धि करता है।
- साम्यावस्था केवल बन्द पात्र में ही प्राप्त कर सकते हैं।

द्रव्य अनुपाती क्रिया का नियम

गुलबर्ग तथा पीटर वाजे ने अभिकारकों की सान्द्रता के प्रभाव का अध्ययन किया और सन् 1867 में अपने परिणामों के आधार पर रासायनिक साम्य के सम्बन्ध में एक नियम प्रतिपादित किया जिसे द्रव्य अनुपाती क्रिया का नियम कहते हैं।

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

इसके अनुसार, "स्थिर ताप पर, किसी पदार्थ की क्रिया करने की दर उस पदार्थ के सक्रिय द्रव्यमान के समानुपाती होती है, और यदि अभिक्रिया में एक से अधिक अभिकारक भाग ले रहे हों, तो रासायनिक अभिक्रिया की दर क्रियाकारी पदार्थों के सक्रिय द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती होती है।"

माना कोई रासायनिक अभिक्रिया, $A + B \rightleftharpoons C + D$

अग्र अभिक्रिया दर, $R_f \propto [A] \times [B]$

$R_f = K_f [A] \times [B]$

जहाँ R_f = अग्र अभिक्रिया की दर, K_f = अग्र अभिक्रिया वेग स्थिराँक

पश्च अभिक्रिया की दर

$R_b \propto [C] \times [D]$

$R_b = K_b [C] \times [D]$

जहाँ R_b=पश्च अभिक्रिया की दर

K_b=पश्च अभिक्रिया वेग स्थिरांक

साम्यावस्था पर,

अग्र अभिक्रिया की दर = पश्च अभिक्रिया की दर

$R_f = R_b$,

$K_f [A] \times [B] = K_b [C] \times [D]$

जहाँ Kc = साम्य स्थिरांक

- साम्य स्थिरांक का मान अभिक्रिया की प्रकृति तथा ताप पर निर्भर करता है। स्थिर ताप पर, किसी उत्क्रमणीय अभिक्रिया के साम्य स्थिरांक का मान स्थिर होता है
- साम्य स्थिरांक का मान अभिकारकों तथा उत्पादों की सान्द्रताओं दाब पर निर्भर करता है।

गतिक साम्य

भौतिक प्रक्रमों तथा रासायनिक अभिक्रियाओं दोनों में साम्यावस्था स्थापित हो सकती है। अभिक्रिया का तीव्र अथवा मंद होना उसकी प्रकृति एवं प्रायोगिक परिस्थितियों पर निर्भर करता है। जब स्थिर ताप पर एक बंद पात्रा में अभिक्रियक क्रिया कर के उत्पाद बनाते हैं, तो उनकी सांद्रता धीरे-धीरे कम होती जाती है तथा उत्पादों की सांद्रता बढ़ती रहती है। किन्तु कुछ समय

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

पश्चात् न तो अभिक्रियकों के सांद्रण में और न ही उत्पादों के सांद्रण में कोई परिवर्तन होता है। ऐसी स्थिति में निकाय में गतिक साम्य स्थापित हो जाता है।

भौतिक प्रक्रमों में साम्यावस्था

साम्य मिश्रण कहते हैं। भौतिक प्रक्रमों तथा रासायनिक अभिक्रियाओं दोनों हैं। प्रथम समूह में वे अभिक्रियाएँ आती हैंए जो लगभग पूर्ण हो जाती हैं तथा अभिक्रियकों की सांद्रता नगण्य रह जाती है। कुछ अभिक्रियाओं में तो अभिक्रियकों की सांद्रता इतनी कम हो जाती है कि उनका परीक्षण प्रयोग द्वारा संभव नहीं हो पाता है।

ठोस $\rightleftharpoons$ द्रव

द्रव $\rightleftharpoons$ गैस

ठोस $\rightleftharpoons$ गैस

ठोस-द्रव साम्यावस्था

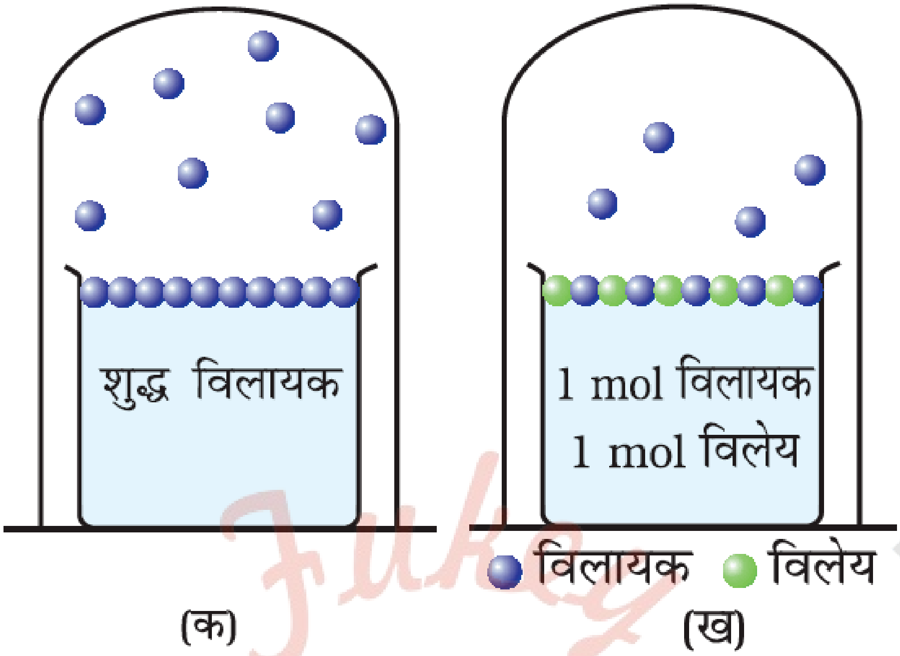
ठोस द्रव साम्यावस्था के लिए वायुमंडलीय दाब पर (1.013 bar) एक ही ताप ; गलनांक ऐसा होता है जिसपर दोनों प्रावस्थाएँ पाई जाती हैं। यदि परिवेश से ऊष्मा का विनिमय न हो तो दोनों प्रावस्थाओं के द्रव्यमान स्थिर होते हैं। वाष्प ←→ द्रव साम्यावस्था के लिए किसी निश्चित ताप पर वाष्प दाब स्थिर होता है।

द्रव-वाष्प साम्यावस्था

Fukey Education

साम्यावस्था- जब किसी पात्र में द्रव को रखकर पात्र को बंद कर दिया जाता है तब द्रव वाष्प बनकर द्रव से बाहर निकलने लगता है। इसके साथ ही वाष्प अवस्था से वाष्प विलयन में प्रवेश करने लगता है। प्रारंभ में विलयन से द्रव के बाहर निकलने की दर अधिक होती है तथा वाष्प के विलयन में आने की दर कम होती है।

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com



ठोस-वाष्प साम्यावस्था

जहाँ ठोस वाष्प अवस्था में ऊर्ध्वपातित होते हैं। यदि हम आयोडीन को एक बंद पात्रा में रखें, तो कुछ समय पश्चात् पात्रा बैगनी वाष्प से भर जाता है तथा समय के साथ-साथ रंग की तीव्रता में वृद्धि होती है। परंतु कुछ समय पश्चात् रंग की तीव्रता स्थिर हो जाती है। इस स्थिति में साम्यावस्था स्थापित हो जाती है। अतः ठोस आयोडीन ऊर्ध्वपातित होकर आयोडीन वाष्प देती है तथा साम्यावस्था को इस रूप में दर्शाया जा सकता है-

$$I_2 \text{ (ठोस)} \rightleftharpoons I_2 \text{ (वाष्प)}$$

इस प्रकार के साम्य के अन्य उदाहरण हैं:

$$\text{कपूर (ठोस)} \rightleftharpoons \text{कपूर (वाष्प)}$$

$$NH_4Cl \text{ (ठोस)} \rightleftharpoons NH_4Cl \text{ (वाष्प)}$$

द्रव में ठोस अथवा गैस की घुलनशीलता- सम्बन्धी साम्य

द्रवों में ठोस

गैसों की द्रवों में विलेयता व प्रभावित करने वाले कारक प्रकृति ताप दाब गैसे वह पदार्थ होती है जो जिनका विस्तार मुक्त रूप से सके तथा रिक्त स्थान में गैस के कण अपना स्थान बना लेते है। गैस का कोई भी एक निश्चित आकार या आकृति नहीं होती है। गैस के अणु आपस में

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

दुर्बल वान्डरवाल बलों द्वारा बंधे रहते है। गैसों के कणों के मध्य ठोस तथा द्रवों के तुलना में बल दुर्बल पाया जाता है जिससे तुलनात्मक रूप से इसके कण कम बल द्वारा बंधे रहते है।

$$\text{चीनी (विलयन)} \rightleftharpoons \text{चीनी (ठोस)}$$

द्रवों में गैसें

सामान्य रूप से यह पाया जाता है कि जल या अन्य प्रकार के द्रवों में गैस एक निश्चित मात्रा में घुली हुई रहती है जैसे समुद्र आदि के पानी में जो मछली आदि पायी जाती है वे श्वसन के लिए पानी में घुली हुई ऑक्सिजन का उपयोग करती है क्यूंकि पानी में ऑक्सीजन प्राप्त मात्रा में घुली हुई रहती है।

$$CO_2 \text{ (गैस)} \rightleftharpoons CO_2 \text{ (विलयन में)}$$

भौतिक साम्यावस्था की कुछ विशेषताए-

प्रक्रम	निष्कर्ष
द्रव $\rightleftharpoons$ वाष्प H_2O (l) $\rightleftharpoons$ H_2O (g)	निश्चित ताप पर p_{H_2O} स्थिर होता है।
ठोस $\rightleftharpoons$ द्रव H_2O (s) $\rightleftharpoons$ H_2O (l)	स्थिर दाब पर गलनांक निश्चित होता है।
विलेय (ठोस) $\rightleftharpoons$ विलेय (विलयन) चीनी (ठोस) $\rightleftharpoons$ चीनी (विलयन)	विलयन में विलेय की सांद्रता निश्चित ताप पर स्थिर होती है।
गैस (g) $\rightleftharpoons$ गैस (aq) CO_2 (g) $\rightleftharpoons$ CO_2 (aq)	[गैस (aq)]/[गैस (g)] निश्चित ताप पर स्थिर होता है। $[CO_2 (aq)]/[CO_2 (g)]$ निश्चित ताप पर स्थिर होता है।

भौतिक प्रक्रमों में साम्यावस्था के सामान्य अभिलक्षण

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

- उपरोक्त भौतिक प्रक्रमों में सभी निकाय-साम्यावस्था के सामान्य अभिलक्षण निम्नलिखित हैं।
- निश्चित ताप पर केवल बंद निकाय में ही साम्यावस्था संभव है।
- साम्यावस्था पर दोनों विरोधी अभिक्रियाएँ बराबर वेग से होती हैं। इनमें गतिक, किन्तु स्थायी अवस्था होती है।
- निकाय के सभी मापने योग्य गुणधर्म स्थिर होते हैं।
- जब किसी भौतिक प्रक्रम में साम्यावस्था स्थापित हो जाती है, एक का मान निश्चित ताप पर स्थिर होना वर्णित साम्यावस्था की पहचान है।
- किसी भी समय इन राशियों का मान यह दर्शाता है कि साम्यावस्था तक पहुँचने के पूर्व भौतिक प्रक्रम किस सीमा तक आगे बढ़ चुका है।

रासायनिक प्रक्रमों में साम्यावस्था-गतिक साम्य

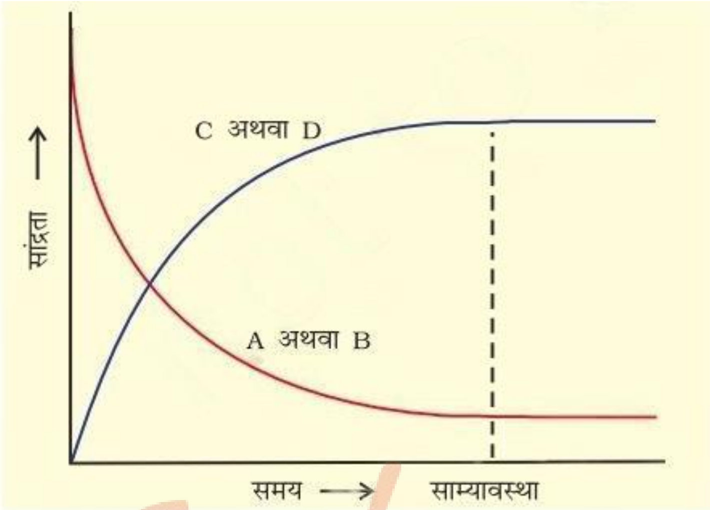
ये अभिक्रियाएँ भी अग्रिम तथा प्रतीप दिशाओं में संपन्न हो सकती हैं। जब अग्रिम एवं प्रतीप अभिक्रियाओं की दरें समान हो जाती हैं, तो अभिकारकों तथा उत्पादों की सांद्रताएँ स्थिर रहती हैं। यह रासायनिक साम्य की अवस्था है। यह गतिक साम्यावस्था अग्र अभिक्रिया (जिसमें अभिकारक उत्पाद में बदल जाते हैं) तथा प्रतीप अभिक्रिया (जिसमें उत्पाद मूल अभिकारक में बदल जाते हैं) से मिलकर उत्पन्न होती है।

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$

समय बीतने के साथ अभिकारकों (A तथा B) की सांद्रता घटती है तथा उत्पादों (C तथा D) का संचयन होता है। अग्र अभिक्रिया की दर घटती जाती है और प्रतीप अभिक्रिया की दर बढ़ती जाती है। फलस्वरूप एक ऐसी स्थिति आती है, जब दोनों अभिक्रियाओं की दर समान हो जाती है। ऐसी स्थिति में निकाय में साम्यावस्था स्थापित हो जाती है। यही साम्यावस्था C तथा D के बीच अभिक्रिया कराकर भी प्राप्त की जा सकती है। दोनों में से किसी भी दिशा से इस साम्यावस्था की प्राप्यता संभव है।

$$A + B \rightleftharpoons C + D \text{ या } C + D \rightleftharpoons A + B$$

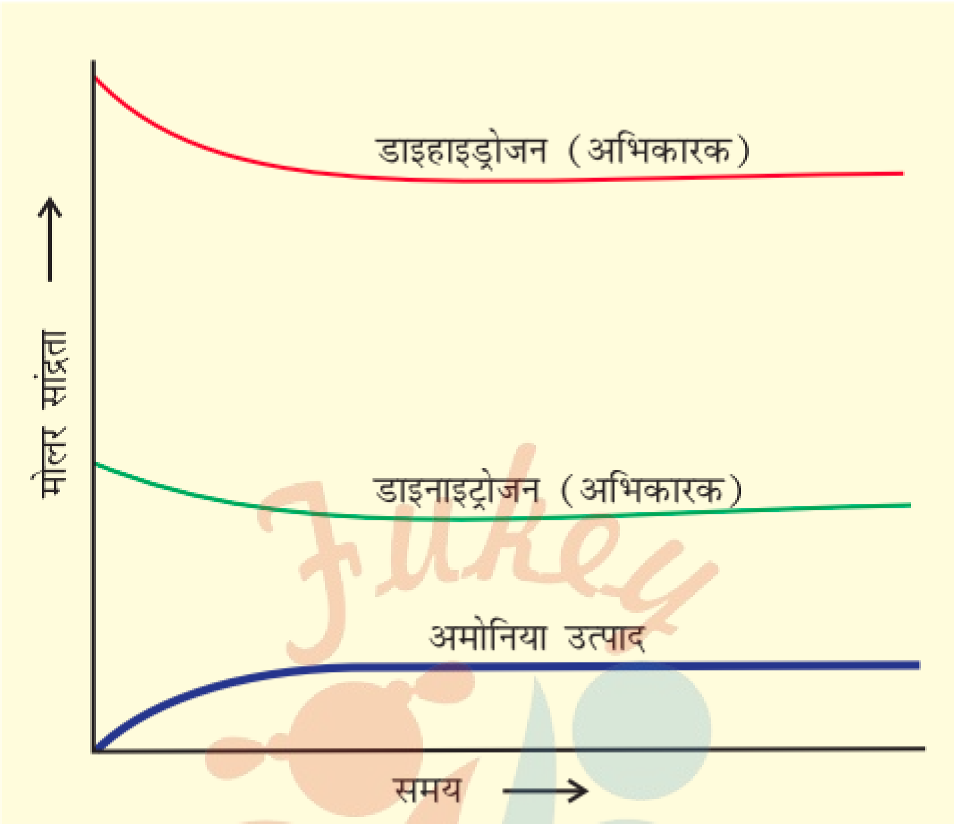
Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com



हालाँकि जब इस मिश्रण का विश्लेषण द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमीटर (Mass Spectrometer) द्वारा किया जाता है, तो इसमें ड्यूटीरियम युक्त विभिन्न अमोनिया अणु (NH_3, NH_2D, NHD_2 तथा ND_3) एवं डाइहाइड्रोजन अणु (H_2, HD तथा D_2 पाए जाते हैं। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि साम्यावस्था के बाद भी मिश्रण में अग्रिम एवं प्रतीप अभिक्रियाएँ होते रहने के कारण अणुओं में H तथा D परमाणुओं का व्यामिश्रण (Scram-bling) होता रहता है। साम्यावस्था स्थापित होने के बाद यदि अभिक्रिया समाप्त हो जाती है, तो इस प्रकार का मिश्रण प्राप्त होना संभव नहीं होता।

अमोनिया के संश्लेषण में समस्थानिक (Deuterium) के प्रयोग से यह स्पष्ट होता है कि रासायनिक अभिक्रियाओं में गतिक साम्यावस्था स्थापित होने पर अग्रिम एवं प्रतीप अभिक्रियाओं की दर समान होती है तथा इसके मिश्रण के संघटन में कोई प्रभावी परिवर्तन नहीं होता है।

Fukey Education

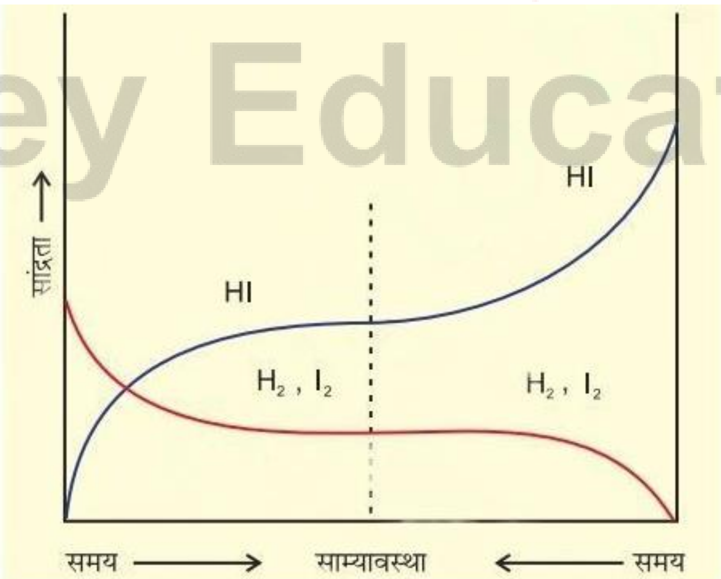


अभिक्रिया $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ *की साम्यावस्था का निरूपण*

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

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

इसी प्रकार हम अभिक्रिया $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$



Fukey Education

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ *अभिक्रिया में रासायनिक साम्यावस्था किसी भी दिशा से स्थापित हो सकती है।*

रासायनिक साम्यावस्था का नियम तथा साम्यावस्था स्थिरांक

भौतिकीय रासायनिक साम्यावस्था के सिद्धांत का निरूपण ऊष्मागतिकी से किया जाता है। ऊष्मागतिकी के प्रथम तथा द्वितीय नियम के आधार पर किसी तत्व के पृथक् भाग अथवा तंत्र मेंए जिसे स्थिर ताप तथा स्थिर दबाव पर रखा गया हो तथा जिसमें भौतिकीय रासायनिक साम्यावस्था स्थापित हो चुकी होए स्वतंत्र ऊर्जा F न्यूनतम हो जाती है।

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$

यहाँ इस संतुलित समीकरण में A तथा B अभिकारक एवं C तथा D उत्पाद हैं। अनेक उत्क्रमणी अभिक्रियाओं के प्रायोगिक अध्ययन के आधर पर नार्वे के रसायनज्ञों कैटो मैक्सिमिलियन गुलबर्ग (Cato Maximillian Guldberg) एवं पीटर वाजे (Peter Waage) ने सन् 1864 में प्रतिपादित किया कि किसी मिश्रण में सांद्रताओं को निम्नलिखित साम्य-समीकरण द्वारा दर्शाया जा सकता हैं

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

यहाँ K_c साम्य स्थिरांक है तथा दाईं ओर का व्यंजक 'साम्य स्थिरांक व्यंजक' कहलाता है। इस साम्य-समीकरण को 'द्रव्य अनुपाती क्रिया का नियम' (Law of Mass Action) भी कहते हैं।

Fukey Education

गुलबर्ग तथा वाजे द्वारा प्रतिपादित सुझावों को अच्छी तरह समझने के लिए एक मुँहबंद पात्रा (Sealed Vessel) में 731 K पर गैसीय H_2 एवं गैसीय I_2 के बीच अभिक्रिया पर विचार करें। इस अभिक्रिया का अध्ययन विभिन्न प्रायोगिक परिस्थितियों में छः प्रयोगों द्वारा किया गया-

$$\begin{array}{ccccc} H_2(g) & + & I_2(g) & \rightleftharpoons & 2HI(g) \\ 1 \text{ मोल} & & 1 \text{ मोल} & & 2 \text{ मोल} \end{array}$$

समांग साम्यावस्था

किसी समांग निकाय में सभी अभिकारक एवं उत्पाद एक समान प्रावस्था में होते हैं। उदाहरण के लिए गैसीय अभिक्रिया

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

में अभिकारक तथा उत्पाद सभी समांग गैस-प्रावस्था में हैं।

इसी प्रकार-

$$CH_3COOC_2H_5\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons CH_3COOH\,(aq) + C_2H_5OH\,(aq)$$

तथा $Fe^{3+}\,(aq) + SCN^-(aq) \rightleftharpoons Fe(SCN)^{2+}\,(aq)$

अभिक्रियाओं में सभी अभिकारक तथा उत्पाद संमाग विलयन-प्रावस्था में हैं।

गैसीय निकाय में साम्यावस्था स्थिरांक (K_p)

K_c इस अभिक्रिया का सान्द्रता का साम्यावस्था नियतांक कहते हैं। उपर्युक्त समीकरण में यदि गैसें सम्मिलित हों तो उनके मोलर सान्द्रण के स्थान पर उनका आंशिक दाब भी लिया जा सकता है तथा इस प्रकार प्राप्त साम्यावस्था नियतांक को K_p कहते हैं।

के लिए $K_c = \dfrac{[HI(g)]^2}{[H_2(g)][I_2(g)]}$

अथवा $K_c = \dfrac{(p_{HI})^2}{(p_{H_2})(p_{I_2})}$

चूँकि $p_{HI} = [HI(g)]RT \quad p_{H_2} = [H_2(g)]RT$

तथा $p_{I_2} = [I_2(g)]RT$

इसलिए

$$K_p = \frac{(p_{HI})^2}{(p_{H_2})(p_{I_2})} = \frac{[HI(g)]^2[RT]^2}{[H_2(g)]RT.[I_2(g)]RT}$$

$$= \frac{[HI(g)]^2}{[H_2(g)][I_2(g)]} = K_c$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$K_p = \frac{(p_{NH_3})^2}{(p_{N_2})(p_{H_2})^3} = \frac{[NH_3(g)]^2[RT]^2}{[N_2(g)]RT.[H_2(g)]^3(RT)^3}$$

$$= \frac{[NH_3(g)]^2[RT]^{-2}}{[N_2(g)][H_2(g)]^3} = K_c(RT)^{-2}$$

अर्थात् $K_p = K_c(RT)^{-2}$ होगा।

इस प्रकार एक समांगी गैसीय अभिक्रिया

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

$$K_p = \frac{(p_C^c)(p_D^d)}{(p_A^a)(p_B^b)} = \frac{[C]^c[D]^d(RT)^{(c+d)}}{[A]^a[B]^b(RT)^{(a+b)}}$$

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

$$K_p = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}(RT)^{\Delta n} = K_c(RT)^{\Delta n}$$

विषमांग साम्यावस्था

एक से अधिक प्रावस्था वाले निकाय में स्थापित साम्यावस्था को 'विषमांग साम्यावस्था' कहा जाता है। उदाहरण के लिएµएक बंद पात्रा में जल-वाष्प एवं जल-द्रव के बीच स्थापित साम्यावस्था 'विषमांग साम्यावस्था' है।

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$$

इस उदाहरण में एक गैस प्रावस्था तथा दूसरी द्रव प्रावस्था है। इसी तरह ठोस एवं इस के संतृप्त विलयन के बीच स्थापित साम्यावस्था भी विषमांग साम्यावस्था है। जैसे-

$$Ca(OH)_2(s) + (aq) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$$

उपरोक्त समीकरण के आधार पर हम लिख सकते हैं कि

$$K_c = \frac{[CaO(s)][CO_2(g)]}{[CaCO_3(s)]}$$

चूँकि $[CaCO_3(s)]$ एवं $[CaO(s)]$ दोनों स्थिर हैं। इसलिए

निरंतर संतुलन

रासायनिक प्रतिक्रिया के लिए संतुलन स्थिरांक को अभिकारक की मात्रा और रासायनिक व्यवहार को निर्धारित करने के लिए उपयोग किए जाने वाले उत्पाद की मात्रा के बीच के अनुपात के रूप में वर्णित किया जा सकता है। किसी दिए गए तापमान पर दर स्थिरांक स्थिर होते हैं। आगे की प्रतिक्रिया दर स्थिरांक का पश्च प्रतिक्रिया दर स्थिरांक से अनुपात स्थिर होना चाहिए, और इसे संतुलन स्थिरांक (केक्यू) के रूप में जाना जाता है।

संतुलन स्थिरांक के लक्षण

1. यह प्रतिक्रिया-विशिष्ट है और स्थिर तापमान पर स्थिर है।

2. उत्प्रेरक अग्रगामी और पश्च अभिक्रियाओं की दर को इस प्रकार संशोधित करता है कि साम्य स्थिरांक का मान अप्रभावित रहता है।

3. सांद्रण, दबाव, तापमान और अक्रिय गैसों में परिवर्तन, सभी का संतुलन पर प्रभाव हो सकता है, आगे या पीछे प्रतिक्रिया के पक्ष में लेकिन संतुलन स्थिरांक नहीं।

4. G0 = -RT ln Kequ मानक मुक्त ऊर्जा से संबंधित है।

5. समान उत्क्रमणीय अभिक्रिया के लिए विभिन्न तापों पर केकू के मान भिन्न-भिन्न होते हैं।

6. विपरीत संतुलन का संतुलन स्थिरांक मूल संतुलन का व्युत्क्रम है, अर्थात क्रेव = 1/केकू।

7. जब साम्यावस्था अभिक्रिया की रससमीकरणमिति में परिवर्तन होता है, तो साम्यावस्था स्थिरांक की शक्ति में समान मात्रा में परिवर्तन होता है।

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

8. अंतिम उत्पादों के लिए चरणबद्ध बहु संतुलन के परिदृश्य में, शुद्ध संतुलन स्थिरांक = प्रत्येक चरणबद्ध संतुलन स्थिरांक का उत्पाद। परिणामस्वरूप, शुद्ध संतुलन स्थिरांक $K = K_1 * K_2 * K_3$।

9. संतुलन प्रतिक्रियाएं एक ही समय में होती हैं और एक ही उत्पाद का उत्पादन करती हैं। प्रतिक्रियाओं का संतुलन स्थिरांक स्थिर रहता है। सामान्य उत्पाद की बड़ी सांद्रता के कारण उत्पाद सांद्रता कम हो जाएगी

K और G के बीच संबंध

ΔG° समीकरण $\Delta G° = -RT \ln K$ द्वारा K से संबंधित है। यदि $\Delta G° < 0$, तो $K > 1$, और उत्पाद संतुलन पर अभिकारकों के पक्ष में हैं। यदि $\Delta G° > 0$, तो $K < 1$, और अभिकारकों को संतुलन पर उत्पादों के पक्ष में पसंद किया जाता है।

K और o2 के बीच संबंध

$K + O2 \rightarrow K2O$

- **शब्द समीकरण:** पोटेशियम + ऑक्सीजन गैस → पोटेशियम ऑक्साइड
- **रासायनिक अभिक्रिया का प्रकार:** इस अभिक्रिया के लिए हमारे पास संयोजन अभिक्रिया होती है।
- **संतुलन रणनीतियाँ:** इस समीकरण में हमारे पास पोटेशियम ऑक्साइड बनाने के लिए पोटेशियम और ऑक्सीजन गैस का संयोजन होता है। यह संयोजन अभिक्रिया है।
- समीकरण को संतुलित करने के लिए सबसे पहले K2O के सामने गुणांक को बदलना और ऑक्सीजन परमाणुओं को संतुलित करना है।

संतुलन का अनुप्रयोग

इसका उपयोग इसके परिमाण के आधार पर प्रतिक्रिया की सीमा का अनुमान लगाने के लिए किया जाता है। इसका उपयोग प्रतिक्रिया की दिशा की भविष्यवाणी करने के लिए किया जाता है। इसका उपयोग संतुलन सांद्रता की गणना में किया जाता है।

Fukey Education

- Kc की संतुलित प्रतिक्रिया और मान।
- अभिकारकों की प्रारंभिक सांद्रता, या प्रारंभिक मोल्स।
- कंटेनर की मात्रा।

साम्यावस्था स्थिरांक के अनुप्रयोग

- साम्यावस्था-स्थिरांक के अनुप्रयोगों पर विचार करने से पहले हम इसके निम्नलिखित महत्त्वपूर्ण लक्षणों पर ध्यान दें-
- साम्यावस्था-स्थिरांक का व्यंजक तभी उपयोगी होता है, जब अभिकारकों एवं उत्पादों की सांद्रता साम्यावस्था पर स्थिर हो जाए।
- साम्यावस्था-सिथरांक का मान अभिकारकों एवं उत्पादों की प्रारंभिक सांद्रता पर निर्भर नहीं करता है।
- स्थिरांक का मान एक संतुलित समीकरण द्वारा व्यक्त रासायनिक क्रिया के लिए निश्चित ताप पर विशिष्ट होता है, जो ताप बदलने के साथ बदलता है।
- उत्क्रम अभिक्रिया का साम्यावस्था-स्थिरांक अग्रवर्ती अभिक्रिया के साम्यावस्था-स्थिरांक के मान का व्युत्क्रम होता है।
- किसी अभिक्रिया का साम्यावस्था-स्थिरांक ज़ उस संगत अभिक्रिया के साम्यावस्था स्थिरांक से संबंधित होता है जिसका समीकरण मूल अभिक्रिया के समीकरण में किसी छोटे पूर्णांक से गुणा या भाग देने पर प्राप्त होता है। अब हम साम्यावस्था स्थिरांक के अनुप्रयोगों पर विचार करेंगे तथा इसका प्रयोग निम्नलिखित ¯बदुओं से संबंधित प्रश्नों के उत्तर देने में करेंगे।
- साम्यावस्था-स्थिरांक के परिमाण की सहायता से अभिक्रिया की सीमा का अनुमान लगाना।
- अभिक्रिया की दिशा का पता लगाना एवं साम्यावस्था-सांद्रण की गणना करना।

साम्य को प्रभावित करने वाले कारक

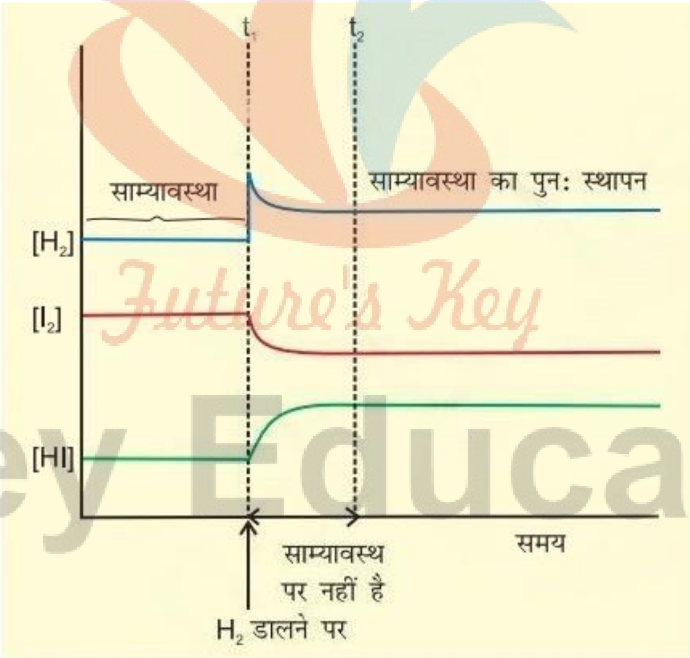
Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

रासायनिक साम्यावस्था को निम्नलिखित कारक प्रभावित करते है -
 (1) ताप, (2) सांद्रता, (3) दाब, जब समीकरण में क्रियाकारक व उत्पाद के अणुओं के संख्या में अंतर हो, (4) अक्रिय गैस, जब समीकरण में क्रियाकारक व उत्पाद के अणुओं की संख्या में अंतर हो।

सामान्यतया जब किसी अभिकारक/उत्पाद को अभिक्रिया में मिलाने या निकालने से साम्यावस्था परिवर्तित होती है, तो इसका अनुमान 'ला-शातेलिए सिद्धांत के आधर पर लगाया जा सकता है।

अभिकारक/उत्पाद को मिलाने से सांद्रता पर पड़े दबाव को कम करने के लिए अभिक्रिया उस दिशा की ओर अग्रसर होती है, ताकि मिलाए गए पदार्थ का उपभोग हो सके।

जब किसी अभिक्रिया के अभिकारकों या उत्पादों में से किसी एक का भी सांद्रण साम्यावस्था पर बदल दिया जाता है, तो साम्यावस्था मिश्रण के संघटन में इस प्रकार परिवर्तन होता है कि सांद्रण परिवर्तन के कारण पड़नेवाला प्रभाव कम अथवा शून्य हो जाए।



दाब-परिवर्तन का प्रभाव

किसी गैसीय अभिक्रिया में आयतन परिवर्तन द्वारा दाब बदलने से उत्पाद की मात्रा प्रभावित होती है। यह तभी होता है, जब अभिक्रिया को दर्शाने वाले रासायनिक समीकरण में गैसीय अभिकारकों के मोलों की संख्या तथा गैसीय उत्पादों के मोलों की संख्या में भिन्नता होती है। विषमांगी साम्य

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

पर ला-शातेलिए सिद्धांत, के प्रयुक्त करने पर ठोसों एवं द्रवों पर दाब के परिवर्तन की उपेक्षा की जा सकती है। क्योंकि ठोस/द्रव का आयतन एवं सांद्रताद्ध दाब पर निर्भर नहीं करता है। निम्नलिखित अभिक्रिया में,

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

अक्रिय गैस के योग का प्रभाव

यदि आयतन स्थिर रखते हैं और एक अक्रिय गैस (जैसे- आर्गन) जो अभिक्रिया में भाग नहीं लेती है, को मिलाते हैं तो साम्य अपरिवर्तित रहता है। क्योंकि स्थिर आयतन पर अक्रिय गैस मिलाने पर अभिक्रिया में भाग लेने वाले पदार्थ की मोलर सांद्रताओं अथवा दाबों में कोई परिवर्तन नहीं होता है। अभिक्रिया भागफल में परिवर्तन केवल तभी होता है जब मिलाई गई गैस अभिक्रिया में भाग लेने वाला अभिकारक या उत्पाद हो।

ताप-परिवर्तन का प्रभाव

जब कभी दाब या आयतन में परिवर्तन के कारण साम्य सांद्रता विक्षुब्ध् होती है, तब साम्य मिश्रण का संघटन परिवर्तित होता है, क्योंकि अभिक्रिया भागफल (Q) साम्यावस्था स्थिरांक (K_c) के बराबर नहीं रह पाता, लेकिन जब तापक्रम में परिवर्तन होता है, साम्यावस्था स्थिरांक (K_c) का मान परिवर्तित हो जाता है। सामान्यतः तापक्रम पर स्थिरांक की निर्भरता अभिक्रिया के ΔH चिन्ह निर्भर करती है।

- ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया (ΔH ऋणात्मक) का साम्यावस्था स्थिरांक तापक्रम के बढ़ने पर घटता है।
- ऊष्माशेषी अभिक्रिया (ΔH धनात्मक) का साम्यावस्था स्थिरांक तापक्रम के बढ़ने पर बढ़ता है।

उत्प्रेरक का प्रभाव

उत्प्रेरक क्रिया कारकों के उत्पादों में परिवर्तन हेतु कम ऊर्जा वाला नया मार्ग उपलब्ध् करवाकर अभिक्रिया के वेग को बढ़ा देता है। यह एक ही संक्रमण-अवस्था में गुजरने वाली अग्र एवं प्रतीप अभिक्रियाओं के वेग को बढ़ा देता है, जबकि साम्यावस्था को परिवर्तित नहीं करता। उत्प्रेरक अग्र एवं प्रतीप अभिक्रिया के लिए संक्रियण ऊर्जा को समान मात्रा में कम कर देता है। उत्प्रेरक अग्र एवं

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

प्रतीप अभिक्रिया मिश्रण पर साम्यावस्था संघटन को परिवर्तित नहीं करता है। यह संतुलित समीकरण में या साम्यावस्था स्थिरांक समीकरण में प्रकट नहीं होता है।

NH_2 के नाइट्रोजन एवं हाइड्रोजन से निर्माण पर विचार करें, जो एक अत्यंत ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया है इसमें उत्पाद के कुल मोलों की संख्या अभिकारकों के मोलों से कम होती है। साम्यावस्था स्थिरांक तापक्रम को बढ़ाने से घटता है।

अम्ल, क्षारक एवं लवण

अम्ल, क्षारक एवं लवण प्रकृति में व्यापक रूप से पाए जाते हैं। जठर रस, जिसमें हाइड्रोक्लोरिक अम्ल पाया जाता है, हमारे आमाशय द्वारा प्रचुर मात्रा (1.2-1.5 L/दिन) में स्त्रावित होता है।

यह पाचन प्रक्रिया के लिए अति आवश्यक है। सिरके का मुख्य अवयव एसीटिक अम्ल है। नीबू एवं संतरे के रस में सिट्रिक अम्ल एवं एस्कार्बिक अम्ल तथा इमली में टार्टरिक अम्ल पाया जाता है। अधिकांश अम्ल स्वाद में खट्टे होते हैं, लैटिन शब्द Acidus से बना 'एसिड' शब्द इनके लिए प्रयुक्त होता है, जिसका अर्थ है खट्टा। अम्ल नीले लिटमस को लाल कर देते हैं तथा कुछ धतुओं से अभिक्रिया करके डाइहाइड्रोजन उत्पन्न करते हैं। इसी प्रकार क्षारक लाल लिटमस को नीला करते हैं तथा स्वाद में कड़वे और स्पर्श में साबुनी होते हैं। क्षारक का एक सामान्य उदाहरण कपड़े धोने का सोडा है,

अम्ल तथा क्षारक की आरेनियस धरणा-

आरेनियस के सिदांतानुसार अम्ल वे पदार्थ हैं, जो जल में अपघटित होकर हाइड्रोजन आयन $H^+_{(aq)}$ देते हैं तथा क्षारक वे पदार्थ हैं, जो हाइड्रक्सिल आयन $OH^-_{(aq)}$ देते हैं। इस प्रकार जल में एक अम्ल HX का आयनन निम्नलिखित समीकरणों में से किसी एक के द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है-

$HX(aq) \rightarrow H^+(aq) + X^-(aq)$ या

$$HX(aq) + H_2O(L) \rightarrow H_3O^+(aq) + X^-(aq)$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

एक मुक्त प्रोटान, अत्यधिक क्रियाशील होता है। स्वतंत्रा रूप से जलीय विलयन में इसका अस्तित्व नहीं है। यह विलायक जल अणु के आक्सीजन से बंधित होकर त्रिकोणीय पिरामिडी हाइड्रोनियम आयन, H_2O^+ देता है

अम्लों एवं क्षारकों का आयनन

अधिकतर रासायनिक एवं जैविक अभिक्रियाएं जलीय माध्यम में होती हैं। इन्हें समझने के लिए आर्रेनियस की परिभाषा व अनुसार अम्लों एवं क्षारवेफां के आयनन की विवेचना उपयोगी होगी। परक्लोरिक ($HClO_4$) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCI) हाइड्रोब्रोमिक अम्ल (HBr) हाइड्रोआयोडिक अम्ल (HI) नाइट्रिक अम्ल (HNO_3) एवं सल्फ्रयूरिक अम्ल H_2SO_4 आदि अम्ल प्रबल' कहलाते हैं, क्योंकि यह जलीय माध्यम में संगत आयनों में लगभग पूर्णतः वियोजित होकर प्रोटानदाता के समान कार्य करते हैं। इसी प्रकार लीथियम हाइड्राक्साइड (LiOH) सोडियम हाइड्राक्साइड (NaOH), पोटैशियम हाइड्राक्साइड (KOH) सीशियम हाइड्राक्साइड (CsOH) एवं बेरियम हाइड्राक्साइड $Ba(OH)_2$ जलीय माध्यम में संगत आयनों में लगभग पूर्णत वियोजित होकर H_3O तथा OH^- आयन देते है

आरेनियस के सिद्धांत अनुसार, ये प्रबल क्षारक हैं, क्योंकि ये माध्यम में पूर्णतः वियोजित होकर क्रमशः OH^- आयन प्रदान करते हैं। विकल्पतः अम्ल या क्षार का सामथ्र्य अम्लों एवं क्षारकों के ब्रन्स्टेदलौरी सिद्धांत के अनुसार मापा जा सकता है। इसके अनुसार, 'प्रबल अम्ल' से तात्पर्य 'एक उत्तम प्रोटानदाता' एवं प्रबल क्षारक से तात्पर्य 'उत्तम प्रोटानग्राही' है।

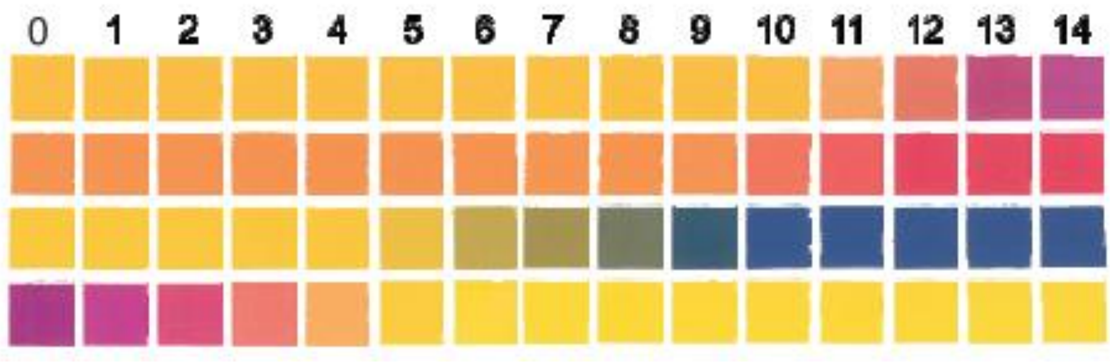
दुर्बल अम्ल HA के अम्ल-क्षार वियोजन साम्य पर विचार करें-

$$\underset{\text{अम्ल}}{HA(aq)} + \underset{\text{क्षारक}}{H_2O(I)} \rightleftharpoons \underset{\text{सयुग्मी अम्ल}}{H_3O^+(aq)} + \underset{\text{सयुग्मी अम्ल}}{A^-(eq)}$$

pH स्केल

हाइड्रोनियम आयन की मोलरता में सांद्रता को एक लघुगुणकीय मापक्रम (Logarthmic Scale) में सरलता से प्रदर्शित किया जाता है, जिसे pH स्केल कहा जाता है।

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com



कुछ सामान्य पदार्थों की pH के मान

द्रव के नाम	pH	द्रव के नाम	pH
NaOH का संतृप्त विलयन	~15	काली कॉफी	5.0
0.1 M NaOH विलयन	13	टमाटर का रस	~4.2
चूने का पानी	10.5	मृदु पेय पदार्थ तथा सिरका	~3.0
मिल्क ऑफ मैग्नीशिया	10	नीबू-पानी	~2.2
अंडे का सफेद भाग, समुद्री जल	7.8	जठर-रस	~1.2
मानव-रुधिर	7.4	1M HCl विलयन	~0
दूध	6.8	सांद्र HCl	~–1.0
मानव-श्लेष्मा	6.4		

298K पर कुछ दुर्बल क्षारकों के आयनन-स्थिरांक के मान

क्षारक	K_b
डाइमेथिलऐमिन $(CH_3)_2NH$	5.4×10^{-4}
ट्राइएथिलऐमिन $(C_2H_5)_3N$	6.45×10^{-5}
अमोनिया NH_3 or NH_4OH	1.77×10^{-5}
क्विनीन (एक वानस्पतिक उत्पाद)	1.10×10^{-6}
पिरीडीन C_5H_5N	1.77×10^{-9}
ऐनिलीन $C_6H_5NH_2$	4.27×10^{-10}
यूरिया $CO(NH_2)_2$	1.3×10^{-14}

K_a तथा K_b में संबंध्

K_a तथा K_b क्रमशः अम्ल और क्षारक की सामर्थ्य को दर्शाते हैं। संयुग्मी अम्ल-क्षार युग्म में ये एक-दूसरे से सरलतम रूप से संबंधित होते हैं। यदि एक का मान ज्ञात है, तो दूसरे को ज्ञात किया जा सकता है। NH_4^+ तथा NH_4 के उदाहरण की विवेचना करते हैं

Fukey Education

$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + NH_3(aq)$

$K_a = [H_3O^+][NH_3] / [NH_4^+] = 5.6 \times 10^{-10}$

$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$

$K_b = [NH_4^+][OH^-] / NH_3 = 1.8 \times 10^{-5}$

नेटः $2\ H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$

$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ M

बफर-विलयन

शरीर में उपस्थित कई तरल उदाहरणार्थ रक्त या मूत्र के निश्चित pH होते हैं। इनके pH में हुआ परिवर्तन शरीर के ठीक से काम न करने (Malufunctioning) का सूचक है। कई रासायनिक एवं जैविक अभिक्रियाओं में भी pH का नियंत्राण बहुत महत्त्वपूर्ण होता है। कई औषधियाँ एवं प्रसाध्नीय संरूपणों (Consmetic formulation) को किसी विशेष pH पर रखा जाता है एवं शरीर में प्रविष्ट कराया जाता है। ऐसे विलयन, जिनका pH तनु करने अथवा अम्ल या क्षारक की थोड़ी सी मात्रा मिलाने के बाद भी अपरिवर्तित रहता है, 'बफर-विलयन' कहलाते हैं।

बफर विलयन बनाना

pK_a, pK_b और साम्यस्थिरांक का ज्ञान हमें ज्ञात pH का बफर विलयन बनाने में सहायता करता है। आइए देखें कि हम यह के से कर सकते हैं।

अम्लीय-बफर बनाना

अम्लीय pH का बफर बनाने के लिए हम दुर्बल अम्ल और इसके द्वारा प्रबल क्षार के साथ बनाए जाने वाले लवण का उपयोग करते हैं। हम pH दुर्बल अम्ल के साम्य स्थिरांक K_b और दुर्बल अम्ल और इसके संयुग्मित क्षारक की सांद्रताओं के अनुपात में सम्बंध् स्थापित करने वाला समीकरण स्थापित करते हैं। एक सामान्य स्थिति में जहाँ दुर्बल अम्ल HA जल में आयनीकृत होता है,

$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ A^-$$

इसके लिए हम निम्नलिखित व्यंजक लिख सकते हैं-

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

उपरोक्त व्यंजक को पुर्नव्यवस्थित करने पर

$$[H_3O^+] = K_a \frac{[HA]}{[A^-]}$$

दोनों ओर का लघुगणक लेने के बाद पदों को पुनव्र्यवस्थित करने पर हमें प्राप्त होता है-

$$Pk_a = pH - \log\frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$PH = Pk_a + \log\frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$PH = Pk_a + \log\frac{[\text{संयुग्मित क्षारक}, A^-]}{[\text{अम्ल}, HA]}$$

di और पॉलीबेसिक एसिड और di और पॉलीएसिडिक बेस

Di- और पॉलीबेसिक एसिड और di- और पॉलीएसिडिक बेस का आयनीकरण। कुछ एसिड जैसे ऑक्सालिक एसिड, सल्फ्यूरिक एसिड और फॉस्फोरिक एसिड में एसिड के अणु प्रति एक से अधिक आयनीकरणीय प्रोटॉन होते हैं। ऐसे एसिड को पॉलीबेसिक या पॉलीप्रोटिक एसिड के रूप में जाना जाता है।

एसिड की ताकत को प्रभावित करने वाले कारक

बंधन जितना कमजोर होगा, इसे तोड़ने के लिए उतनी ही कम ऊर्जा की आवश्यकता होगी। इसलिए, एसिड मजबूत है। एच-ए बॉन्ड की ध्रुवीयता इसकी एसिड ताकत को प्रभावित करती है। यदि बंधन अत्यधिक ध्रुवीय है, तो प्रोटॉन अणु को अधिक आसानी से छोड़ देता है, जिससे यह एक मजबूत एसिड बन जाता है

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

5.4: कारक जो एसिड की ताकत निर्धारित करते हैं

- आवधिक रुझान।
- अनुनाद प्रभाव।
- प्रेरक प्रभाव।

Fukey Education

NCERT SOLUTIONS

अभ्यास (पृष्ठ संख्या 156-157)

प्रश्न 1 एक द्रव को सीलबन्द पात्र में निश्चित ताप पर इसके वाष्प के साथ साम्य में रखा जाता है। पात्र का आयतन अचानक बढ़ा दिया जाता है।

i. वाष्प-दाब परिवर्तन का प्रारम्भिक परिणाम क्या होगा?
ii. प्रारम्भ में वाष्पन एवं संघनन की दर कैसे बदलती है?
iii. क्या होगा, जबकि साम्य पुनः अन्तिम रूप से स्थापित हो जाएगा, तब अन्तिम वाष्प दाब क्या होगा?

उत्तर-

i. प्रारम्भ में वाष्प दाब घटेगा क्योंकि वाष्प का समान द्रव्यमान बढ़े आयतन में वितरित होता है।
ii. बन्द पात्र में नियत ताप पर वाष्पन की दर नियत रहती है संघनन की दर प्रारम्भ में निम्न होगी।
iii. अन्तिम रूप से स्थापित साम्य में संघनन की दर वाष्पन की देर के समान होती है। अन्तिम वाष्प दाब पहले के समान रहता है।

Fukey Education

प्रश्न 2 निम्नलिखित साम्य के लिए K, क्या होगा, यदि साम्य पर प्रत्येक पदार्थ की सान्द्रताएँ हैं-

$[SO_2] = 0.60M, [O_2] = 0.82M$ एवं $[SO_3] = 1.90M$

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

उत्तर-

$$K_e = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = \frac{(1.90M)^2}{(0.60M)^2(0.82M)} = 12.229L\ mol^{-1}$$

प्रश्न 3 एक निश्चित ताप एवं कुल दाब 10^5 Pa पर आयोडीन वाष्प में आयतनानुसार 40% आयोडीन परमाणु होते हैं।

$$I_2(g) \rightleftharpoons 2I(g)$$

साम्य के लिए K_p की गणना कीजिए।

उत्तर- I परमाणुओं का आंशिक दाब,

$$(P_I) = \frac{40}{100} \times 10^5 Pa = 0.4 \times 10^5 Pa$$

I_2 का आंशिक दाब

$$(P_{I_2}) = \frac{60}{100} \times 10^5 Pa = 0.60 \times 10^5 Pa$$

$$K_P = \frac{(0.4 \times 10^5)^2}{0.60 \times 10^5} = 2.67 \times 10^4 Pa$$

प्रश्न 4 निम्नलिखित में से प्रत्येक अभिक्रिया के लिए साम्य स्थिरांक K_c को व्यंजक लिखिए-

i. $2NOCl(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$
ii. $2Cu(NO_3)_2 \rightleftharpoons 2CuO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$
iii. $CH_3COOC_2H_5(aq) + H_2O(I) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + C_2H_5OH(aq)$
iv. $Fe^{3+}(aq) + 3H^-(aq) \rightleftharpoons Fe(OH)_3(s)$
v. $I_2(s) + 5F_2 \rightleftharpoons 2IF_5$

उत्तर-

i.

$$K_c = \frac{[NO(g)]^2[Cl_2(g)]}{[NOCl(g)]^2}$$

ii.

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$K_c = \frac{[CuO(s)]^2[NO_2(g)]^2[O_2(g)}{[Cu(NO_3)_2(s)]^2} = [NO_2(g)]^4[O_2(g)]$$

iii.

$$K_c = \frac{[CH_3COOH(aq)][C_2H_5OH(aq)]}{[CH_3COOC_2H_5(aq)][H_2O(I)]}$$

iv.

$$K_c = \frac{[Fe(OH)_3(s)]}{[Fe^{3+}aq][OH^-(aq)]^3} = \frac{1}{[Fe^{3+}(aq)][OH^-(aq)]^3}$$

v.

$$K_c = \frac{[IF_5]^2}{[I_2(s)][F_2]^5} = \frac{[IF_5]^2}{[F_2]^5}$$

प्रश्न 5 K_p के मान से निम्नलिखित में से प्रत्येक साम्य के लिए K_c का मान ज्ञात कीजिए-

i.

$$2NOCI(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g); K_P = 1.8 \times 10^{-2} at\ 500K$$

ii.

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g); K_p = 167 at\ 1073K$$

उत्तर-

i.

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$2NOCl(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$ अभिक्रिया के लिए,

$\Delta n_g = 3 - 2 = 1$

$\therefore K_P = K_c(RT)$

$\therefore K_c = \frac{K_P}{RT} = \frac{1.8\times10^{-2}}{0.0831\times500} (\because R = 0.0831 L\ bar\ mol^{-1}K^{-1})$

$= 4.33 \times 10^{-4}$

ii.

$CaCO_{(s)} \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ अभिक्रिया के लिए,

$\Delta n_g = 1 - 0 = 1$

$K_c = \frac{K_P}{RT} = \frac{167}{0.0831\times1073} = 1.873$

प्रश्न 6 साम्य $NO(g) + O_3(g) \rightleftharpoons NO_2(g) + O_2(g)$ के लिए 1000K पर $Kc \rightleftharpoons 6.3 \times 10^{14}$ है। साम्य में अग्र एवं प्रतीप दोनों अभिक्रियाएँ प्राथमिक रूप से द्विअणुक हैं। प्रतीप अभिक्रिया के लिए K_c क्या है?

उत्तर- प्रतीप अभिक्रिया के लिए,

$$K_{(\text{प्रतीप})} = \frac{1}{K_{C\,(\text{अग्र})}} = \frac{1}{6.3\times10^{14}} = 1.59\times10^{-15}$$

प्रश्न 7 साम्य स्थिरांक का व्यंजक लिखते समय समझाइए कि शुद्ध द्रवों एवं ठोसों को उपेक्षित क्यों किया जा सकता है?

उत्तर-

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$[\text{शुद्ध द्रव}] \text{ या } [\text{शुद्ध ठोस}] = \frac{\text{मोलों की संख्या}}{\text{L में आयतन}}$$

$$= \frac{\text{द्रव्यमान / आण्विक द्रव्यमान}}{\text{आयतन}}$$

$$= \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}} \times \frac{1}{\text{आण्विक द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{\text{घनत्व}}{\text{आण्विक द्रव्यमान}}$$

प्रश्न 8 N_2 एवं O_{2-} के मध्य निम्नलिखित अभिक्रिया होती है

$$2N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2N_2O(g)$$

यदि एक 10L के पात्र में 0.482 मोल N, एवं 0.933 मोल O_2, रखे जाएँ तथा एक ताप, जिस पर N_20 बनने दिया जाए

तो साम्य मिश्रण का संघटन ज्ञात कीजिए $K_c \rightleftharpoons 2.0 \times 10^{-37}$ |

उत्तर-

$$2N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2N_2O(g)$$

मोलों की प्रारम्भिक संख्या	0.482	0.933
समय पर मोल	0.482 – x	$0.933 - \frac{x}{2}$

समय पर, $[N_2(g)] = \frac{0.482 - x}{10}$, $[O_2(g)] = \frac{0.933 - \frac{x}{2}}{10}$

$[N_2O(g)] = \frac{x}{10}$ ($\because$ आयतन $= 10L$)

चूँकि $K + 2.0 \times 10^{-37}$ अति अल्प है, N_2 तथा O_2 की अभिक्रिया मात्रा (x) भी अति अलप होगी। अतः साम्य पर,

$$[N_2(g)] = \frac{0.482 - x}{10} \approx \frac{0.482}{10} = 0.0482 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[O_2(g) = \frac{0.933 - \frac{x}{2}}{10} \approx = \frac{0.933}{10} = 0.0933 \text{mol L}^{-1}$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

तथा $[N_2O(g)] = \frac{x}{10}$

$\because K_c = \frac{[N_2O(g)]^2}{[N_2(g)]^2[O_2(g)]}$

अतः $2.0 \times 10^{-37} = \frac{\left[\frac{x}{10}\right]^2}{(0.0482)^2 \times (0.0933)}$

हल करने पर, $x = 6.6 \times 10^{-20}$

$\therefore [N_2O(g)] = \frac{x}{10} = \frac{6.6 \times 10^{-20}}{10} = 6.6 \times 10^{-21} \text{mol L}^{-1}$

प्रश्न 9 निम्नलिखित अभिक्रिया के अनुसार नाइट्रिक ऑक्साइड Br_2 से अभिक्रिया कर नाइट्रोसिल ब्रोमाइड बनाती है-

$$2NO(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2NOBr(g)$$

जब स्थिर ताप पर एक बन्द पात्र में 0.087 मोल NO एवं 0.0437 मोल Br_2 मिश्रित किए जाते हैं, तब 0.0518 मोल NOBr प्राप्त होती है। NO एवं Br_2 की साम्य मात्रा ज्ञात कीजिए।

उत्तर- 0.0518 मोल NOBr का निर्माण 0.0518 मोल NO तथा $\frac{0.0518}{2} \rightleftharpoons 0.0259$ मोल Br_2 से होता है।

अतः साम्य पर,

NO की मात्रा $\rightleftharpoons 0.087 - 0.0518 \rightleftharpoons 0.0352 \text{mol}$

Br_2 की मात्रा $\rightleftharpoons 0.0437 - 0.0259 \rightleftharpoons 0.0178 \text{mol}$

प्रश्न 10 साम्य $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ के लिए 450K पर $K_p \rightleftharpoons \frac{2.0 \times 10^{10}}{\text{bar}}$ है। इस ताप पर K_c का मान ज्ञात कीजिए।

उत्तर- दी गई अभिक्रिया के लिए, $\Delta n_g = 2 - 3 = -1$

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

$$= (2.0 \times 10^{10} bar^{-1})(0.0831 L\ bar\ K^{-1} mol^{-1})(450K)$$

$$= 74.8 \times 10^{10} L\ mol^{-1} = 7.48 \times 10^{11} L\ mol^{-1}$$

प्रश्न 11 HI(g) का एक नमूना 0.2 atm दाब पर एक फ्लास्क में रखा जाता है। साम्य पर HI(g) का आंशिक दाब 0.04 atm है। यहाँ दिए गए साम्य के लिए K_p का मान क्या होगा?

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

उत्तर-

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

प्रारम्भिक दाब	0.2	0	0
साम्य दाब	0.04 atm	$\frac{0.16}{2}$ atm	$\frac{0.16}{2}$ atm

= 0.08atm = 0.08atm

(HI के दाब में कमी = 0.2 - 0.04 = 0.16 atm)

$$\therefore K_p = \frac{pH_2 \times PI_2}{P_{HI}^2} = \frac{0.08atm \times 0.08atm}{(0.04atm)^2} = 4.0$$

प्रश्न 12 500K ताप पर एक 20L पात्र में N_2 के 1.57 मोल, H_2 के 1.92 मोल एवं NH_3 के 8.13 मोल का मिश्रण लिया जाता है। अभिक्रिया $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ के लिए K_c का मान 1.7×10^2 है। क्या अभिक्रिया-मिश्रण साम्य में है? यदि नहीं तो नेट अभिक्रिया की दिशा क्या होगी?

उत्तर- दी गयी अभिक्रिया है,

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_2(g)$$

$$Q_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{\left(\frac{8.13}{20}\text{ mol L}^{-1}\right)}{\left(\frac{1.57}{20}\text{ mol L}^{-1}\right)\left(\frac{1.92}{20}\text{ mol L}^{-1}\right)^3}$$

चूँकि $Q_c \neq K_c$, अतः अभिक्रिया मिश्रण साम्य में नहीं है।

चूँकि $Q_c > K_c$, अतः नेट अभिक्रिया पश्च दिशा में होंगी।

प्रश्न 13 एक गैस अभिक्रिया के लिए $K_c = \frac{[NH_3]^4[O_2]^5}{[NO]^4[H_2O]^6}$ है, तो इस व्यंजक के लिए सन्तुलित रासायनिक समीकरण लिखिए।

उत्तर-

$$4NO(g) + 6H_2O(g) \rightleftharpoons 4NH_3(g) + 5O_2(g)$$

प्रश्न 14 H_2O का एक मोल एवं CO का एक मोल 725K ताप पर 10L के पात्र में लिए जाते हैं। साम्य पर 40% जल (भारात्मक) CO के साथ निम्नलिखित समीकरण के अनुसार अभिक्रिया करता है-

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

अभिक्रिया के लिए साम्य स्थिरांक की गणना कीजिए।

उत्तर- साम्य पर,

$$[H_2O] = \frac{1-0.40}{10}\text{ mol L} - 1 = 0.06\text{mol L}^{-1}$$

$$[CO] = 0.06\text{mol L}^{-1}$$

$$[H_2] = \frac{0.4}{20}\text{ mol L}^{-1} = 0.04\text{mol L}^{-1}$$

$$[CO_2] = 0.04\text{mol L}^{-1}$$

$$K = \frac{[H_2][CO_2]}{[H_2O][CO]} = \frac{0.04 \times 0.04}{0.06 \times 0.06} = 0.444$$

प्रश्न 15 700 K ताप पर अभिक्रिया $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ के लिए साम्य स्थिरांक 54.8 है। यदि हमने शुरू में HI(g) लिया हो, 700K ताप साम्य स्थापित हो तथा साम्य पर 0.5mol L^{-1} HI(g) उपस्थित हो तो साम्य पर $H_2(g)$ एवं $I_2(g)$ की सान्द्रताएँ क्या होंगी?

उत्तर-

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

अभिक्रिया के लिए, $K = \frac{1}{54.8} = 1.82 \times 10^{-2}$

H_2 तथा I_2 के मोल बराबर है, अतः साम्य पर सांद्रण भी बराबर होगी।

माना $[H_2(g)] = [I_2(g)] = x mol\ L^{-1}$

दिया है, $[HI(g)] = 0.5 mol\ L^{-1}$

$$K = \frac{[H_2(g)][I_2(g)]}{[HI(g)]^2}$$

$$1.82 \times 10^{-2} = \frac{x \times x}{(0.5)^2}$$

$$x[1.82 \times 10^{-2} \times (0.5)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0.068 mol\ L^{-1}$$

अतः साम्यावस्था पर, $[H_2(g)] = [I_2(g)] = 0.068 mol\ L^{-1}$

प्रश्न 16 CI, जिसकी सान्द्रता प्रारम्भ में 0.78M है, को यदि साम्य पर आने दिया जाए तो प्रत्येक की साम्य पर सान्द्रताएँ क्या होंगी?

$$2ICI(g) \rightleftharpoons I_2(g) + Cl_2(g); K_c = 0.14$$

उत्तर- माना साम्य पर,

$$[I_2] = [CI_2] = x\ mol\ L^{-1}$$

तब $2ICl \rightleftharpoons I_2(g) + Cl_2(g)$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

प्रारम्भिक सान्द्रण	0.78M	0	0
साम्य पर	0.78 - 2x	x	x

प्रश्न 17 नीचे दर्शाए गए साम्य में 899K पर K_p का मान 0.04 atm है। C_2H_6 की साम्य पर सान्द्रता क्या होगी यदि 4.0atm दाब पर C_2H_6 को एक फ्लास्क में रखा गया है एवं साम्यावस्था पर आने दिया जाता है?

$$C_2H_6(g) \rightleftharpoons C_2H_4(g) + H_2(g)$$

उत्तर- दी गयी अभिक्रिया है,

$$C_2H_6(g) \rightleftharpoons C_2H_4(g) + H_2(g)$$

प्रारंभिक दाब	4.0 atm	0	0
साम्य पर	4.0 - p	p	p

$$K_P = \frac{P_{C_2H_4} \times P_{H_2}}{P_{C_2H_6}}$$

$$0.04 = \frac{P \times P}{4.0 - P}$$

$$0.04 = \frac{P^2}{4.0 - P} \text{ या } P^2 = 0.16 - 0.04P$$

$$P^2 + 0.04P - 0.16 = 0$$

$$\therefore P = \frac{-0.04 \pm \sqrt{(0.04)^2 - 4 \times 1 \times (-0.16)}}{2 \times 1}$$

$$= \frac{-0.04 \pm 0.89}{2}$$

धनात्मक मान लेने पर, $P = \frac{0.80}{2} = 0.40$

$$\therefore [C_2H_6(g)]_{eq} = 4.0 - P = 4 - 0.40 = 3.60 atm$$

प्रश्न 18 एथेनॉल एवं ऐसीटिक अम्ल की अभिक्रिया से एथिलं ऐसीटेट बनाया जाता है एवं साम्य को इस प्रकार दर्शाया जा सकता है-

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$CH_3COOH\ (l) + C_2H_5H(l) \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5(l) + H_2O\ (l)$$

i. इस अभिक्रिया के लिए सान्द्रता अनुपात (अभिक्रिया-भागफल) Q_c लिखिए (टिप्पणी: यहाँ पर जल आधिक्य में नहीं है एवं विलायक भी नहीं है)

ii. यदि 293K पर 1.00 मोल ऐसीटिक अम्ल एवं 0.18 मोल एथेनॉल प्रारम्भ में लिए जाएँ तो अन्तिम साम्य मिश्रण में 0.171 मोल एथिल ऐसीटेट है। साम्य स्थिरांक की गणना कीजिए।

iii. 0.5 मोल एथेनॉल एवं 10 मोल ऐसीटिक अम्ल से प्रारम्भ करते हुए 293K ताप पर कुछ समय पश्चात् एथिल ऐसीटेट के 0.214 मोल पाए गए तो क्या साम्य स्थापित हो गया?

उत्तर-

i.

$$K_c = \frac{CH_3COOC_2H_5\,(l)][H_2O(l)]}{[CH_3COOH(l)][C_2H_5OH(l)]}$$

ii. $CH_3COOH\ (l) + C_2H_5H(l) \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5(l) + H_2O\ (l)$

प्रारम्भ में मेलों की संख्या	1.0	0.18	0	0
साम्य पर	1.00 - 0.171	0.18 - 0.171	0.171	0.171
	= 0.829	= 0.009		

यदि अभिक्रिया मिश्रण का आयतन V लीटर है, तब साम्य पर,

Fukey Education

$$[CH_3COOH(l)] = \frac{0.829}{V}\,mol\ L^{-1}$$

$$[C_2H_5OH(l)] = \frac{0.009}{V}\,mol\ L^{-1}$$

$$[CH_3COOC_2H_5\,(l)] = \frac{0.171}{V}\,mol\ L^{-1}$$

$$[H_2O(l)] = \frac{0.171}{V}\,mol\ L^{-1}$$

$$K_c = \frac{[CH_3COOC_2H_5\,(l)][H_2O(l)]}{[CH_3COOH(l)][C_2H_5OH(l)]}$$

$$= \frac{\frac{0.171}{V} \times \frac{0.171}{V}}{\frac{0.829}{V} \times \frac{0.009}{V}} = 3.92$$

iii. $CH_3COOH\ (l) + C_2H_5H(l) \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5(l) + H_2O\ (l)$

प्रारम्भिक मोल	10	0.5	0	0
t समय पश्चात्	1.0 - 0.214	0.5 - 0.214	0.214	0.214

$$Q_c = \frac{\frac{0.214}{V} \times \frac{0.214}{V}}{\frac{0.786}{V} \times \frac{0.286}{V}} = 0.204$$

चूँकि $Q_c \neq K_c$, अतः साम्यावस्था प्राप्त नहीं हुई है।

प्रश्न 19 437K ताप पर निर्वात में PCl का एक नमूना एक फ्लास्क में लिया गया। साम्य स्थापित होने पर PCl_5 की सान्द्रता 0.5×10^{-1}mol L^{-1} पाई गई, यदि K_c का मान 8.3×10^{-3} है तो साम्य पर PCl_3 एवं Cl_2 की सान्द्रताएँ क्या होंगी?

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

उत्तर- दी गई अभिक्रिया है,

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

साम्य पर	0.5×10^{-1}mol L^{-1}	x mol L^{-1}	x mol L^{-1}

$\therefore K_c = \frac{x \times x}{0.5 \times 10^{-1}} = 8.3 \times 10^{-3}$ (दिया है)

$x^2 = (0.3 \times 10^{-3})(0.5 \times 10^{-1}) = 4.15 \times 10^{-4}$

$x = \sqrt{4.15 \times 10^{-4}} = 2.04 \times 10^{-2M} = 0.02M$

अतः $[PCl_3]_{eq} = [Cl_2]_{eq} = 0.02M$

प्रश्न 20 लौह अयस्क से स्टील बनाते समय जो अभिक्रिया होती है, वह आयरन (II) ऑक्साइड का कार्बन मोनोक्साइड के द्वारा अपचयन है एवं इससे धात्विक लौह एवं CO_2 मिलते हैं।

$$FeO(s) + CO(g) Fe(s) + CO_2(g); Kp = 0.265\ atm\ at 1050\ K$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

1050K पर CO एवं CO_2 के साम्य पर आंशिक दाब क्या होंगे, यदि उनके प्रारम्भिक आंशिक दाब हैं-

PCO = 1.4atm एवं $pCO_2 = 0.80atm$

उत्तर-

$$FeO(s) + CO(g) \rightleftharpoons Fe(s) + CO_2(g)$$

प्रारंभिक दाब

$$Q_p = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}} = \frac{0.80}{1.4} = 0.571$$

चूँकि Qp > Kp, अतः अभिक्रिया पश्च दिशा में होगी। इस अवस्था में साम्य स्थापित होने के लिए CO_2 का दाब घटेगा जबकि CO के दाब में वृद्धि P है तब

साम्य पर $PCO_2 = (0.80 - p)atm$

$$P_{CO_2} = (1.4 + p)atm$$

$$K_p = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}}$$

$$0.265 = \frac{0.80-p}{1.4+p}$$

$$0.265 \times (11.4 + p) = 0.80 - p$$

$$0.371 + 0.265p = 0.80 - p$$

$$1.265p = 0.429$$

$$p = \frac{0.429}{1.256} = 0.339atm$$

$\therefore$ साम्य पर, $P_{CO} = 1.4 + 0.339 = 1.739atm$

तथा $P_{CO_2} = 0.80 - 0.339 = 0.461atm$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

प्रश्न 21 अभिक्रिया $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_2(g)$ के लिए (500 K पर) साम्य स्थिरांक K_c = 0.061 है। एक विशेष समय पर मिश्रण का संघटन इस प्रकार है- 3.0 mol $L^{-1}N_2$, 2.0 mol $L^{-1}H_2$ एवं 0.5 mol L^{-1} NH_3 क्या अभिक्रिया साम्य में है? यदि नहीं तो साम्य स्थापित करने के लिए अभिक्रिया किस दिशा में अग्रसरित होगी?

उत्तर- $Q_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{(0.5)}{(3.0)(2.0)^3} = 0.0104$

चूँकि Qc ≠ kc, अत: अभिक्रिया साम्यावस्था में नहीं है।

चूँकि Qc < Kc, अत: अभिक्रिया अग्र दिशा में होगी।

प्रश्न 22 ब्रोमीन मोनोक्लोराइड BrCI विघटित होकर ब्रोमीन एवं क्लोरीन देता है तथा साम्य स्थापित होता है-

$2BrCI(g) \rightleftharpoons Be_2(g) + Cl_2(g)$ इसके लिए 500K पर K_c = 32 है। यदि प्रारम्भ में BrCI की सान्द्रता 3.3 × 10^{-3}mol L^{-1} हो तो साम्य पर मिश्रण में इसकी सान्द्रता क्या होगी?

उत्तर- $2BrCI(g) \rightleftharpoons Be_2(g) + Cl_2(g)$

प्रारंभिक सांद्रण	3.30 × 10^{-3}mol L^{-1}	—	—
साम्य पर	(3.30 × 10^{3} - x)	$\frac{x}{2}$	$\frac{x}{2}$

$$\therefore K_c = \frac{[Br_2(g)][Cl_2(g)]}{[BrCl(g)]^2}$$

$$32 = \frac{\frac{x}{2} \times \frac{x}{2}}{(3.30 \times 10^{-3} - x)^2}$$

$$5.66 = \frac{\frac{x}{2}}{3.30 \times 10^{-3} - x} = \frac{x}{2(3.30 \times 10^{-3} - x)}$$

$$0.037 - 11.32x = x$$

$$(1 + 11.37)x = 0.037$$

$$x = \frac{0.037}{1 + 11.32} = 3.0 \times 10^{-3}$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$\therefore BrCl$ का साम्य सांद्रण $= 3.30 \times 10^{-3} - x$

$= 3.30 \times 10^{-3} - 3.0 \times 10^{-3} = 3.0 \times 10^{-4} mol\ L^{-1}$

प्रश्न 23 1127K एवं 1 atm दाब पर CO तथा CO_2 के गैसीय मिश्रण में साम्यावस्था पर ठोस कार्बन में 90.55% (भारात्मक) CO है।

$$C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$$

उपर्युक्त ताप पर अभिक्रिया के लिए K_c के मान की गणना कीजिए।

उत्तर- यदि मिश्रण ($CO + CO_2$) का कुल द्रव्यमान = 100g

तब CO = 90.55g

तथा CO_2 = 100 − 90.55 = 9.45g

$$CO \text{ के मोलों की संख्या} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आण्विक द्रव्यमान}} = \frac{90.55}{28} = 3.234$$

$$CO_2 \text{ के मोलों की संख्या} = \frac{9.45}{44} = 0.215$$

$$P_{CO} = \frac{3.234}{3.234+0.215} \times 1atm = 0.938atm$$

$$P_{CO_2} = \frac{0.215}{3.234+0.215} \times 1atm = 0.062atm$$

$$K_p = \frac{P_{CO}}{P_{CO_2}} = \frac{(0.938)}{0.062} = 14.19$$

$$\Delta n_g = 2 - 1 = 1$$

$$\therefore K_p = K_c(RT)$$

$$K_c = \frac{K_p}{RT} = \frac{14.19}{0.0821 \times 1127} = 0.153$$

प्रश्न 24 298K पर NO एवं O_2 से NO_2 बनती है-

$$NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons NO_2(g)$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

अभिक्रिया के लिए (a) ΔG⊖ एवं (b) साम्य स्थिरांक की गणना कीजिए-

$$\Delta fG^{\ominus}(NO_2) = 52.0 kJ/mol$$

$$\Delta fG^{\ominus}(NO) = 87.0 kJ/mol$$

$$\Delta fG^{\ominus}(O_2) = 0 kJ/mol$$

उत्तर-

$$\Delta_r G^{\ominus} = \sum \Delta_f G^{\ominus}_{\text{उत्पाद}} - \sum \Delta_f G^{\ominus}_{\text{अभिकारक}}$$

$$\Delta_r G^{\ominus} = \Delta_f G^{\ominus}(NO_2) - \left\{\Delta_f G^{\ominus}(NO) + \frac{1}{2}\Delta_f G^{\ominus}(O_2)\right\}$$

$$= 52.0 - \left(87 + \frac{1}{2} \times 0\right) = -35 kJ\ mol$$

$$\Delta_r G^{\ominus} = -2.303 RT \log K$$

$$\log K = -\frac{\Delta G^{\ominus}}{2.303 RT} = -\frac{(-35.0)}{2.303 \times 8.314 \times 10^{-3} \times 298} = 61341$$

$$(\because R = 8.314 \times 10^{-3} kJ\ K^{-1} mol^{-1})$$

$$K = \text{antilog}(6.1341) = 1.362 \times 10^6$$

प्रश्न 25 निम्नलिखित में से प्रत्येक साम्य में जब आयतन बढ़ाकर दाब कम किया जाता है, तब बतलाइए कि अभिक्रिया के उत्पादों के मोलों की संख्या बढ़ती है या घटती है या समान रहती है?

a. $PCl_2(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

b. $CaO(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons CaCO_3(s)$

c. $3Fe(s) + 4H_2O(g) Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$

उत्तर- लोशातेलिए सिद्धान्त के अनुसार दाब कम करने पर उत्पादों के मोलों की संख्या-

a. बढ़ेगी,
b. घटेगी,

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

c. समान रहेगी।

प्रश्न 26 निम्नलिखित में से दाब बढ़ाने पर कौन-कौन सी अभिक्रियाएँ प्रभावित होंगी? यह भी बताएँ कि दाब परिवर्तन करने पर अभिक्रिया अग्र या प्रतीप दिशा में गतिमान होगी?

i. $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g); +Cl_2(g)$

ii. $CH_4(g) + 2S_2(g) CS_2(g) + 2H_2S(g)$

iii. $CO_2(g) + C(s) \rightleftharpoons 2CO(g)$

iv. $2H_2(g) + CO(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$

v. $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

vi. $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightleftharpoons 4NO(g) + 6H_2O(g)$

उत्तर- वे अभिक्रियाएँ प्रभावित होंगी जिनमें $(n_r \neq n)$ हो। अत: अभिक्रियाएँ (i), (iii), (iv), (v) तथा (vi) प्रभावित होंगी। ला-शातेलिए सिद्धान्त के अनुसार हम अभिक्रियाओं की दिशा प्राप्त कर सकते हैं।

i. $n_p = 2$, $n_r = 1$ अर्थात् $n_p > n_r$, अतः अभिक्रिया पश्चे दिशा में होगी।
ii. $n_p = 3$, $n_r = 3$ अर्थात् $n_p = n_r$, अतः अभिक्रिया दाब से प्रभावित नहीं होगी।
iii. $n_p = 2$, $n_r = 1$ अर्थात् $n_p > n_r$, अतः अभिक्रिया पश्च दिशा में होगी।
iv. $n_p = 1$, $n_r = 3$ अर्थात् $n_p < n_r$, अत: अभिक्रिया अग्र दिशा में होगी।
v. $n_p = 1$, $n_r = 0$ अर्थात् $n_p > n_r$, अत: अभिक्रिया पश्च दिशा में होगी।
vi. $n_p = 10$, $n_r = 9$ अर्थात् $n_p > n_r$, अतः अभिक्रिया पश्च दिशा में होगी।

प्रश्न 27 निम्नलिखित अभिक्रिया के लिए 1024K पर साम्य स्थिरांक 1.6×10^5 है।

$H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$

यदि HBr के 10.0 bar सीलयुक्त पात्र में डाले जाएँ तो सभी गैसों के 1024K पर साम्य दाब ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$2HBr(g) \rightleftharpoons H_2(g) + Br_2(g)$

प्रारम्भिक दाब	10 bar	0	0
साम्य पर	10 - p	p/2	p/2

$$K_p = \frac{(p/2)(p/2)}{(10-p)^2} = \frac{1}{1.6\times10^5} \times \frac{p^2}{4(10-P^2}$$

$$= \frac{1}{1.6\times10^5}$$

दोनों पक्षों का वर्गमूल लेने पर,

$\frac{p}{2(10-p)} = \frac{1}{4\times10^2}$ या $4 \times 10^2 p = 2(10 - p)$

या $402p = 20$ या $p = \frac{20}{402} = 4.98 \times 10^{-2}bar$

अतः साम्य पर, $= p_{Br_2} = p/2 = 2.5 \times 10^{-2}bar$

$p_{HBr} = 10 - p \approx 10bar$

प्रश्न 28 निम्नलिखित ऊष्माशोषी अभिक्रिया के अनुसार ऑक्सीकरण द्वारा डाइहाइड्रोजन गैस प्राकृतिक गैस से प्राप्त की जाती है-

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

i. उपर्युक्त अभिक्रिया के लिए K_p का व्यंजक लिखिए।

ii. Kp एवं अभिक्रिया मिश्रण का साम्य पर संघटन किस प्रकार प्रभावित होगा, यदि?

a. दाब बढ़ा दिया जाए।

b. ताप बढ़ा दिया जाए।

c. उत्प्रेरक प्रयुक्त किया जाए।

उत्तर-

i. $K_p = \frac{p_{CO}\times p_{H_2}^3}{p_{CH_4}\times p_{H_2O}}$

ii.

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

a. ला-शातेलिए सिद्धान्त के अनुसार साम्य पश्च दिशा में विस्थापित होगा।

b. चूँकि दी गयी अभिक्रिया ऊष्माशोषी है, अत: साम्य अग्र दिशा में विस्थापित होगा।

c. साम्यावस्था भंग नहीं होगी लेकिन साम्यावस्था शीघ्र प्राप्त होगी।

प्रश्न 29 साम्य $2H_2(g) + CO(g) \rightleftharpoons CH_2OH(g)$ पर प्रभाव बताइए।

i. H_2 मिलाने पर
ii. CH_3OH मिलाने पर
iii. CO हटाने पर
iv. CH_3OH हटाने पर।

उत्तर- ला-शातेलिए सिद्धान्त के अनुसार,

i. साम्यावस्था अग्र दिशा में विस्थापित होगी।
ii. साम्यावस्था पश्च दिशा में विस्थापित होगी।
iii. साम्यावस्था पश्च दिशा में विस्थापित होगी।
iv. साम्यावस्था अग्र दिशा में विस्थापित होगी।

प्रश्न 30 473K पर फॉस्फोरस पेंटाक्लोराइड PCl_5 के विघटन के लिए K का मान 8.3×10^{-3} है। यदि विघटन इस प्रकार दर्शाया जाए तो-

$$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g); \Delta_r H^\ominus = 124.0 kJ\ mol^{-1}$$

i. अभिक्रिया के लिए K_c का व्यंजक लिखिए।
ii. प्रतीप अभिक्रिया के लिए समान ताप पर K_c का मान क्या होगा?
iii. यदि

a. और अधिक PCl_5 मिलाया जाए,

b. दाब बढ़ाया जाए तथा

c. ताप बढ़ाया जाए तो K_c पर क्या प्रभाव होगा?

उत्तर-

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

i.

$$K_c = \frac{[PCl_3(g)][Cl_2(g)]}{[PCl_5(g)]}$$

ii.

$$K' = \frac{1}{K_c} = \frac{1}{8.3\times10^{-3}} = 120.48$$

iii.

a. कोई प्रभाव नहीं।

b. कोई प्रभाव नहीं।

c. चूँकि दी गयी अभीक्रिया ऊष्माशोषी है, अतः तप बढ़ाने पर K_c बढ़ेगा।

प्रश्न 31 हेबर विधि में प्रयुक्त हाइड्रोजन को प्राकृतिक गैस से प्राप्त मेथेन को उच्च ताप की भाप से क्रिया कर बनाया जाता है। दो पदों वाली अभिक्रिया में प्रथम पद में CO एवं H_2 बनती हैं। दूसरे पद में प्रथम पद में बनने वाली CO और अधिक भाप से अभिक्रिया करती है।

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

यदि 400°C पर अभिक्रिया पात्र में co एवं भाप का सममोलर मिश्रण इस प्रकार लिया जाए कि pCO = P_{H2O} = 4.0bar, H_2 का साम्यावस्था पर आंशिक दाब क्या होगा? 400°C पर K_p = 10.1

उत्तर- माना सायावस्था पर H_2 का आंशिक दाब p bar है।

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

प्रारम्भिक दाब	4.0 bar	4.0 bar	0	0
साम्य पर	(4 - p)	(4 - p)	p	p

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$K_p = \frac{p^2}{(4-p)^2} = 0.1 \text{ (दिया है)}$$

$$\therefore \frac{p}{4-p} = \sqrt{0.1} = 0.316$$

$$\therefore p = 1.264 - 0.316p$$

$$1.316p = 1264$$

$$p = 0.96bar$$

अतः $(p_{H_2})_{eq} = 0.96bar$

प्रश्न 32 बताइए कि निम्नलिखित में से किस अभिक्रिया में अभिकारकों एवं उत्पादों की सान्द्रता सुप्रेक्ष्य होगी-

i. $Cl_2(g) \rightleftharpoons 2Cl(g) K_c = 5 \times 10 - 39$

ii. $Cl_2(g) + 2NO(g) \rightleftharpoons 2NOCI(g) K_c = 3.7 \times 108$

iii. $Cl_2(g) + 2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2Cl(g) K_c = 1.8$

उत्तर- अभिक्रिया (iii) जिसके लिए K न उच्च और न निम्न में अभिकारकों तथा उत्पादों की सान्द्रता सुप्रेक्ष्य होगी।

प्रश्न 33 25°C पर अभिक्रिया $3O_2(g) \rightleftharpoons 2O_3(g)$ के लिए K_c का मान 2.0 x 10^{-50} है। यदि वायु में 25°C ताप पर O_2 की साम्यावस्था सान्द्रता 1.6 x 10^{-2} है तो की सान्द्रता क्या होगी?

उत्तर- $K_c = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3}$

$$\therefore 2.0 \times 10^{-50} = \frac{[o_3]^2}{(1.6 \times 10^{-2})^3}$$

$$[o_3]^2 = (2.0 \times 10^{-50})(1.6 \times 10^{-2})^3 = 8.192 \times 10^{-56}$$

$$[o_3] = 2.86 \times 10^{-28} M$$

Fukey Education

प्रश्न 34 $Co(g) + 3H_2(g)CH_4(g) + H_2O(g)$ अभिक्रिया एक लीटर फ्लास्क में 1300K पर साम्यावस्था में है। इसमें CO के 0.3 मोल, H_2 के 0.01 मोल, H_2O के 0.02 मोल एवं CH_4 की अज्ञात मात्रा है। दिए गए ताप पर अभिक्रिया के लिए K_c का मान 3.90 है। मिश्रण CH_4 की मात्रा ज्ञात कीजिए।

उत्तर- $K_c \frac{[CH_4][H_2O\}}{[CO][H_2]^3}$

$$\therefore 3.90 \frac{[CH_4][0.02\}}{(0.30)(0.10)^3}$$

(मोलर सांद्रण = मोलों की संख्या क्योंकि फ्लास्क आयतन 1L है।)

$$[CH_4] = 0.0585M = 5.85 \times 10^{-2}M$$

प्रश्न 35 संयुग्मी अम्ल-क्षारक युग्म का क्या अर्थ है? निम्नलिखित स्पीशीज के लिए संयुग्मी अम्ल/ क्षारक बताइए- HNO_2, CN^-, $HClO_4$, F^-, OH^-,$CO^{2-}{}_3$ एवं S^{2-}

उत्तर- संयुग्मी अम्ल-क्षार युग्म (Conjugate acid-base pair)- अम्ल-क्षार युग्म जिसमें एक प्रोटॉन का अंतर होता है, संयुग्मी अम्ल-क्षार युग्म कहलाता है। अम्ल- HNO_2, $HClO_4$

क्षारक- CN^-, F^-, OH^-, $CO^{2-}{}_3$ एवं S^{2-}

इनके संयुग्मी अम्ल/ क्षारक निम्नलिखित हैं-

अम्ल	HNO_2	$HClO_4$
सयुग्मी क्षारक	NO_2	ClO_4

क्षारक	CN^-	F^-	OH^-	CO_3^{2-}	S^{2-}
सयुग्मी अम्ल	HCN	HF	H_2O	HCO_3^-	HS^-

प्रश्न 36 निम्नलिखित में से कौन-से लूइस अम्ल हैं-

H_2O, BF_3, H^+ एवं NH_4^+

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

उत्तर- BF_3, H^+ तथा NH_4^+

प्रश्न 37 निम्नलिखित ब्रान्स्टेड अम्लों के लिए संयुग्मकों कैमून लिखिए-

HF, H_2SO_4 एवं HCO_3^-

उत्तर- F^-, HSO_4^- तथा CO_3^{2-}

(संयुग्मी क्षारक ⇌ संयुग्मी अम्ल – H^+)

प्रश्न 38 ब्रान्स्टेड क्षारकों NH_2^-, NH_3 तथा $HCOO^-$ के संयुग्मी अम्ल लिखिए

उत्तर- $NH_3, NH_4^+, HCOOH$

(संयुग्मी अम्ल ⇌ संयुग्मी क्षारक $+H^+$)

प्रश्न 39 स्पीशीज H_2O, HCO_3^-, HSO_4^- तथा NH_3 ब्रॉन्सटेडअम्ल तथा क्षारक-दोनों की भाँति व्यवहार करते हैं। प्रत्येक के संयुग्मी अम्ल तथा क्षारक बताइए।

उत्तर-

स्पीशीज	**सयुग्मी अम्ल जब ब्रॉन्सटेड खरक की भाँति कार्य करता है।**	**संयुग्मी क्षारक जब ब्रॉन्सटेड अम्ल की भाँती कार्य करता है।**
H_2O	H_3O^+	OH^-
HCO_3^-	H_2CO_3	CO_3^{2-}
HSO_4^-	H_2SO_4	SO_4^{2-}
NH_3	NH_4^+	NH_2^-

प्रश्न 40 निम्नलिखित स्पीशीज को लूइस अम्ल तथा क्षारक में वर्गीकृत कीजिए तथा बताइए कि ये किस प्रकार लूइस अम्ल-क्षारक के समान कार्य करते हैं-

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

a. OH^-

b. F^-

c. H^+

d. BCl_3

उत्तर-

a. OH^- इलेक्ट्रॉन युग्म दान कर सकता है, अतः यह लुइस क्षारक है।

b. F^- इलेक्ट्रॉन युग्म दान कर सकता है, अतः यह लुइस क्षारक है।

c. H^+ इलेक्ट्रॉन युग्म ग्रहण कर सकता है, अतः यह लुइस अम्ले है।

d. BCl_3 इलेक्ट्रॉन न्यून स्पीशीज है, अतः यह लुइस अम्ल है।

प्रश्न 41 एक मृदु पेय के नमूने में हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता 3.8×10^{-3} M है। उसकी pH परिकलित कीजिए।

उत्तर- $\mathrm{pH} = -\log[\mathrm{H}^+] = -\log(3.8 \times 10^{-3}) = 2.42$

प्रश्न 42 सिरके के नमूने की pH 3.76 है, इसमें हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता ज्ञात कीजिए।

उत्तर- $\therefore \log[\mathrm{H}^+] = -3.76$ या $[\mathrm{H}^+] = \text{antilog}(-3.76) = \text{antilog}\bar{4}.24 = 1.74 \times 10^{-4}\mathrm{M}$

प्रश्न 43 HF, HCOOH तथा HCN का 298K पर आयनन स्थिरांक क्रमशः 6.8×10^{-4}, 1.8×10^{-4} तथा 4.8×10^{-9} है। इनके संगत संयुग्मी क्षारकों के आयनन स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

Fukey Education

उत्तर-

i. F^- के लिए, $K_b = K_w K_a = \frac{10^{-14}}{6.8 \times 10^{-4}} = 1.47 \times 10^{-11} \simeq 1.5 \times 10^{-11}$

ii. $HCOO^-$ के लिए, $K_b \frac{10^{-14}}{1.8 \times 10^{-4}} = 5.6 \times 10^{-11}$

iii. CN^- के लिए, $K_b \frac{10^{-14}}{4.8 \times 10^{-9}} = 2.08 \times 10^{-6}$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

प्रश्न 44 फीनॉल का आयनन स्थिरांक 1.0 x 10^{-10} है। 0.05M फीनॉल के विलयन में फीनॉलेट आयन की सान्द्रता तथा 0.01M सोडियम फीनेट विलयन में उसके आयनन की मात्रा ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

प्रारम्भिक मोल	0.05M	—	—
साम्य पर	0.05 - x	x	x

$\therefore K_a = \frac{[C_6H_5O^-][H^+]}{[C_6H_5OH]} = \frac{x \times x}{0.05 - x} = 1.0 \times 10^{-10}$ (दिया है)

$\frac{x^2}{0.05 - x} = 1.0 \times 10^{-10}$

चूँकि फिनॉल अधिक वियोजित नहीं होता है, $0.05 - x \approx 0.05$,लेने पर,

$\frac{x^2}{0.05} = 10 \times 10^{-10}$

$x = (0.05 \times 1.0 \times 10^{-10})^{\frac{1}{2}} = 2.24 \times 10^{-6}M$

अतः विलयन में $[C_6H_5OH] = 0.05 - y, [C_6H_5O^-] = 0.01 + y$

तथा $[H^+] = y$

$\therefore K_a = \frac{(0.01+y)(y)}{(0.05-y)} = 1.0 \times 10^{-10}$ (दिया है)

यहाँ $0.01 + y \simeq 0.01M$ तथा $0.05 - y \simeq 0.05M$

अतः $\frac{0.01 \times y}{0.05} = 1.0 \times 10^{-10}$

तथा $y = \frac{1.0 \times 10^{-10} \times 0.05}{0.01} = 5.0 \times 10^{-10}$

$\therefore$ फीनॉल के वियोजन की मात्रा,

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$\alpha = \frac{\text{वियोजित मोलों की संख्या}}{\text{प्रारम्भ में लिये गये मोल}}$

$= \frac{5.0\times10^{-10}}{0.05} = 1.0 \times 10^{-8}$

प्रश्न 45 H_2S का प्रथम आयनन स्थिरांक 9.1×10^{-8} है। इसके 0:1M विलयन में HS^- आयनों की सान्द्रता की गणना कीजिए तथा बताइए कि यदि इसमें 0.1M HCl भी उपस्थित हो तो सान्द्रता किस प्रकार प्रभावित होगी? यदि H_2S का द्वितीय वियोजन स्थिरांक 1.2×10^{-13} हो तो सल्फाइड S^{2-} आयनों की दोनों स्थितियों में सान्द्रता की गणना कीजिए।

उत्तर- प्रथम परिस्थिति के अनुसार,

$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$

प्रारम्भिक सांद्रण	1.0M	—	—
वियोजन के पश्चात	1.0M	x	x
	≃0.1		

$\therefore K_a = \frac{x\times x}{0.1} = 9.1 \times 10^{-8}$ (दिया है)

या $x^2 = 9.1 \times 10^{-9}$

$\therefore x = 9.54 \times 10^{-5}$

0.1M HCl की उपस्थिति में वियोजित H_2S की मात्रा y है। तब साम्यावस्था पर,

$[H_2S] = 0.1 - y \simeq 0.1, [H^+] = 0.1 + y \simeq 0.1$

$[HS^-] = y^M$

$\therefore K_a = \frac{0.1\times y}{0.1} = 9.1 \times 10^{-8}$ (दिया है)

$\therefore y = 9.1 \times 10^{-8} M$

$[S^{2-}]$ की गणना:

Fukey Education

$$H_2S \xrightleftharpoons{Ka_1} H^+ + HS^-$$

$$HS^- \xrightleftharpoons{Ka_2} H^+ + S^{2-}$$

कुल अभिक्रिया के लिए, $H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2+}$

$K_a = K_{a_1} \times K_{a_2} = 9.1 \times 10^{-8} \times 1.2 \times 10^{-13}$

$= 1.092 \times 10^{-20}$

परन्तु $K_a = \frac{[H^+]^2[S^{2-}]}{[H_2S]}$

0.1M HCl की अनुपस्थिति में,

$\therefore$ यदि $[S^{2-}] = x$, तब $[H^+] = 2x$

$\therefore \frac{(2x)^2 x}{0.1} = 1.092 \times 10^{-20}$

या $4x^3 = 1.092 \times 10^{-21}$

$x^3 = \frac{1.092 \times 10^{-21}}{4} = 273 \times 10^{-24}$

$3 \log x = \log 273 - 24 = 2.4362 - 24$

$\log x = 0.127 - 8 = \bar{8}.8127$

$\therefore x = \text{antilog}(\bar{8}.8127) = 6.5 \times 10^{-8} M$

0.1MHCl की उपस्थिति में माना $[S^{2-}] = y$, तब

$[H_2S] = 0.1 - y \simeq 0.1M, [H^+] = 0.1 + y \simeq 0.1M$

$\therefore K_a = \frac{(0.1)^2 \times y}{0.1} = 0.09 \times 10^{-20}$

$y = 1.09 \times 10^{-19} M$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

प्रश्न 46 ऐसीटिक अम्ल का आयनन स्थिरांक 1.74 x 10^{-5} है। इसके 0.05M विलयन में वियोजन की मात्रा, ऐसीटेट आयन सान्द्रता तथा pH का परिकलन कीजिए।

उत्तर-

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

प्रारम्भिक सांद्रण	0.05M	—	—
साम्य पर	0.05 - x	x	x

$$\therefore K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

या $1.74 \times 10^{-5} = \frac{x \times x}{0.05 - x} = \frac{x^2}{0.05}$ ($\because$ x अत्यन्त छोटा है)

या $x = (1.74 \times 10^{-5} \times 0.05)^{\frac{1}{2}} = 9.33 \times 10^{-3}$

$\therefore$ वियोजन की मात्रा = $\frac{x}{\text{मोलों की कुल संख्या}}$

$$= \frac{9.33 \times 10^{-4}}{0.05} = 0.018$$

$$\therefore [CH_3COO^-] = x = 9.33 \times 10^{-4} \text{mol L}^{-1}$$

$$[H^+] = x = 9.33 \times^{-4} \text{mol L}^{-1}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(9.33 \times 10^{-4}) = 0.03$$

प्रश्न 47 0.01M कार्बनिक अम्ल [HA] के विलयन की pH, 4.15 है। इसके ऋणायन की सान्द्रता, अम्ल का आयनन स्थिरांक तथा pK_a, मान परिकलित कीजिए।

उत्तर-

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

$$pH = -\log[H^+]$$

या $4.15 = -\log[H^+]$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

या $[H^+] = \text{antilog}(-4.15) = 7.08 \times 10^{-5}M$

$[A^-] = [H^+] = 7.08 \times 10^{-5}M$

$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{7.08\times10^{-5}\times7.08\times10^{-5}}{0.01} = 5.01 \times 10^{-7}$

$\therefore pK_a = -\log K_a = -\log(5.01 \times 10^{-7}) = 6.3002$

प्रश्न 48 पूर्ण वियोजन मानते हुए निम्नलिखित विलयनों के pH ज्ञात कीजिए-

i. 0.003 M HCl

ii. 0.005M NaOH

iii. 0.002M HBr

iv. 0.002M KOH

उत्तर-

i.

$HCl + aq \longrightarrow H^+ + Cl^-$

$\therefore [H^+] = [HCi] = 0.003M = 3 \times 10^{-3}M$

$\therefore pH = -\log(3 \times 10^{-3}) = 2.52$

ii.

$NaOH + aq \longrightarrow Na^+ + OH^-$

$\therefore [OH^-] = 0.05M = 5 \times 10^{-3}M$

$[H^+] = 10^{-14}/5 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-12}M$

$pH = -\log(2 \times 10^{-12}) = 11.70$

iii.

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$HBr + aq \longrightarrow H^+ + Br^-$$

$$\therefore [H^+] = 0.002M = 2 \times 10^{-3}M$$

$$\therefore pH = -\log(2 \times 10^{-3}) = 2.7$$

प्रश्न 49 निम्नलिखित विलयनों के pH ज्ञात कीजिए-

i. 2 ग्राम TlOH को जल में घोलकर 2 लीटर विलयन बनाया जाए।

ii. 0.3 ग्राम $Ca(OH)_2$ को ज़ल में घोलकर 500mL विलयन बनाया जाए।

iii. 0.3 ग्राम NaOH को जल में घोलकर 200mL विलयन बनाया जाए।

iv. 13.6 MHCl के 1mL को जल से तनुकरण करके कुल आयतन 1 लीटर किया जाए।

उत्तर-

i.

$$TlOH \text{ का मोलर सांद्रण} = \frac{2g}{(204+16+1)g\ mol^{-1}} \times \frac{1}{2L}$$

$$= 4.52 \times 10^{-3}M$$

$$\therefore [OH^-] = [TlOH] = 4.52 \times 10^{-3}M$$

$$[H^+] = 10^{-14}/4.52 \times 10^{-3} = 2.21 \times 10^{-12}M$$

$$\therefore pH = -\log(2.21 \times 10^{-12})$$

$$= 12 - (0.3424) = 11.66$$

ii.

$$Ca(OH)_2 \text{ का मोलर सांद्रण} = \frac{0.3g}{(40+34)g\ mol^{-1}} \times \frac{1}{0.5L} = 8.11 \times 10^{-3}M$$

$$Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$$

$$[OH^-] = 2[Ca(OH)_2] = 2 \times 8.11 \times 10^{-3}M$$

$$= 16.22 \times 10^{-3}M$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$pOH = -\log(16.22 \times 10^{-3}) = 3 - 1.2101 = 1.79$$

$$ph = 14 - pOH = 14 - 1.79 = 12.21$$

iii.

$$NaOH \text{ का मोलर सांद्रण} = \frac{0.3g}{40g\ mol^{-1}} \times \frac{1}{0.2L} = 3.75 \times 10^{-2}M$$

$$\therefore [OH^-] = 3.75 \times 10^{-2}M$$

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(3.75 \times 10^{-2})$$

$$= 2 - 0.0574 = 1.43$$

$$\therefore pH = 14 - pOH = 14 - 1.43 = 12.57$$

iv.

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$13.6 \times 1 = M_2 \times 1000$$

$$M_2 = \frac{13.6 \times 1}{1000} = 1.36 \times 10^{-2}M$$

$$[H^+] = [HCl] = 1.36 \times 10^{-2}M$$

$$pH = -\log(1.36 \times 10^{-2})$$

$$= 2 - 0.1335 = 1.87$$

प्रश्न 50 ब्रोमोऐसीटिक अम्ल की आयनन की मात्रा 0.132 है। 0.1M अम्ल की pH तथा pK_a का मान ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

$$CH_2BrCOOH \rightleftharpoons CH_2BrCOO^- + H^+$$

प्रारम्भिक सांद्रण	0.1M	—	—
साम्य पर	0.1(1 - 0.132)	0.1 × 0.132	0.1 × 0.132

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$K_a = \frac{[CH_2BrCOO^-][H^+]}{[CH_2BrCOOH]}$$

$$= \frac{(0.1\times0.132)\times(0.1\times0.132)}{0.1(1-0.132)}$$

$$= 2.0 \times 10^{-3}$$

$$pK_a = -\log K_a = -\log(2.01 \times 10^{-3}) = 2.7$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(1.320 \times 10^{-2}) = 1.88$$

प्रश्न 51 0.005M कोडीन ($C_{18}H_{21}NO_3$) विलयन की pH 9.95 है। इसका आयनन स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

$$\text{कोडीन} + H_2O \rightleftharpoons \text{कोडीन}\, H^+ + OH^-$$

$$pH = 9.95$$

$$\therefore pOH = 14 - pH = 14 - 9.95 = 4.05$$

$$\therefore -\log[OH^-] = 4.05$$

$$\text{या } \log[OH^-] = -4.05 = \bar{5}.95$$

$$\text{या } [OH^-] = 8.91 \times 10^{-5} M$$

$$K_b = \frac{[\text{कोडीन}\, H^+]\,[OH^-]}{[\text{कोडीन}]} = \frac{[OH^-]^2}{[\text{कोडीन}]}$$

$$= \frac{(8.91\times10^{-5})^2}{5\times10^{-3}} = 1.6 \times 10^{-6}$$

$$pk_b = -\log k_b$$

$$= -\log(1.6 \times 10^{-6}) = 5.80$$

प्रश्न 52 0.001M ऐनिलीन विलयन का pH क्या है? ऐनिलीन का आयनन स्थिरांक 4.27×10^{-10} है। इसके संयुग्मी अम्ल का आयनन स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

उत्तर-

i. ऐनिलीन के लिए, $K_b = 4.27 \times 10^{-10}$

$C_6H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+ + OH^-$

$K_b = \frac{[C_6H_5NH_3^+][OH^-]}{[C_6H_5NH_2]}$

$[C_6H_5NH_3^+] = [OH^-]$

$\therefore [OH^-] = \{[K_b[C_6H_5NH_2]\}^{\frac{1}{2}}$

$= (4.27 \times 10^{-10} \times 0.001)^{\frac{1}{2}}$

$= 6.53 \times 10^{-7} M$

$\therefore pOH = -\log(6.53 \times 10^{-7}) = 6.185$

$pH = 14 - pOH$

$= 14 - 6.185 = 7.815$

ii. $C_6H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+ + OH^-$

प्रारम्भिक सांद्रण	0.001M	—	—
साम्य पर	0.001(1 - a)	0.001 a	0.001 a

(जहाँ a = ऐनिलीन की वियोजन की मात्रा)

$\therefore K_b = \frac{0.001a \times 0.001a}{0.001(1-a)} = \frac{0.001a^2}{1-a}$

$= 0.001a^2$ ($\because$ a अति अल्प है, तब $1 - a = 1$)

अतः $0.001a^2 = 4.27 \times 10^{-10}$

या $a = \left[\frac{4.27 \times 10^{-10}}{0.001}\right]^{\frac{1}{2}} = 6.53 \times 10^{-4}$

iii. संयुग्मी अम्ल तथा खरक के युग्म के लिए,

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$pK_b + pK_a = 14$$

$$\therefore pK_a = 14 - pK_b = 14 - (-\log 4.27 \times 10^{-10})$$

$$= 14 - 9.37 = 4.63$$

अतः संयुग्मी अम्ल जा आयतन स्थिरांक

$$K_a = \text{antilog}(-pK_b)(\because pK_a = -\log K_a)$$

$$= \text{antilog}(-4.63) = 2.4 \times 10^{-5}$$

प्रश्न 53 यदि 0.05 M ऐसीटिक अम्ल के pK_a का मान 4.74 है तो आयनने की मात्रा ज्ञात कीजिए। यदि इसे-

i. 0.01M
ii. 0.1M HCl विलयन में डाला जाए तो वियोजन की मात्रा किस प्रकार प्रभावित होती है?

उत्तर-

$$pK_a = 4.74 \text{ (दिया है)}$$

$$\therefore -\log K_a = 4.74$$

$$\text{या } \log K_a = -4.74 = \bar{5}.26$$

$$\therefore K_a = 1.82 \times 10^{-5}$$

$$\text{वियोजन की मात्रा, } a = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

$$= \sqrt{\frac{(1.82 \times 10^{-5})}{(5 \times 10^{-2})}}$$

$$= 1.908 \times 10^{-2}$$

Fukey Education

HCl की उपस्थिति में एसीटिक अम्ल का वियोजन H^+ आयनों के उच्च सांद्रण के कारन बढ़ जाता है।

i. 0.01M HCl की उपस्थिति में माना x वियोजित मात्रा है, तब

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

प्रारम्भिक सांद्रण	0.05M	—	—
साम्य पर	$0.05 - x \simeq 0.05$	x	$0.01 + x \simeq 0.01$

$$\therefore K_a = \frac{s(0.01)}{0.05}$$

या $\frac{x}{0.05} = \frac{K_a}{0.01} = \frac{1.82\times10^{-5}}{0.01} = 1.82 \times 10^{-3}$

या $a = 1.82 \times 10^{-3}$

ii. 0.1M HCl की उपस्थिति में माना वियोजित एसीटिक अम्ल की मात्रा y है,तब साम्य पर,

$$[CH_3COOH] = 0.05 - y \simeq 0.05M$$

$$[CH_3COO^-] = y, [H^+] = 0.1M + y \simeq 0.1M$$

$$\therefore K_a = \frac{(0.1)}{0.05}$$

$$1.82 \times 10^{-5} = \frac{y(0.1)}{0.05}$$

या $\frac{y}{0.05} = \frac{1.82\times10^{-5}}{10^{-1}} = 1.82 \times 10^{-4}$

$$\therefore a = -1.82 \times 10^{-4}$$

प्रश्न 54 डाइमेथिल ऐमीन का आयनन स्थिरांक 5.4×10^{-4} है। इसके 0.02M विलयन की आयनन की मात्रा की गणना कीजिए। यदि यह विलयन NaOH प्रति 0.1M हो तो डाइमेथिल ऐमीन का प्रतिशत आयनन क्या होगा?

उत्तर-

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$a = \sqrt{\frac{K_b}{C}} = \sqrt{\frac{5.4\times10^{-4}}{0.02}} = 0.164$$

0.1M NaOH की उपस्थिति में यदि वियोजित डाइमेथिल ऐमिन की मात्रा x है,

$$(CH_3)_2NH + H_2O \rightleftharpoons (CH_3)_2NH^+OH + OH^-$$

प्रारम्भिक सांद्रण	0.02M	—	—
वियोजन के पश्चात्	(0.02 - x)	x	x + 0.1

$$\therefore K_b = \frac{x(x+0.1)}{0.02-x} = \frac{0.1x}{0.02}$$

(x अति अल्प है, $x + 0.1 \simeq 0.1$ तथा $0.02 - x \simeq 0.02$)

या $5.4 \times 10^{-4} = \frac{0.1x}{0.02}$

या $x = \frac{5.4\times10^{-4}\times0.02}{0.1} = 1.08 \times 10^{-4}$

$$\text{डाइमेथिल ऐमिन का \% आयनन} = \frac{\text{वियोजित मात्रा} \times 100}{\text{कुल मात्रा}}$$

$$= \frac{x\times100}{0.02} = \frac{1.08\times10^{-4}\times100}{0.02} = 0.54\%$$

प्रश्न 55 निम्नलिखित जैविक द्रव, जिनमें pH दी गई है, की हाइड्रोजन आयन सान्द्रता परिकलित कीजिए-

i. मानव पेशीय द्रव, 6.83
ii. मानव उदर द्रव, 1.2
iii. मानव रुधिर, 7.38
iv. मानव लार, 6.4

उत्तर-

i.

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$\log[H^+] = -pH = -6.83 = \bar{7}.17$$

$$\therefore [H^+] = \text{antilog}(\bar{7}.17) = 1.48 \times 10^{-7} M$$

ii.

$$\log[H^+] = -pH = -1.2 = \bar{2}.8$$

$$\therefore [H^+] = \text{antilog}(\bar{2}.8) = 6.3 \times 10^{-2} M$$

iii.

$$\log[H^+] = -pH = -7.38 = \bar{8}.62$$

$$\therefore [H^+] = \text{antilog}(\bar{8}.62) = 4.17 \times 10^{-8} M$$

iv.

$$\log[H^+] = -pH = -6.4 = \bar{7}.60$$

$$\therefore [H^+] = \text{antilog}(\bar{7}.60) = 3.98 \times 10^{-7} M$$

प्रश्न 56 दूध, कॉफी, टमाटर रस, नींबू रस तथा अण्डे की सफेदी के pH का मान क्रमशः 6.8, 5.0, 4.2, 2.2 तथा 7.8 हैं। प्रत्येक के संगत H^+ आयन की सान्द्रता ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

i. दूध की $[H^+]$

$$\log[H^+] = -pH = -6.8 = \bar{7}.20$$

$$[H^+] = \text{antilog}(\bar{7}.20) = 1.585 \times 10^{-7} M$$

ii. कॉफी की $[H^+]$

$$\log [H^+] = -pH = -5.0 = \bar{5}.0$$

$$[H^+] = \text{antilog}(\bar{5}.10) = 1.0 \times 10^{-5} M$$

iii. टमाटर रस की $[H^+]$

$$\log[H^+] = -pH = -5.0 = \bar{5}.0$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$[H^+] = atilog(\bar{5}.10) = 1.0 \times 10^{-5}M$$

iv. निम्बू रस की $[H^+]$

$$\log[H^+] = -pH = -22 = 3.80$$

$$[H^+] = antilog(\bar{3}.80) = 6.309 \times 10^{-3}M$$

v. अंडे की सफेदी की $[H^+]$

$$\log[H^+] = -pH = -7.8 = \bar{8}.20$$

$$[H^+] = antilog(\bar{8}.20) = 1.585 \times 10^{-8}M$$

प्रश्न 57 298K पर 0.561g, KOH जल में घोलने पर प्राप्त 200 mL विलयन की pH तथा पोटैशियम, हाइड्रोजन तथा हाइड्रॉक्सिल आयनों की सान्द्रताएँ ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

$$[KOH] = \frac{0.561}{56} \times \frac{1000}{200}M = 0.05M$$

$$KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$$

$$\therefore [K^+] = [OH^-] = 0.05M$$

$$[H^=] = \frac{10^{-14}}{0.05} = 2.0 \times 10^{-13}M$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(2.0 \times 10^{-13})$$

$$= 13 - 0.3010 = 12.699$$

प्रश्न 58 298K पर $Sr(OH)_2$ विलयन की विलेयता 19.23g/L है। स्ट्रांशियम तथा हाइड्रॉक्सिल आयन की सान्द्रता तथा विलयन की pH ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

$Sr(OH)_2$ का आण्विक द्रव्यमान $= 87.6 + 2 \times (16 \times 1) = 121.6$

$Sr(OH)_2$ की विलेयता mol/L में $= \frac{19.23}{121.6} = 0.1581 \text{mol L}^{-1}$

$Sr(OH)_2$ के पूर्ण आयनन की स्तिथि में,

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$Sr(OH)_2 \longrightarrow Sr^{2+} + 2OH^-$$

अतः $[Sr^{2+}] = 0.1581 mol\ L^{-1}$

तथा $[OH^-] = 2 \times 0.1518 = 0.3162 mol\ L^{-1}$

$\therefore [H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1.0\times10^{-14}}{0.3162} = 3.16 \times 10^{-14}$

तथा $pH = -\log[H_3O^+] = -\log(3.16 \times 10^{-14}) = 13.50$

प्रश्न 59 प्रोपेनोइक अम्ल का आयनन स्थिरांक 1.32×10^{-5} है। 0.05M अम्ल विलयन के आयनन की मात्रा तथा pH ज्ञात कीजिए। यदि विलयन में 0.01 MHCl मिलाया जाए तो उसके आयनन की मात्रा ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

$$a = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{\frac{(1.32\times10^{-5})}{0.05}} = 1.62 \times 10^{-2}$$

$$CH_3CH_2COOH \rightleftharpoons CH_3CH_2COO^- + H^+$$

HCl की उपस्थिति में साम्यावस्था पश्च दिशा में विस्थापित होती है। माना C प्रारम्भिक सांद्रण है तथा x वियोजित मात्रा है, तब साम्य पर,

$$[CH_3CH_2COOH] = C - x$$

$$[CH_3CH_2COO^-] = x, [H^+] = 0.01 + x$$

$$\therefore K_a = \frac{x(0.01+x)}{C-x} =\simeq \frac{x(0.01)}{C}$$

या $\frac{x}{C} = \frac{K_a}{0.01} = \frac{1.32\times10^{-5}}{10^{-2}} = 1.32 \times 10^{-3}$

अतः $a = 1.32 \times 10^{-3}$

प्रश्न 60 यदि साइट्रिक अम्ल (HCNO) के 0.1M विलयन की pH 2.34 हो तो अम्ल के आयनन स्थिरांक तथा आयनन की मात्रा ज्ञात कीजिए।

उत्तर- माना HCNO अम्ल की वियोजन की मात्रा α है।

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

साम्य सांद्रण	0.1(1 - a)	0.1 × a	0.1 × a

विलयन की pH = 2.34 (दी गयी है)

$$\therefore -\log(0.1 \times a) = 2.34$$

$$\log(0.1 \times a) = -2.34$$

या $0.1 \times a = \text{antilog}(-2.34) = 0.00457$

या $a = \frac{0.00457}{0.1} = 0.0457$

$$K_a = \frac{[H^+][CNO^-]}{[HCNO]} = \frac{(0.1 \times a)(0.1 \times a)}{0.1(1-a)}$$

हल करने पर, $K_a = 2.1 \times 10^{-4}$

प्रश्न 61 यदि नाइट्रस अम्ल का आयनन स्थिरांक 4.5×10^{-4} है तो 0.04M सोडियम नाइट्राइट विलयन की pH तथा जलयोजन की मात्रा ज्ञात कीजिए।

उत्तर- सोडियम नाइट्राइड दुर्बल अम्ल तथा प्रबल क्षारक का लवण होता है, अतः

$$pH = \frac{1}{2}pK_w + \frac{1}{2}pK_a + \frac{1}{2}\log C$$

$$= \frac{1}{2} \times (-\log 1.0 \times 10^{-14}) + \frac{1}{2} \times (-\log 4.5 \times 10^{-4}) + \frac{1}{2} \times \log(0.04)$$

$$= 7.0 + 1.63 - 0.698 = 7.975$$

इस प्रकार के लवण के लिए जल अपघटनांक,

$$h = \sqrt{\frac{K_w}{K_a C}} = \sqrt{\frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.5 \times 10^{-4} \times 0.04}} = 2.36 \times 10^{-5}$$

प्रश्न 62 यदि पिरीडिनीयम हाइड्रोजन क्लोराइड के 0.02M विलयन का pH 3.44 है तो पिरीडीन का आयनन स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

उत्तर- पिरिडीनियम हाइड्रोक्लोराइड दुर्बल क्षारक तथा प्रबल अम्ल का लवण है।

अतः $pH = \frac{1}{2}pK_w - \frac{1}{2}pK_b - \frac{1}{2}\log C$

इन मानों को प्रतिस्थापित करने पर,

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$3.44 = \left[-\tfrac{1}{2}\log(1.0\times10^{-14}) - \tfrac{1}{2}\times(-\log K_b) - \tfrac{1}{2}\times\log(0.02)\right]$$

या $3.44 = -\tfrac{1}{2}\times(-J'4) + \tfrac{1}{2}\log K_b - \tfrac{1}{2}\times(-1.699)$

$$3.44 = 7 + \tfrac{1}{2}\log K_b + 0.849$$

$$\log K_b = (3.44 - 7 - 0.849)\times 2 = -8.82$$

या $K_b = \text{antilog}(-8.82) = 1.5\times10^{-9}$

प्रश्न 63 निम्नलिखित लवणों के जलीय विलयनों के उदासीन, अम्लीय तथा क्षारीय होने की प्रागुक्ति कीजिए-

NaCl, KBr, NaCN, NH_4NO_3, $NaNO_2$ तथा KF

उत्तर- NaCl, $NaNO_2$, KF विलयन क्षारीय प्रकृति के होते हैं क्योंकि ये प्रबल क्षारक तथा दुर्बल अम्ल के लवण होते हैं। NaCl, KBr विलयन उदासीन प्रकृति के होते हैं क्योंकि ये प्रबल अम्ल तथा प्रबल क्षारक के लवण होते हैं। NH_4NO_3 विलयन अम्लीय प्रकृति का होता है क्योंकि यह प्रबल अम्ल तथा दुर्बल क्षारक को लवण होता है।

प्रश्न 64 क्लोरोऐसीटिक अम्ल का आयनन स्थिरांक 1.35×10^{-3} है। 0.1M अम्ल तथा इसके 0.1M सोडियम लवण की pH ज्ञात कीजिए।

उत्तर- माना क्लोरोऐसिटिक अम्ल के आयोजन की मात्रा a होता है।

प्रारम्भिक सांद्रण	0.1	—	—
वियोजन के पश्चात	0.1(1 - a)	0.1 × a	0.1 × a

$$\therefore K_a = \frac{[CH_2ClCOO^-][H^+]}{CH_2ClCOOH}$$

$$1.35\times10^{-3} = \frac{(0.1\times a)(0.1\times a)}{0.1(1-a)} \simeq \frac{(0.1a)}{0.1}$$

या $a = \left[\frac{1.35\times10^{-3}\times0.1}{(0.1)^2}\right]^{\frac{1}{2}} = 0.116$

$$[H^+] = 0.1 \times a = 0.1 \times 0.116 = 0.0116$$

तथा $pH = -\log[H^+] = -\log(0.0116) = 1.94$

क्लोरोऐसिटिक अम्ल का सोडियम लवण दुर्बल अम्ल तथा प्रबल क्षारक का लवण होता है। इस प्रकार के लेवण के लिए,

$$pH = \frac{1}{2}pK_w + \frac{1}{2}pK_a + \frac{1}{2}\log C$$

$$= \frac{1}{2}[-\log(1.0 \times 10^{-14})] + \frac{1}{2}[-\log(1.35 \times 10^{-3})] + \frac{1}{2}\log(0.1)$$

$$7.0 + 1.435 + (-0.5) = 7.94$$

प्रश्न 65 310K पर जल का आयनिक गुणनफल 2.7×10^{-14} है। इसी तापक्रम पर उदासीन जल की pH ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

$$[H^+] = \sqrt{K_w} = \sqrt{2.7 \times 10^{-14}} = 1.643 \times 10^{-7} M$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(1.634 \times 10^{-7}) = 7 - 0.2156 = 6.78$$

प्रश्न 66 निम्नलिखित मिश्रणों की pH परिकलित कीजिए-

i. 0.2 M $Ca(OH)_2$ का 10 mL + 0.1 M HCl का 25 mL
ii. 0.01 M H_2SO_4 का 10 mL+ 0.01 M $Ca(OH)_2$ का 10 mL
iii. 0.1M H_2SO_4 का 10 mL + 0.1M KOH का 10mL

उत्तर-

i. 0.2M $Ca(OH)_2$ के 10 mL = 10 × 0.2 मिली मोल = 2 $Ca(OH)_2$

0.1 M HCl के 25 mL

= 25 × 0.1 मिली मोल

$$Ca(OH)_2 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + 2H_2O$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

समीकरण के अनुसार,

$Ca(OH)_2$ के मिली डोल अभिक्रिया करते है = HCl के 2 मिली मोल से HCl के 2.5 मिली मोल क्रिया करेंगे = $Ca(OH)_2$ के 1.25 मिली मोल से शेष $Ca(OH)_2$ = 2 - 1.25 = 0.75 मिली मोल

इस अभिक्रिया में HCl सिमकारी अभिकर्मक है।

मिश्रण में $Ca(OH)_2$ की मोलरता $= \frac{0.75}{35} = 0.0214M$

$\therefore [H^-] = 2 \times 0.0214M = 4.28 \times 10^{-2}$

$\therefore pOH = -\log[OH^-]$

$\therefore pOH = -\log(4.28 \times 10^{-2}) = 2 - 0.6314 = 1.37$

$\therefore pH = 14 - 1.37 = 12.63$

ii. 0.1M H_2SO_4 के 10 mL = 0.1 मिली मोल

0.1M $Ca(OH)_2$ के 10 mL = 0.1 मिली मोल

$$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_2 + 2H_2O$$

1 मोल $Ca(OH)_2$ अभिक्रिया करता है = 1 मोल H_2SO_4 से

अतः विलयन उदासीन होगा।

$\therefore$ pH = 7.0

iii. 10mL0.1M H_2SO_4 = 1 मिली मोल

10mL0.1M KOH = 1 मिली मोल

$$2KOH + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

1 मिली मोल KOH अभिक्रिया करता है = 0.5 मिली मोल H_2SO_4 से शेष H_2SO_4 = 1 – 0.5 = 0.5 मिली मोल

मिश्रण का आयतन = 10 + 10 = 20 mL

मिश्रण में H_2SO_4 की मोलरता $= \frac{0.5}{20} = 2.5 \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-12}M$

$$[H^+] = 2 \times 2.5 \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-2}$$

$$pH = -\log(5 \times 10^{-2}) = 2 - 0.699 = 1.3$$

प्रश्न 67 सिल्वर क्रोमेट, बेरियम क्रोमेट, फेरिक हाइड्रॉक्साइड, लेड क्लोराइड तथा मयूरस आयोडाइड विलयन के 298 K (टेबल नंबर 7.9) पर निम्नलिखित दिए गए विलेयता गुणनफल स्थिरांक की सहायता से विलेयता ज्ञात कीजिए तथा प्रत्येक आयन की मोलरता भी ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

दिया है, $K_{sp}(Ag_2CrO_4) = 1.1 \times 10^{-12}$

$K_{sp}(Ba_2CrO_4) = 1.2 \times 10^{-10}$

$K_{sp}[Fe(OH)_3] = 1.0 \times 10^{-38}$

$K_{sp}(PbCl_2) = 1.6 \times 10^{-5}$

$K_{sp}(Hg_2I_2) = 4.5 \times 10^{-29}$

i. (सिल्वर क्रोमेट) Ag_2CrO_4 के लिए,

$K_{sp} = 4s^3$ ($\because$ यह तृतीयक लवण है)

$$s = \left[\frac{K_{sp}}{4}\right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{1.1 \times 10^{-12}}{4}\right]^{\frac{1}{3}} = 6.5 \times 10^{-5} \text{mol L}^{-1}$$

$$\underset{s}{Ag_2\,CrO_4} \rightleftharpoons \underset{2s}{Ag^+} + \underset{s}{CrO_4^{2-}}$$

$$\therefore [Ag^+] = 2s2 \times 6.5 \times 10^{-5} = 1.3 \times 10^{-4}M$$

$$[CrO_4^{2-}] = s = 6.5 \times 10^{-5}M$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

ii. बेरियम क्रोमेट $(BaCrO_4)$ के लिए,

$K_{sp} = s^2$ (∵ यह द्विअंगी लवण है)

$\therefore s = \sqrt{K_{sp}} = \sqrt{1.2 \times 10^{-10}} = 1.095 \times 10^{-5} M$

$BaCrO_4 \rightleftharpoons \underset{s}{Ba^{2+}} + \underset{s}{CrO_4^{2-}}$

s

$[Ba^{2+}] = [CrO_4^{2-}] = s = 1.095 \times 10^{-5} M$

iii. फेरिक हाइड्राक्साइड $[Fe(OH)_3]$ के लिए,

$\underset{s}{Fe(OH)_3} \rightleftharpoons \underset{s}{Fe^{3+}} + \underset{3s}{3OH^-}$

$K_{sp} = 27s$ (∵ यह चतुर्थ लवण है)

$\therefore s = \left[\frac{K_{sp}}{27}\right]^{\frac{1}{4}} = \left[\frac{1.0 \times 10^{-38}}{27}\right]^{\frac{1}{4}}$

हल करने पर, $s = 1.39 \times 10^{-10} M$

$\therefore [Fe^{3+}] = s = 1.39 \times 10^{-10} M$

$[OH^-] = 3s = 3 \times 1.39 \times 10^{-10} = 4.17 \times 10^{-10} M$

iv. लेड क्लोराइड $(PbCl_2)$

$K_{sp} = 4s^3$ (∵ यह तृतीयक लवण है)

$s = \left[\frac{K_{sp}}{4}\right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{1.6 \times 10^{-5}}{4}\right]^{\frac{1}{3}}$

हल करने पर, $s = 1.59 \times 10^{-2} M$

$[Pb^{2+}] = s = 1.59 \times 10^{-2} M$

$[Cl^-] = 2s = 2 \times 1.59 \times 10^{-2} = 3.18 \times 10^{-2} M$

v. मर्क्युरस आयोडाइड (Hg_2I_2) के लिए,

$\underset{s}{Hg_2I_2} \rightleftharpoons \underset{s}{Hg_2^{2+}} + \underset{2s}{2I^-}$

$K_{sp} = 4s$ (∵ यह तृतीयक लवण है)

$\therefore s = \left[\frac{K_{sp}}{4}\right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{4.5 \times 10^{-29}}{4}\right]^{\frac{1}{3}} = 2.24 \times 10^{-10} M$

तथा $[Hg_2^{2+}] = s = 2.24 \times^{-10} M$

$[I^-] = 2s = 2 \times 2.24 \times 10^{-10}$

$= 4.48 \times 10^{-10} M$

Fukey Education

प्रश्न 68 Ag_2CrO_4 तथा AgBr का विलेयता गुणनफल स्थिरांक क्रमशः 1.1×10^{-12} तथा 5.0×10^{-13} हैं। उनके संतृप्त विलयन की मोलरता का अनुपात ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

Ag_2CrO_4 के लिए, $s = \left[\frac{K_{sp}}{4}\right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{1.1\times10^{-12}}{4}\right]^{\frac{1}{3}} = 6.5 \times 10^{-5}M$

AgBr के लिए, $s' = \sqrt{K_{sp}} = \sqrt{5.0 \times 10^{-13}} = 7.1 \times 10^{-7}M$

मोलरताओं का अनुपात, $\frac{s}{s'} = \frac{6.5\times10^{-5}}{7.1\times10^{-7}} = 91.9$

प्रश्न 69 यदि 0-002M सान्द्रता वाले सोडियम आयोडेट तथा क्यूप्रिंक क्लोरेट विलयन के समान आयतन को मिलाया जाए तो क्या कॉपर आयोडेट का अवक्षेपण होगा? (कॉपर आयोडेट के लिए $K_{sp} = 7.4 \times 10^{-8}$)

उत्तर-

$2NaIO_3 + CuCrO_4 \longrightarrow Na_2CrO_4 + Cu(IO_3)_2$

मिश्रित करने के बाद,

$[NaIO_3] = [IO_3^-] = \frac{2\times10^{-3}}{2} = 10^{-3}m$

$[CuCrO_4] = [Cu^{2+}] = \frac{2\times10^{-3}}{2} = 10^{-3}M$

$Cu(IO_3)_2$ का आयनिक गुणनफल$= [Cu^{2+}][IO_3^-]^2 = 10^{-3} \times (10^{-3})^2 = 10^{-9}$

आयनिक गुणनफल K_{sp} से कम है, अतः कोई अवक्षेपण नहीं होगा।

प्रश्न 70 बेन्जोइक अम्ल का आयनन स्थिरांक 6.46×10^{-5} तथा सिल्वर बेन्जोएट का K_{sp} 2.5×10^{-13} है। 3.19 pH वाले बफर विलयन में सिल्वर बेन्जोएट जल की तुलना में कितना गुना विलेय होगा?

उत्तर-

$\underset{s}{C_6H_5COOAg} \rightleftharpoons \underset{s}{C_6H_5COO^-} + \underset{s}{Ag^+}$

H_2O में विलेयता $s = \sqrt{K_{sp}} = \sqrt{2.5 \times 10^{-13}}$

$= 5.0 \times 10^{-7} mol\ L^{-1}$

pH = 3.19 वाले विलयन में विलेयता

$-\log[H^+] = 3.19$

$[H^+] = antilog(-3.19) = 6.45 \times 10^{-4} mol\ L^{-1}$

बफर विलयन में उपस्थित H^+ आयन $C_6H_5COO^-$ आयनों से संयोग करके C_6H_5COOH बनाते है लेकिन विलयन में $[H^+]$ स्थिर रहती है क्योंकि विलयन बफर विलयन है।

$$C_6H_5COOH \rightleftharpoons C_6H_5COO^- + H^+$$

$$\therefore K_a = \frac{[C_6H_5COO^-][H^+]}{[C_6H_5COOH]}$$

या $\frac{[C_6H_5COOH]}{[C_6H_5COO^-]} = \frac{[H^+]}{K_a} = \frac{6.45\times10^{-4}}{6.46\times10^{-5}} = 10$

माना सिल्वर बेन्जोएट की बफर विलयन में विलेयता s' है।

$$s' = [Ag^+] = [C_6H_5COO^-] + [C_6H_5COOH]$$

$$= [C_6H_5COO^-] + 10 \times [C_6H_5COO^-]$$

$$= 11[C_6H_5COO^-]$$

$$\therefore [C_6H_5COO^-] = \frac{s'}{11}$$

$$\therefore K_{sp} = [C_6H_5COO^-][Ag^+]$$

या $2.5 \times 10^{-13} = \frac{s'}{11} \times s$

या $s'^2 = 2.5 \times 10^{-13} \times 11$

या $s' = \sqrt{2.5 \times 10^{-13} \times 11} = 1.66 \times 10^{-6} mol\ L^{-1}$

$$\therefore \frac{s'}{s} = \frac{1.66\times10^{-6}}{5.0\times10^{-7}} = 3.32$$

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

प्रश्न 71 फेरस सल्फेट तथा सोडियम सल्फाइड के सममोलर विलयनों की अधिकतम सान्द्रता बताइए जब उनके समान आयतन मिलाने पर आयरन सल्फाइड अवक्षेपित न हो। (आयरन सल्फाइड के लिए $K_{sp} = 6.3 \times 10^{-18}$)।

उत्तर- माना सांद्रण x mol L^{-1} है, समान आयतन मिश्रित करने पश्चात्

$$[Fe^{2+}] = \frac{x}{2} \text{ तथा } [S^{2-}] = \frac{x}{2}$$

$$FeS \text{ के लिए, } K_{sp} = [Fe^{2+}][S^{2-}]$$

$$\text{या } \frac{x}{2} \times \frac{x}{2} = 6.3 \times 10^{-18}$$

$$\text{या } x = (6.3 \times 10^{-18} \times 4)^{\frac{1}{2}} = 5.02 \times 10^{-9} \text{mol L}^{-1}$$

प्रश्न 72 1 ग्राम कैल्सियम सल्फेट को घोलने के लिए कम से कम कितने आयतन जल की आवश्यकता होगी? (कैल्सियम सल्फेट के लिए $K_{sp} = 9.1 \times 10^{-6}$)

उत्तर- द्विअंगी लवण के लिए, $s = \sqrt{K_{sp}}$

$$\therefore CaSO_4 \text{ के लिए, } s = \sqrt{9.1 \times 10^{-6}} = 3.0 \times 10^{-3} \text{mol L}^{-1}$$

$$= 3.0 \times 10^{-3} \times 136 = 0.411 \text{g L}^{-1}$$

$$(\because CaSO_4 \text{ का मोलर द्रव्यमान} = 40 + 32 + 64 = 136)$$

अतः $0.411g\ CaSO_4$ को घोलने के लिए आवश्यक जल = 1L

$$\therefore 1 \text{ g } CaSO_4 \text{ को घोलने के लिए आवश्यक जल} = \frac{1}{0.411} L = 2.43L$$

प्रश्न 73 0.1 MHCl में हाइड्रोजन सल्फाइड से संतृप्त विलयन की सान्द्रता 1.0×10^{-19} M है। यदि इस विलयन का 10 mL निम्नलिखित 0.04M विलयन के 5 mL में डाला जाए तो किन विलयनों से अवक्षेप प्राप्त होगा? $FeSO_4$, $MnCl_2$, $ZnCl_2$ एवं $CdCl_2$

उत्तर- अवक्षेपण उस विलयन में होता है जिसमें विलेयता गुणनफल आयनिक गुणनफल होता है। चूँकि S^{2-} आयन युक्त 10mL विलयन को लवण के 5mL विलयन में मिलाया जाता है, तब मिश्रित करने के पश्चात्

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

$$[S^{2-}] = 1.0 \times 10^{-19} \times \frac{10}{15} = 6.67 \times 10^{-20}M$$

तथा $[Fe^{2+}] = [Mn^{2+}] = [Zn^{2+}] = [Cd^{2+}]$

$$= 0.04 \times \frac{5}{15} = 1.33 \times 10^{-2}M$$

प्रत्येक के लिए आयनिक गुणनफल $= [M^{2+}][S^{2-}]$

$$= (1.33 \times 10^{-2}) \times (6.67 \times 10^{-20})$$

$$= 8.87 \times 10^{-22}$$

चूँकि आयनिक गुणनफल ZnS और CdS के विलेयता गुणनफल से अधिक है, अतः $ZnCl_2$ तथा $CdCl_2$ विलयन अवक्षेपित होंगे।

Fukey Education