अध्याय–15
रासायनिक विलयन बनाना
PREPARATION OF CHEMICAL SOLUTION

गुणात्मक विश्लेषण में यौगिकों के तत्त्वों और मूलकों को उनके विशेष गुणों अथवा विशेष अभिक्रियाओं के प्रेक्षण द्वारा ज्ञात किया जाता है। इस प्रकार के विश्लेषणों में अम्लमिति और क्षारमिति अनुमापन एवं ऑक्सीकरण–अपचयन अनुमापन के दौरान विभिन्न रासायनिक विलयनों की आवश्यकता पड़ती हैं। कुछ रासायनिक विलयनों की सान्द्रता ज्ञात रहती है, साथ ही कुछ की सान्द्रता, ज्ञात सान्द्रता के विलयन से अनुमापन द्वारा ज्ञात करते है। इस अध्याय में हम विभिन्न रासायनिक विलयन बनाने के बारे में जानकारी प्राप्त करेंगे। साथ ही यह भी जानेंगे कि विलयन कितने प्रकार के होते हैं।

15.1 प्रामाणिक विलयन (Standard Solution) – वह विलयन जिसकी सान्द्रता ज्ञात होती है, प्रामाणिक या मानक विलयन कहलाता है। ऐसे विलयन से किसी आयतन में विलेय पदार्थ की मात्रा की गणना की जा सकती है। ऐसे विलयन को ज्ञात विलयन भी कहते हैं।

15.1.1 मानक विलयन बनाना – मानक विलयन के एक निश्चित आयतन को पिपेट की सहायता से शंकुरूपी (कोनिकल) फ्लास्क में भर कर, अज्ञात सान्द्रता के विलयन का ब्यूरेट की सहायता से अनुमापन करते हैं।

अम्ल और क्षारकों के लिए प्रारम्भिक मानक पदार्थ निम्नलिखित है:

(अ) अम्लीय विलयनों के प्रमाणीकरण के लिए प्रारम्भिक मानक पदार्थ (जल में विलेय) –

(1) निर्जल सोडियम कार्बोनेट (A.R)

(2) सोडियम टेट्राबोरेट : शुद्ध बोरेक्स (A.R)

(ब) क्षारकीय विलयनों के लिए प्रारम्भिक मानक पदार्थ –

(1) ऑक्सेलिक अम्ल (A.R)

(2) सक्सिनिक अम्ल (A.R)

साधारणतः प्रबल अम्ल (हाइड्रॉक्लोरिक, सल्फ्यूरिक अम्ल आदि) या प्रबल क्षारक (सोडियम एवं पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड) पूर्ण शुद्धता में प्राप्त नहीं होते। अतः इनका प्रमाणिक विलयन सरलता से नहीं बनाया जा सकता। इसलिए पहले इनका लगभग सान्द्रता का विलयन बनाकर उसका प्रमाणीकरण कर लेतें है।

अम्लों या क्षारकों के विलयनों की सान्द्रता प्रकट करने के लिए कुछ इकाई शब्दों का प्रयोग किया जाता है।

15.1.2 नॉर्मल विलयन (Normal Solution) – यदि एक लीटर विलयन में पदार्थ का एक ग्राम तुल्यांकी भार विलेय हो तब यह पदार्थ का नार्मल विलयन या N कहलाता है। इस विलयन की नार्मलता 1N कहलाती है।

15.1.3 मोलर विलयन (Molar Solution) – जब किसी विलयन के एक लीटर में पदार्थ का एक ग्राम अणु भार विलेय होता है तब वह पदार्थ का मोलर विलयन या M कहलाता है। **इस विलयन की** मोलरता 1M कहलाती है।

15.2 ग्राम तुल्यांकी भार (Gram Equivalent Weight)–

15.2.1 अम्ल का ग्राम तुल्यांकी भार (Gram Equivalent Weight of Acid) – किसी अम्ल का g तुल्यांकी भार उस का वह भार है जिसमें उदासीनीकरण के लिये एक ग्राम मोल हाइड्रोजन आयन प्राप्त होते है। अतः यह वह संख्या है जो कि अम्ल के मोलर द्रव्यमान को प्रतिस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या से विभाजित करने से प्राप्त होती है। अर्थात्

अम्ल का ग्राम तुल्यांकी भार =

$$\frac{\text{अम्ल का मोलर द्रव्यमान}}{\text{अम्ल से प्राप्त प्रतिस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणु की संख्या}}$$

अथवा

अम्ल में उपस्थित प्रतिस्थानीय हाइड्रोजन परमाणु की संख्या

उदाहरणार्थ –

HCl और H_2SO_4 का ग्राम तुल्यांकी भार

HCl का तुल्यांकी भार =

$$\frac{\text{HCl का मोलर द्रव्यमान}}{\text{अम्ल में उपस्थित प्रतिस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणु की संख्या}}$$

$$= \frac{36.5}{1} = 36.5$$

H_2SO_4 का ग्राम तुल्यांकी भार =

$$\frac{H_2SO_4 \text{ का मोलर द्रव्यमान}}{\text{अम्ल में उपस्थित प्रतिस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणु की संख्या}}$$

$$= \frac{98}{2} = 49$$

15.2.2 क्षारक का ग्राम तुल्यांकी भार (Gram Equivalent Weight of Base) – किसी क्षारक का g तुल्यांकी भार वह भार है जो एक g mol हाइड्रोजन आयन के साथ संयोग करती है। **उदाहरणार्थ –**

$$\text{NaOH का g तुल्यांकी भार} = \frac{\text{NaOH का मोलर द्रव्यमान}}{1}$$

15.2.3 ऑक्सीकारक का तुल्यांकी भार (Equivalent Weight of Oxidising Agent) – ऑक्सीकारक पदार्थ वह है जो इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर अपचयित हो जाता है।

ऑक्सीकारक का तुल्यांकी भार =

$$\frac{\text{आयन भार या मोलर द्रव्यमान}}{\text{ग्रहण किये गए इलेक्ट्रॉनों की संख्या}}$$

उदाहरण – अम्लीय माध्यम में पोटैशियम परमैंग्नेट का तुल्यांकी भार ज्ञात करना

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5[O]$$

या

$$\underset{Mn\ (+7)}{MnO_4^-} + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow \underset{Mn\ (+2)}{Mn^{2+}} + 4H_2O$$

$KMnO_4$ का मोलर द्रव्यमान = 39.1+54.93+(4×16) = 158.03

ग्रहण किये गये इलेक्ट्रोन = 5

अतः $KMnO_4$ का तुल्यांकी भार $= \frac{158.03}{5} = 31.6$

15.2.4 अपचायक का तुल्यांकी भार (Gram Equivalent Weight of Reducing Agent) – वह पदार्थ जो इलेक्ट्रॉन का परित्याग कर ऑक्सीकृत हो जाता है, अपचायक कहलाता है।

अपचायक का तुल्यांकी भार =

$$\frac{\text{मोलर द्रव्यमान या आयन भार}}{\text{परित्याग किए गए इलेक्ट्रॉनों की संख्या}}$$

उदाहरण – फैरस सल्फेट या फैरस अमोनियम सल्फेट का ऑक्सीकरण फैरिक सल्फेट में होता है।

$$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$$

इस प्रकार एक इलेक्ट्रॉन का परित्याग होता है।

(i) फैरस सल्फेट ($FeSO_4.7H_2O$) का मोलर द्रव्यमान

= 55.88 + 32.06 + (4×16) + 7 (18.016)

= 278.052 ≅ 278

परित्याग किए गए इलेक्ट्रॉन = 1

अतः फैरस सल्फेट का तुल्यांकी भार $= \frac{278}{1}$

= 278

(ii) फैरस अमोनियम सल्फेट ($FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O$) का मोलर द्रव्यमान

$FeSO_4 = 151.94$

$(NH_4)_2SO_4 = 132.124$

$6H_2O = 108.096$

कुल मोलर द्रव्यमान = 392.16

परित्याग किए गए इलेक्ट्रॉन = 1

अतः फैरस अमोनियम सल्फेट का तुल्यांकी भार $= \frac{392.16}{1}$

= 392.16

अम्ल–क्षारक अनुमापन में अन्तिम बिन्दु पर मिलाये गये अम्ल और क्षारक की ग्राम तुल्यांकी संख्या बराबर होती है। इन अनुमापनों में सान्द्रता की गणना इसी सिद्धान्त पर आधारित है। इस सिद्धान्त को तुल्य अनुपात का सिद्धान्त कहते हैं।

15.3 सान्द्रता की गणना – तुल्य अनुपात के नियमानुसार "जब पदार्थ अभिक्रिया करते हैं तब यह अभिक्रिया उनके तुल्यांकी भारों के अनुपात में होती है।" अतः समान आयतन एक – दूसरे से पूर्ण रूप से अभिक्रिया करेंगे। यदि एक विलयन की नार्मलता ज्ञात हो तो अनुमापन करके दूसरे विलयन की नॉर्मलता ज्ञात की जा सकती है। अर्थात्

ज्ञात विलयन का आयतन × इसकी नॉर्मलता =

अज्ञात विलयन का आयतन × इसकी नॉर्मलता

या $V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$

यहां V_1 और N_1 ज्ञात है और अनुमापन द्वारा V_2 ज्ञात हो जाता है। इस प्रकार चार संख्याओं मे से तीन ज्ञात हैं और चौथी संख्या की गणना की जा सकती है।

$$N_2 = \frac{V_1 \times N_1}{V_2}$$

gL^{-1} में सान्द्रता ज्ञात करने के लिए नॉर्मलता को अज्ञात विलयन में विलेय पदार्थ के तुल्यांकी भार से गुणा किया जाता हैं।

gL^{-1} में सान्द्रता $= \frac{V_1 \times N_1}{V_2} \times$ तुल्यांकी भार

15.4 सूचक (Indicator) – अम्ल–क्षारक अनुमापन में कई प्रकार के सूचक प्रयोग में लिए जाते हैं परन्तु साधारणतः दो सूचकों का प्रयोग अधिकतर किया जाता है। सूचक की उपस्थिति में विलयन का रंग उसकी अम्लीयता या क्षारकीयता पर निर्भर करता है, क्योंकि इन सूचकों की निम्नलिखित विशेषतायें हैं –

1. ये सूचक अम्लीय तथा क्षारकीय विलयन में अलग – अलग रंग देते हैं।

2. अम्लीय या क्षारकीय माध्यम से क्षारकीय या अम्लीय माध्यम परिवर्तन होने पर सूचक का रंग बदल जाता है।

अम्ल और क्षारक की दो श्रेणियां हैं, जो उनकी अम्लीय या क्षारकीय सामर्थ्य पर निर्भर करती हैं। हाइड्रॉक्लोरिक, नाइट्रिक और सल्फ्यूरिक अम्ल प्रबल अम्ल कहलाते हैं। इनकी तुलना में ऐसीटिक अम्ल एक दुर्बल अम्ल हैं। NaOH और KOH प्रबल क्षारक हैं। इनकी तुलना में धावन सोडा ($Na_2CO_3 . 10H_2O$) एक दुर्बल क्षारक है।

अम्ल–क्षारक अनुमापनों में सारणी के प्रथम स्तम्भ में ऊपर (पहले) की ओर लिखे पदार्थ पिपेट में और नीचे की ओर लिखे पदार्थ ब्यूरेट में लेने चाहिए नहीं तो अन्तिम बिन्दु को ज्ञात करने के प्रयास में कठिनाई होगी।

अम्ल–क्षारक अनुमापन के प्रकार	प्रयुक्त सूचक	अनुमापन के प्रारम्भ में सूचक का रंग	अनुमापन के अन्त में सूचक का रंग	अनुमापन के अन्त में विलयन की प्रकृति
प्रबल अम्ल – प्रबल क्षारक	फीनॉलफ्थेलिन	रंगहीन	गुलाबी	क्षारकीय
प्रबल अम्ल दुर्बल क्षारक–	मेथिल ओरेंज	पीला	गुलाबी	अम्लीय
दुर्बल अम्ल– प्रबल क्षारक	फीनॉलफ्थेलिन	रंगहीन	गुलाबी	क्षारकीय
दुर्बल अम्ल– दुर्बल क्षारक	फीनॉल रेड	पीला	लाल	क्षारकीय / अम्लीय

1. प्रयोग – नॉर्मल सोडियम हाइड्रॉक्साइड का विलयन बनाना।

सामग्री –

1. सोडियम हाइड्रॉक्साइड (NaOH)
2. भौतिक तुला।
3. आयतनी फ्लास्क।
4. आसुत जल।

विधि –

1. सोडियम हाइड्रॉक्साइड एक प्रबल क्षारक है, जिसका नॉर्मल विलयन बनाने के लिए उसका तुल्यांकी भार ज्ञात करते हैं।

NaOH का तुल्यांकी भार = मोलर द्रव्यमान / $1 = \frac{40}{1} = 40$ mL

2. 40 g NaOH को तोलकर उसको एक L के आयतनी फ्लास्क में डालकर फ्लास्क में 900 mL आसुत जल डालकर NaOH को घोल लेते हैं।
3. NaOH के पूर्ण रूप से घुल जाने के बाद आसुत जल द्वारा आयतनी फ्लास्क में लगे 1 L के चिन्ह तक आयतन पूर्ण कर देते है।
4. इस प्रकार बना विलयन नॉर्मल (लगभग) विलयन होता है।
5. नॉर्मल विलयन के प्रमाणीकरण को नॉर्मल ऑक्सेलिक अम्ल के विलयन से अनुमापन द्वारा (फीनॉलफ्थेलिन सूचक की उपस्थिति में) पता किया जा सकता हैं।

2. प्रयोग – नॉर्मल ऑक्सेलिक अम्ल एवं सोडियम कार्बोनेट का विलयन बनाना।

सामग्री –

1. ऑक्सेलिक अम्ल (A.R.)
2. सोडियम कार्बोनेट (A.R.)
3. भौतिक तुला।
4. आयतनी फ्लास्क।
5. आसुत जल।
6. काँच की छड़।

विधि –

(अ) नॉर्मल ऑक्सेलिक अम्ल का विलयन बनाना –

1. सर्वप्रथम ऑक्सेलिक अम्ल का तुल्यांकी भार ज्ञात करते हैं।
2. ऑक्सेलिक अम्ल का मोलर द्रव्यमान
   $C_2H_2O_4 . 2H_2O$
   $(2 \times 12) + (2 \times 1) + (4 \times 16) + 2\,(18)$
   $= 24 + 2 + 64 + 36 = 126$

3. ऑक्सेलिक अम्ल का तुल्यांकी भार $= \frac{126}{2} = 63$
4. ऑक्सेलिक अम्ल $(C_2H_2O_4.2H_2O)$ के 63 g को तोलकर 1 L के आयतनी फ्लास्क में डाल देते हैं।
5. इसमें 900 mL आसुत जल डालकर ऑक्सेलिक अम्ल को घोल लेते हैं।
6. पदार्थ के घुलने पर 1 L के चिन्ह तक आसुत जल द्वारा आयतन पूर्ण कर देते हैं।
7. इस प्रकार बना विलयन ऑक्सेलिक अम्ल का नॉर्मल विलयन बन जाएगा। यह एक मानक विलयन होता हैं।

(ब) नॉर्मल सोडियम कार्बोनेट का विलयन बनाना –

1. सोडियम कार्बोनेट का तुल्यांकी भार ज्ञात करते हैं।
Na_2CO_3 का मोलर द्रव्यमान $= (2 \times 23) + 12 + (3 \times 16) = 106$

तुल्यांकी भार $= \frac{106}{2} = 53$

2. सोडियम कॉर्बोनेट (Na_2CO_3) के 53 g को तोलकर 1 L आयतनी फ्लास्क में डाल देते हैं।
3. इसमें 900 mL आसुत जल डालकर सोडियम कार्बोनेट को घोल लेते हैं। अगर गर्म आसुत जल का उपयोग करते हैं तो सोडियम कार्बोनेट से कार्बन डाइ ऑक्साइड (CO_2) निकल जाती है, तथा स्थायी विलयन बन जाता हैं।
4. सोडियम कार्बोनेट के घुल जाने पर 1 L के चिन्ह तक आसुत जल द्वारा भर कर आयतन पूर्ण कर देते हैं।
5. इस प्रकार बना विलयन सोडियम कार्बोनेट का नॉर्मल विलयन बन जाता हैं। यह एक मानक विलयन कहलाता है।

3. प्रयोग – नॉर्मल पोटैशियम डाइक्रोमेट का विलयन बनाना।

सामग्री –

1. पोटैशियम डाइक्रोमेट (A.R.)
2. तुला।
3. आयतनी फ्लास्क।
4. आसुत जल।
5. कांच की छड़।

विधि –

1. पोटैशियम डाइक्रोमेट $(K_2Cr_2O_7)$ एक ऑक्सीकारक है। सर्वप्रथम इसका तुल्यांकी भार ज्ञात करते हैं।
2. $K_2Cr_2O_7 + 4\,H_2SO_4 \longrightarrow K_2CO_4 + Cr_2(SO_4) + 4\,H_2O + 3[O] \times 2$

$2Cr\,(+6) + 6\,e^-$

ग्रहण किये गए इलेक्ट्रॉन = 6

$K_2Cr_2O_7$ का मोलर द्रव्यमान = 294.24

$K_2Cr_2O_7$ का तुल्यांकी भार $= \frac{\text{मोलर द्रव्यमान}}{\text{ग्रहण किये गए इलेक्ट्रॉन}}$

$= 49.04$

3. पोटैशियम डाइक्रोमेट के 49.04 g को तोलकर 1 L आयतनी फ्लास्क में डाल देते हैं।
4. इसमें 900 mL आसुत जल डालकर पोटैशियम डाइक्रोमेट को घोल लेते हैं।
5. पोटैशियम डाइक्रोमेट के घुल जाने पर 1 L के चिन्ह तक आसुत जल डालकर आयतन पूर्ण कर लेते हैं।
6. इस प्रकार बना विलयन पोटैशियम डाइक्रोमेट का नॉर्मल विलयन बन जाता है, यह मानक विलयन होता है।

4. प्रयोग – नॉर्मल पोटैशियम परमेंगनेट का विलयन बनाना।

सामग्री –

1. पोटैशियम परमेंगनेट (A.R.)
2. तुला।
3. आयतनी फ्लास्क।
4. आसुत जल।
5. काँच की छड़।

विधि –

1. सर्वप्रथम पोटैशियम परमेंगनेट का तुल्यांकी भार ज्ञात करते हैं, पोटैशियम परमेंगनेट एक ऑक्सीकारक है।

अम्लीय माध्यम में $KMnO_4$ का तुल्यांकी भार –

$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5[0]$

$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

$Mn\,(+7) \qquad Mn\,(+2)$

$KMnO_4$ का मोलर द्रव्यमान $= 39.1 + 54.93 + (4 \times 16)$

$= 158.03$

ग्रहण किये गये इलेक्ट्रॉन $= 5$

$KMnO_4$ का तुल्यांकी भार $= \frac{158}{5} = 31.6$

2. पोटैशियम परमेंगनेट के 31.6 g को तोलकर 1 L आयतनी फ्लास्क में डाल देते हैं।
3. इसमें 900 mL आसुत जल डालकर अच्छी तरह घोल लेते हैं।
4. पदार्थ के घुल जाने पर इसका आयतन 1 L के चिन्ह तक आसुत जल से पूर्ण कर लेते हैं।
5. इस प्रकार $KMnO_4$ का नॉर्मल विलयन बन जाता है।