## अध्याय – 8

# अम्ल क्षार अनुमापन

**अम्ल–क्षार अनुमापन के प्रकार–** अम्ल–क्षार अनुमापन वे अनुमापन होते हैं जिनमें एक विलयन अम्ल तथा दूसरा विलयन क्षार होता है। जब किसी ज्ञात सान्द्रता वाले क्षार के विलयन की सहायता से अनुमापन द्वारा किसी अम्ल के विलयन की सान्द्रता ज्ञात की जाती है तो ऐसे अनुमापन को अम्लमिति कहते है। जैसे : सोडियम कार्बोनेट के मानक विलयन की सहायता से हाइड्रोक्लोरिक अम्ल विलयन की सान्द्रता ज्ञात करना। इसके विपरीत किसी ज्ञात सान्द्रता वाले अम्ल के विलयन की सहायता से अनुमापन द्वारा किसी क्षार के विलयन की सान्द्रता ज्ञात की जाती है तो अनुमापन क्षारमिति कहलाता है। जैसे : ऑक्सेलिक अम्ल के मानक विलयन की सहायता से सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की सान्द्रता ज्ञात करना।

अम्ल तथा क्षार की प्रबलता के आधार पर इन अनुमापनों को चार वर्गो में बांटा जा सकता हैं :–

1. प्रबल अम्ल तथा प्रबल क्षार के मध्य अनुमापन– प्रबल अम्ल जैसे $H_2SO_4$, HCl एवं $HNO_3$ तथा प्रबल क्षार जैसे NaOH तथा KOH के मध्य अनुमापन को, इस श्रेणी में रखा गया है। यदि क्षार के विलयन को ब्यूरेट में भरें तो अन्तिम बिन्दु पर pH का मान लगभग हो जाता है। इसलिए फीनॉलफ्थेलीन सूचक प्रयोग करना चाहिये। यदि अम्ल के विलयन को ब्यूरेट में भरते है तो अन्तिम बिन्दु पर Ph का मान लगभग आता है अतः मेथिल ऑरेन्ज सूचक प्रयोग करना चाहिये।

2. **दुर्बल अम्ल तथा प्रबल क्षार के मध्य अनुमापन–** दुर्बल अम्ल जैसे ऑक्सेलिक अम्ल तथा प्रबल क्षार जैसे सोडियम हाइड्रॉक्साइड के विलयनों के मध्य अनुमापन इस श्रेणी में रखे गये है। इस प्रकार के अनुमापन में क्षार के विलयन को ब्यूरेट में लिया जाता है और फीनॉलफ्थेलीन सूचक प्रयोग करते हैं।

3. **प्रबल अम्ल तथा दुर्बल क्षार के मध्य अनुमापन–** प्रबल अम्ल जैसे $H_2SO_4$ या HCl तथा दुर्बल क्षार जैसे सोडियम कार्बोनेट के विलयनों के मध्य अनुमापन इस श्रेणी में आते हैं। इसमें अम्ल के विलयन को ब्यूरेट में भरा जाता हैं और मेथिल ऑरेन्ज को सूचक के रूप में प्रयोग करते हैं।

4. **दुर्बल अम्ल तथा दुर्बल क्षार के मध्य अनुमापन–** दुर्बल अम्ल जैसे ऑक्सेलिक अम्ल तथा दुर्बल क्षार जैसे सोडियम कार्बोनेट के विलयनों के मध्य अनुमापन इस श्रेणी में रखे गये हैं। साधारणतः इस श्रेणी के अनुमापन का प्रयोग नहीं करते हैं क्योंकि इनमें अन्तिम बिन्दु तीक्ष्ण (Sharp) नहीं होता है। अतः कोई उपयुक्त सूचक काम में नहीं ले सकते हैं।

5. **सूचक और उनकी कार्य विधि–** अनुमापन में जिस बिन्दु पर ज्ञात और अज्ञात विलयन`के मध्य क्रिया पूर्ण होती है उसे तुल्य बिन्दु कहते हैं। तुल्य बिन्दु को सहि–सही नहीं ज्ञात कर सकते हैं। तुल्य बिन्दु को ज्ञात करने के लिये कोनिकल फलास्क में लिये गये विलयन में एक या दो बूंद उपयुक्त अभिकर्मक विलयन की मिला देते हैं। अनुमापन में अभिक्रिया पूर्ण होने पर जब एक बूंद ब्यूरेट से और डाली जाती हैं तो यह अभिकर्मक से क्रिया कर उसका रंग परिवर्तन कर देता हैं। वह बिन्दु जिस पर अभिकर्मक का रंग परिवर्तित हो जाता हैं तथा जिससे अभिक्रिया की पूर्णता का ज्ञान होता है अन्तिम बिन्दु कहलाता हैं। अन्तिम बिन्दु तुल्य बिन्दु के बाद ही दिखाई देता हैं। इन उपयुक्त अभिकर्मकों को जो अनुमापन में रंग परिवर्तन के द्वारा अन्तिम बिन्दु का निर्धारण करते हैं सूचक कहलाते हैं।

अम्ल–क्षार अनुमापन में अन्तिम बिन्दु पर विलयन का माध्यम अम्लीय से क्षारीय अथवा क्षारीय से अम्लीय हो जाता हैं। अतः जिन सूचकों का अम्लीय तथा क्षारीय विलयन में भिन्न–भिन्न रंग हो वे अम्ल–क्षार अनुमापन में अन्तिम बिन्दु निर्धारित करने में प्रयोग किये जा सकते हैं। उदाहरण के लिये फीनॉलफ्थेलीन अम्लीय विलयन में रंगहीन होता हैं और क्षारीय विलयन में गुलाबी (Pink) रंग दर्शाता हैं।

जबकि मेथिल ऑरेन्ज अम्लीय विलयन में लाल–गुलाबी रंग और क्षारीय विलयन में पीला रंग दर्शाता हैं।

**सारणी 8.1 में कुछ अम्ल क्षार सूचकों को दिया गया है।**

| सूचक | रंग | | | अनुपालन जिसके लिये उपयुक्त है। |
|---|---|---|---|---|
| | अम्लीय विलयन में | क्षारीय विलयन में | pH परास | |
| फीनॉलफ्थेलीन | रंगहीन | गुलाबी | 8.3–10.0 | प्रबल अम्ल–प्रबल क्षार तथा दुर्बल अम्ल–प्रबल क्षार |
| फीनॉल रेड | पीला | लाल | 6.8–8.4 | दुर्बल अम्ल–प्रबल क्षार |
| मेथिल ऑरेन्ज | लाल | पीला | 31.–4.5 | प्रबल अम्ल–प्रबल क्षार |
| मेथिल रेड | लाल | पीला | 4.2–6.3 | प्रबल अम्ल–प्रबल क्षार |

अम्ल क्षार अनुमापन में उपयोग किये जाने वाले सूचकों को pH सूचक भी कहते हैं क्योंकि ये सूचक विलयन के pH परिवर्तन के अनुसार ही रंग बदलते हैं।

अम्ल क्षार अनुमापन में $H^+$ आयन और $OH^-$ आयन आपस में क्रिया करके उदासीन $H_2O$ अणु बनाते हैं। इसलिये इसे उदासीनीकरण अभिक्रिया भी कहते हैं। जैसे ही तुल्य बिन्दु पर सभी $H^+$ आयन $OH^-$ आयन से उदासीन हो जाते हैं, तब क्षार की एक बूंद और मिलाने पर $OH^-$ आयन की सान्द्रता अन्तिम बिन्दु पर बढ़ जाती हैं और pH का मान 7 से अधिक हो जाता है। अतः सूचक का रंग परिवर्तित हो जाता है। इसी प्रकार उदासीनीकरण के पष्चात अम्ल की एक बूंद और मिलाने पर $H^+$ आयन की सान्द्रता बढ़ जाती हैं और pH का मान 7 से कम हो जाता हैं। अतः सूचक का रंग परिवर्तित हो जाता हैं।

**मानक पदार्थ (Standard Compound)** – अनुमापन में मानक विलयन बनाने की दृष्टि से पदार्थो को मुख्य रूप से दो भागों में बांटा गया हैं–

**1. प्राथमिक मानक –** वे पदार्थ जिनकी सही मात्रा तोलकर आसुत जल में विलेय करके मानक विलयन बनाया जा सकता हैं प्राथमिक मानक कहलाते हैं। उदाहरण के लिए कॉपर सल्फेट फैरस अमोनियम सल्फेट सिल्वर नाइट्रेट ऑक्सेलिक अम्ल सोडियम कार्बोनेट आदि पदार्थ प्राथमिक मानक हैं। प्राथमिक मानक पदार्थ में निम्न गुण होने चाहिये–

(अ) पदार्थ उच्च स्तर की षुद्धता में सुगमता से उपलब्ध होना चाहिये।

(ब) पदार्थ आर्द्रताग्राही एवं उत्फुल्ल नहीं होना चाहिए।

(स) पदार्थ का तुल्यांकी भार उच्च होना चाहिये जिससे तोलने में थोड़ी त्रुटि रह जाने पर भी परिणाम में अधिक अन्तर नहीं पड़ता हैं।

(द) पदार्थ आसुत जल में पूर्णतः विलेय होना चाहिये तथा विलयन को रखने पर उसका विघटन नहीं होना चाहिये।

(य) किसी एक मानक विलयन के साथ पदार्थ की क्रिया तात्क्षणिक और ससमीकरणमितिक (Stoichiometric) होनी चाहिये।

**2. द्वितीयक मानक–** वे पदार्थ जिनमें उपर्युक्त गुण नहीं पाये जाते है तथा जिनकी तुली हुई मात्रा को आसुत जल में विलेय करके मानक विलयन नहीं बनाया जा सकता है द्वितीयक मानक कहलाते हैं। जैसे सोडियम हाइड्रॉक्साइड, पोटेषियम हाइड्रॉक्साइड, सोडियम थाये सल्फेट, पोटैषियम परमैंगनेट, सल्फ्यूरिक अम्ल, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल आदि। ऐसे पदार्थो का मानक विलयन बनाने के लिए पहले इनका इच्छित सान्द्रता से कुछ अधिक सान्द्रता का विलयन बनाकर उसका मानकीकरण प्राथमिक मानक द्वारा करते है। जैसे सोडियम हाइड्रॉक्साइड का मानकीकरण ऑक्सेलिक अम्ल विलयन से और हाइड्रोक्लोरिक अम्ल विलयन का मानकीकरण सोडियम कार्बोनेट विलयन से करते हैं।

निम्न सारणियों में कुछ पदार्थो के अणुभार तथा तुल्यांकी भार दिये गये हैं।

सारणी 8.2 कुछ अम्लों के अणुभार और तुल्यांकी भार

| क्र.सं. | अम्ल | अणुसूत्र | अणुभार | क्षारकता | तुल्यांकी भार |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | हाइड्रोक्लोरिक अम्ल | $HCl$ | 36.46 | 1 | 36.46 |
| 2. | नाइट्रिक अम्ल | $HNO_3$ | 63.02 | 1 | 63.02 |
| 3. | ऐसीटिक अम्ल | $CH_3COOH$ | 60.06 | 1 | 60.06 |
| 4. | सल्फ्यूरिक अम्ल | $H_2SO_4$ | 98.00 | 2 | 49.00 |
| 5. | ऑक्सेलिक अम्ल | $H_2C_2O_4.2H_2O$ | 126.08 | 2 | 63.04 |

सारणी 8.3 कुछ क्षारों तथा लवणों के अणुभार और तुल्यांकी भार

| क्र.सं. | क्षार या लवण | अणुसूत्र | अणुभार | अम्लता | तुल्यांकी भार |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | सोडियम हाइड्रॉक्साइड | $NaOH$ | 40.00 | 1 | 40.00 |
| 2. | पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड | $KOH$ | 56.12 | 1 | 56.12 |
| 3. | क्रिस्टलीय सोडियम कार्बोनेट | $Na_2CO_3.10H_2O$ | 286.00 | 2 | 143.00 |
| 4. | निर्जल सोडियम कार्बोनेट | $Na_2CO_3$ | 106.00 | 2 | 53.00 |
| 5. | पोटैशियम कार्बोनेट | $K_2CO_3$ | 138.20 | 2 | 69.10 |

अम्ल तथा क्षार के तुल्यांकी भार उनके अणुभारों से निम्न प्रकार से ज्ञात करते हैं।

$$\text{अम्ल का तुल्यांकी भार} = \frac{\text{अम्ल का अणुभार}}{\text{अम्ल की क्षारकता}}$$

किसी अम्ल के एक ग्राम अणु को पूर्णतः उदासीन करने के लिये जितने ग्राम तुल्यांकी क्षार की आवष्यकता होती हैं अम्ल की क्षारकता कहलाती हैं।
अथवा किसी अम्ल के एक अणु में उपस्थित विस्थापन योग्य हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या उस अम्ल की क्षारकता (Basicity) कहलाती हैं।

$$\text{इसी तरह क्षार का तुल्यांकी भार} = \frac{\text{क्षार का अणुभार}}{\text{क्षार की अम्लता}}$$

क्षार का तुल्यांकी भार ग्राम में वह मात्रा है जो एक ग्राम तुल्यांकी भार अम्ल को पूर्ण रूप से उदासीन कर देता है। किसी

क्षार के एक ग्राम अणु को पूर्णतः उदासीन करने के लिये जितने ग्राम तुल्यांकी अम्ल की आवष्यकता होती है वह क्षार की अम्लता कहलाती हैं। अथवा किसी क्षार के एक अणु में उपस्थित हाइड्रॉक्साइड आयनों की संख्या क्षार की अम्लता (Acidity) कहलाती हैं।

अम्ल और क्षार द्रव अथवा ठोस अवस्था में होते हैं। द्रव अम्लों की उपलब्ध नार्मलता को ध्यान में रखकर इनके तनु विलयन बनाये जाते हैं।

निम्न सारणी में अम्लों के एक लिटर विलयन बनाने के लिये आवष्यक मात्राएँ दी गई है। निर्धारित अम्ल का आयतन/भार लेकर जल में विलेय करके विलयन का आयतन एक लिटर बना लेते हैं।

सारणी 8.4 – अम्लों का विलयन बनाना

| क्र.सं. | अम्ल/सान्द्रता | आपेक्षिक घनत्व | नार्मलता (लगभग) | N | 0.1N | M |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | हाइड्रोक्लोरिक अम्ल | 1.16 | 12 N | 85 $cm^3$ | 8.5 $cm^3$ | 85 $cm^3$ |
| 2. | सल्फ्यूरिक अम्ल | 1.84 | 36 N | 23 $cm^3$ | 2.3 $cm^3$ | 46 $cm^3$ |
| 3. | नाइट्रिक अम्ल | 1.42 | 16 N | 63 $cm^3$ | 6.3 $cm^3$ | 63 $cm^3$ |
| 4. | ऐसीटिक अम्ल | 1.05 | 17 N | 60 $cm^3$ | 6.0 $cm^3$ | 60 $cm^3$ |
| 5. | ऑक्सेलिक अम्ल | - | ठोस | 63.04 g | 6.304 g | 126.08 g |

**नोट** :– ऑक्सेलिक अम्ल ठोस होता है अतः इसको तोल कर वांछित विलयन बनाया जाता है।

कुछ क्षार व लवण के एक लिटर विलयन बनाने के लिये आवष्यक मात्राएं ग्राम में निम्न सारणी में दर्शायी गयी हैं –

सारणी – 8.5 – क्षारों तथा लवणों के विलयन बनाना

| पदार्थ / सान्द्र | N | 0.1 N | M |
|---|---|---|---|
| सोडियम हाइड्रॉक्सराइड (NaOH) | 40.00 | 4.00 | 40.00 |
| पोटैशियम हाइड्रॉक्सराइड (KOH) | 56.12 | 5.612 | 56.12 |
| सोडियम कार्बोनेट ($Na_2CO_3.10H_2O$) | 143.00 | 14.30 | 286.00 |
| निर्जल सोडियम कार्बोनेट ($Na_2CO_3$) | 53.00 | 5.30 | 106.00 |

**मानक विलयन बनाना**– जिस विलयन की सान्द्रता ज्ञात होती हैं उसे मानक विलयन कहते हैं। इसे ज्ञात विलयन भी कहते हैं। नार्मल विलयन बनाने के लिये तुल्यांकी भार और मोलर विलयन बनाने के लिये अणुभार ज्ञात होना चाहिये। निम्नलिखित उदाहरण के द्वारा मानक विलयन बनाने तथा अनुमापन की पूरी प्रक्रिया समझाई गयी हैं।

**उद्देश्य–** रासायनिक तुला का प्रयोग करते हुए $\frac{N}{10}$ नार्मलता का क्रिस्टल ऑक्सेलिक अम्ल ($H_2C_2O_4.2H_2O$) का 250 सेमी$^2$ मानक विलयन बनाइए।

मानक विलयन की सहायता से अज्ञात सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन सान्द्रता नार्मलता में और ग्राम प्रति लिटर में ज्ञात कीजिये।

**सिद्धांत–** क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल का तुल्यांकी भार 63.04 है। अतः सेमी$^3$ 0.1 N मानक विलयन बनाने

$\frac{63.04 \times 0.1 \times 250}{1000} = 1.5760$ के लिये पदार्थ की आवश्यकता होती हैं।

अनुमापन के लिए क्षार के अज्ञात विलयन को ब्यूरेट में लेते हैं ऑक्सेलिक अम्ल के ज्ञात विलयन को कोनिकल फ्लास्क में लेकर इसमें एक बूंद फिनॉलफ्थेलीन सूचक की मिलाते हैं। ब्यूरेट से क्षार का विलयन धीरे–धीरे मिलाने पर उदासीनीकरण की निम्न अभिक्रिया होती है–

$$\begin{array}{c}COOH\\ |\\ COOH\end{array} + 2NaOH \longrightarrow \begin{array}{c}COONa\\ |\\ COONa\end{array} + 2H_2O$$

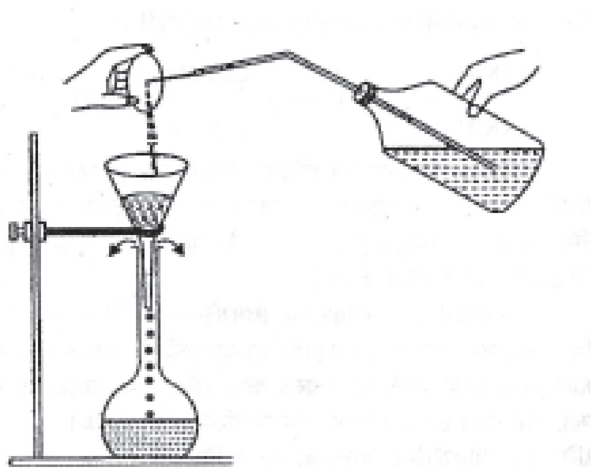
जैसे ही अभिक्रिया पूर्ण होती हैं ब्यूरेट से एक बूंद NaOH विलयन और मिलाने पर कोनिकल फ्लास्क में विलयन का रंग गुलाबी हो जाता हैं और अभिक्रिया पूर्ण हो गयी मान लिया जाता हैं। यहाँ अज्ञात विलयन क्षार विलयन है इसलिये इसे क्षारमिति कहते हैं।

**उपकरण तथा आवश्यक सामग्री–** रासायनिक तुला बांट बॉक्स वाँच ग्लास 250 सेमी$^3$ क्षमता का चिन्हित आयतनी फ्लास्क आसुत जल धावन बोतल ब्यूरेट पिपेट कोनिकल फ्लास्क कीप ब्यूरेट स्टैण्ड क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल ब्यूरेट सोडियम हाइड्रॉक्साइड तथा फीनॉलफ्थेलिन सूचक।

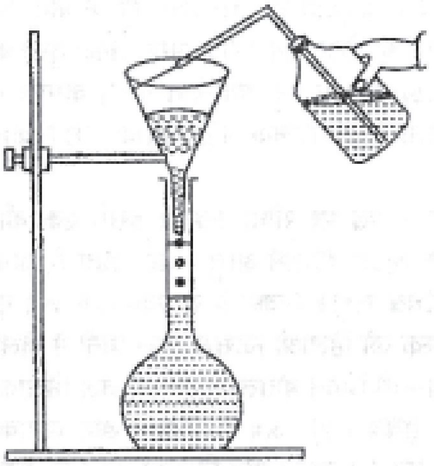
**विधि– (अ) ऑक्सेलिक अम्ल का मानक विलयन बनाना–** ऑक्सेलिक अम्ल का मानक विलयन बनाने के लिये 250 सेमी$^3$ के आयतनी फ्लास्क को पहले क्रोमिक अम्ल से धोकर दो–तीन बार आसुत जल से धोओ। फ्लास्क को सुखाने के लिये स्टैण्ड पर उल्टा लगा कर रख दो।

पहले अध्याय 4 में वर्णित विधि से रासायनिक तुला से स्वच्छ व शुष्क वाँच ग्लास को तोलो तथा राइडर की सहायता से भार दशमलव के बाद चार स्थान तक ज्ञात करो। अब वाँच ग्लास में थोड़ा ऑक्सेलिक अम्ल लेकर तुला को बाँट तथा राइडर का प्रयोग कर 1.5760 ग्राम पर व्यवस्थित करो। कागज के टुकड़े से आवश्यकतानुसार वाँच ग्लास में ऑक्सेलिक अम्ल डालकर या निकाल कर सही–सही भार ज्ञात करो।

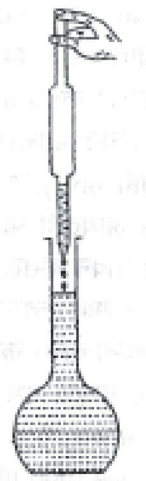
अब आयतनी फ्लास्क को स्टैण्ड पर सीधा रखकर इसमें एक कीप लगाओ तथा धावन बोतल की सहायता से जिसमें आसुत जल होता है अम्ल को फ्लास्क में स्थानान्तरित करो (चित्र 8.1)। सावधानी से एक–एक कण को फ्लास्क में स्थानान्तरित करके फ्लास्क को हिलाओ जिससे अम्ल पानी में विलेय हो जाय। जब सम्पूर्ण अम्ल घुल जाय तो धावन बोतल से आयुत जल मिलाकर फ्लास्क को अंकित चिन्ह तक भरो (चित्र 8.2)। अब फ्लास्क में डॉट लगाकर थोड़ी देर हिलाओ ताकि विलयन समांग बन जाए। यदि विलयन का स्तर चिह्न से नीचे है तो बूंद–बूंद कर पिपेट से जल तब तक मिलाओ जब तक कि विलयन का निचला अर्द्धचन्द्राकार तल फ्लास्क के चिन्ह पर स्पर्श करने लगे (चित्र 8.3)। यही ऑक्सेलिक अम्ल का 250 सेमी$^3$ 0.1N मानक विलयन है।



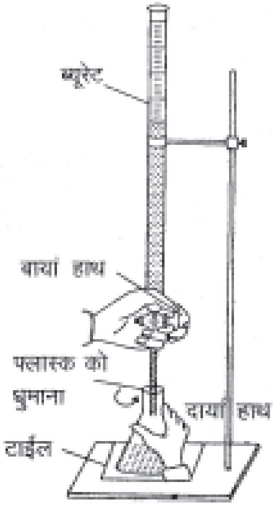
चित्र 8.1 पदार्थ को फ्लास्क में स्थानान्तरित करना



चित्र 8.2 **फ्लास्क को जल से भरन**



चित्र 8.3 **पिपेट से अन्तिम बूंद द्वारा फ्लास्क को चिन्ह तक भरना**




चित्र 8.4 **अनुमापन करना**

**(ब) मानक तथा अज्ञात विलयन के मध्य अनुमापन–** पहले ब्यूरेट पिपेट कोनिकल फ्लास्क आदि उपकरणों को क्रोमिक अम्ल और आसुत जल से 2–3 बार धोकर सुखाओ। अब ब्यूरेट को दिये गये अज्ञात विलयन से प्रक्षालित करके स्टैण्ड में लगाओ तथा कीप लगाकर इसे दिये गये अज्ञात सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन से भरो। अधिक तेजी से विलयन नहीं भरें अन्यथा विलयन ब्यूरेट से बाहर गिर सकता है। अब कीप हटाकर ब्यूरेट की टोटी या पिंच क्लिप को खोल कर थोड़े विलयन को उसकी बोतल में निकालो जिससे निचले मुँह से वायु का बुलबुला बाहर निकल जाता हैं। अर्द्धचन्द्राकार का निम्न तल ब्यूरेट में पढ़ कर सारणी में प्रारम्भिक पाठ्यांक नोट कर लो।

अब स्वच्छ व शुष्क पिपेट में थोड़ा मानक ऑक्सेलिक अम्ल विलयन लेकर प्रक्षालित करो तथा सावधानी पूर्वक पिपेट में ऑक्सेलिक अम्ल विलयन को मुँह से खींचो। पिपेट में विलयन के अर्द्धचन्द्राकार के निचले तल को पिपेट के चिन्ह पर समायोजित करो। पिपेट के ऊपरी सिरे को तर्जनी अँगुली से अच्छी तरह कस कर बन्द करो जिससे कि अम्ल की एक बूँद बाहर नहीं निकले। अब पिपेट के विलयन को कोनिकल फ्लास्क में खाली करो। पिपेट के निचले सिरे को कोनिकल फ्लास्क की भीतरी दीवार से एक–दो बार स्पर्ष कराओ ताकि अन्तिम बूँद भी पिपेट से फ्लास्क में आ जावें।

कोनिकल फ्लास्क के विलयन में एक–दो बूंद फीनॉलफ्थेलीन की मिलाकर तीन–चार बार हिलाओ। अब कोनिकल फ्लास्क को स्टैण्ड में लगे ब्यूरेट के नीचे रखकर धीरे–धीरे ब्यूरेट से क्षार का विलयन कोनिकल फ्लास्क में डालो और फ्लास्क को हिलाते रहो। इसके लिये (चित्र 8.4) के अनुसार बायें हाथ से ब्यूरेट की टोंटी खोलो तथा दाहिने हाथ से फ्लास्क को पकड़ो। अभिक्रिया पूर्ण होने पर यदि एक बूंद ब्यूरेट से और मिलायी जाए तो कोनिकल फ्लास्क के विलयन का रंग गुलाबी हो जाता है यह अन्तिम बिन्दु होता है। अब ब्यूरेट से विलयन मिलाना बन्द करके ब्यूरेट का अन्तिम पाठ्यांक सारणी में नोट करो।

**सारणी 8.6 ज्ञात ऑक्सेलिक अम्ल विलयन का अज्ञात सोडियम हाइड्रोक्साइड विलयन के साथ अनुमापन**

| क्र.सं. | पीपेट द्वारा लिया गये ऑक्सेलिक अम्ल विलयन का प्रयुक्त आयतन mL | ब्यूरेट का पाठ्यांक | | **NaOH का प्रयुक्त हुआ आयतन (V) V = (y - x) mL** | सुंसंगत आयतन **mL** |
|---|---|---|---|---|---|
| | | प्रारम्भिक (x) | अंतिम (y) | | |
| **1.** | **20** | **4.3** | **24.5** | **20.2** | |
| **2.** | **20** | **24.5** | **44.6** | **20.1** | **19.9** |
| **3.** | **20** | **8.7** | **28.6** | **19.9** | |
| **4.** | **20** | **28.6** | **48.5** | **19.9** | |

जैसा कि उपरोक्त सारणी में दिया गया है ब्यूरेट का प्रारंभिक पाठ्यांक 4.3 और रंग परिवर्तन के बाद ब्यूरेट का पाठ्यांष 24.5 आया। इन दोनो पाठ्यांकों का अन्तर 20.2 है। जो अनुमापन में NaOH विलयन का प्रयुक्त आयतन हैं। अब पुनः ब्यूरेट का पाठ्यांश नोट करो जो 24.5 है। पिपेट से पूर्व की तरह 20 सेमी$^3$ ऑक्सेलिक अम्ल लेकर एक–दो बूँद फीनॉलफ्थेलीन मिलाकर ब्यूरेट से क्षार विलयन धीरे–धीरे गुलाबी रंग आने तक मिलाओ। रंग परिवर्तन होने पर माना कि ब्यूरेट का पाठ्यांक 44.6 है। दोनो पाठ्यांकों का अन्तर 20.1 हैं। अतः NaOH का प्रयुक्त आयतन 20.1 सेमी$^3$ है। अब तीसरा पाठ्यांक लेने के पूर्व ब्यूरेट में क्षार विलयन भरो। माना कि पाठ्यांक 8.7 आया। पिपेट से उसी प्रकार कोनिकल फ्लास्क में 20 सेमी$^3$ ऑक्सेलिक अम्ल विलयन लेकर फीनॉलफ्थेलीन डालकर ब्यूरेट से क्षार विलयन गुलाबी रंग आने तक मिलाओ माना कि अन्तिम बिन्दु पर ब्यूरेट का पाठ्यांक 28.6 है। अतः प्रयुक्त क्षार का आयतन 19.9 सेमी$^3$ है।

इस प्रक्रिया को तब तक दोहराओ जब तक कि दो क्रमागत अनुमापनों में NaOH का प्रयुक्त आयतन समान नहीं आ जाता हैं। इस आयतन को सुसंगत पाठ्यांक कहते हैं तथा गणना में इसी आयतन को प्रयुक्त करते हैं। यह ध्यान रहे कि प्रत्येक अनुमापन के पश्चात कोनिकल फ्लास्क के विलयन को सिंक में फेंक दे तथा इसे जल से अच्छी तरह धोकर दूसरे अनुमापन के लिए फिर उपयोग में लेवें।

**गणना–** अनुमापन के प्रश्न को ध्यान में रखकर निम्न सूत्रानुसार गणना करते है–

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

यहाँ $N_1$ = ऑक्सेलिक अम्ल के विलयन की नार्मलता = $\frac{N}{10}$

$V_1$ = पिपेट से ऑक्सेलिक अम्ल का लिया गया आयतन = 20 mL

$N_2$ = क्षार के अज्ञात विलयन की नार्मलता = ?

$V_2$ = क्षार के अज्ञात विलयन का सुसंगत आयतन = 19.9 mL

उक्त मानों को सूत्र में रखने पर

$$\frac{N}{10} \times 20 = N_1 \times 19.9$$

या $$N_2 = \frac{N}{10} \times \frac{20}{19.9} = \frac{2N}{19.9}$$

अज्ञात विलयन की नार्मलता $= \frac{N}{9.95} = 0.1005\ N$

अज्ञात NaOH विलयन की सान्द्रता = 0.1005 × 40.0 ग्राम प्रति लिटर

= 4.0200 ग्राम प्रति लिटर

**परिणाम –**दिये गये सोडियम हाइड्रॉक्साइड के अज्ञात विलयन की नार्मलता 0.1005 N तथा सान्द्रता 4.0200 ग्राम प्रति लिटर है।

**प्रयोग – 1**

**उद्देश्य –** रासायनिक तुला का प्रयोग करते हुए 1.5756 ग्राम क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल को तोलकर 250 सेमी$^3$ मानक विलयन बनाइए । इस विलयन की सहायता से दिये गये अज्ञात सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की सान्द्रता ग्राम प्रति लिटर में ज्ञात कीजिए। (सूचक – फीनॉलफ्थेलिन)

**सिद्धान्त :** ऑक्सेलिक अम्ल तथा सोडियम हाइड्रॉक्साइड की क्रिया उदासीनीकरण अभिक्रिया है। अभिक्रिया की पूर्णता पर एक बूंद और सोडियम हाइड्रॉक्साइड डालने पर विलयन का रंग गुलाबी हो जाता है, जो अन्तिम बिन्दु को दर्शाता है। अभिक्रिया का समीकरण है ’

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2NaOH \qquad \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2H_2O$$

**विधि – मानक विलयन बनाना –**

रासायनिक तुला का उपयोग कर क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल के 1.5756 ग्राम तोल कर आसुत जल में घोलो और 250 विलयन बनाओ।

**अनुमापन –** इस अनुमापन के लिये पीछे के प्रयोग के अनुसार प्रयोग की विधि लिखना और अपनाना है। अर्थात उसी तरह उपकरणों को पहले क्रोमिक अम्ल विलयन से धोना फिर आसुत जल से दो–तीन बार धोना और सुखाना, क्षार का अज्ञात विलयन ब्यूरेट में भरकर वायु का बुलबुला निकालना तथा पाठ्यांक सारणी में नोट करना आदि।

पिपेट से ज्ञात ऑक्सेलिक अम्ल के 20 mL लेकर पहले की तरह अनुमापन तब तक दोहराना जब तक कि क्षार के दो सुसंगत आयतन नहीं आ जावें। फिर निम्नानुसार प्रेक्षण सारणी में नोट करें –

**सारणी 8.7 ज्ञात ऑक्सेलिक अम्ल विलयन तथा अज्ञात सोडियम हाइड्रोक्साइड विलयन के मध्य अनुमापन**

| क्र.सं. | पीपेट द्वारा लिया गये ऑक्सेलिक अम्ल विलयन का प्रयुक्त आयतन mL | ब्यूरेट का पाठ्यांक | | **NaOH का प्रयुक्त हुआ आयतन (V) V = (y - x) mL** | सुसंगत आयतन **mL** |
|---|---|---|---|---|---|
| | | प्रारंभिक (x) | अंतिम (y) | | |
| **1.** | **20** | **4.9** | **25.3** | **20.4** | |
| **2.** | **20** | **25.3** | **45.6** | **20.3** | **20.2** |
| **3.** | **20** | **5.2** | **25.4** | **20.2** | |
| **4.** | **20** | **25.4** | **45.6** | **20.2** | |

**गणना–** सूत्र $N_1V_1 = N_2V_2$ से

यहाँ $N_1$ = ऑक्सेलिक अम्ल के विलयन की नार्मलता =

$$= \frac{1.5756 \times 1000}{250 \times 63.04} N = \frac{4 \times 1.5756}{63.04} N$$

$V_1$ = ऑक्सेलिक अम्ल का लिया गया आयतन = 20 mL

$N_2$ = अज्ञात NaOH विलयन की नार्मलता = ?

$V_2$ = अज्ञात NaOH विलयन का सुसंगत आयतन = 20.2 mL

उक्त मानों को सूत्र में रखने पर

$$\frac{4 \times 1.5756}{63.04} N \times 20 = N_2 \times 20.2$$

या $$N_2 = \frac{4 \times 1.5756N \times 20}{63.04 \times 20.2}$$

अतः सान्द्रता = $\frac{4 \times 1.5756N \times 20}{63.04 \times 20.2} \times 40$ = 3.9594 ग्राम प्रति लिटर

अज्ञात NaOH विलयन की सान्द्रता = 3.9594 ग्राम प्रति लिटर

**परिणाम –**दिये गये अज्ञात सोडियम हाइड्रॉक्साइड के विलयन की सान्द्रता 3.9594 ग्राम प्रति लिटर है।

**प्रयोग – 2**

**उद्देश्य –** रासायनिक तुला का प्रयोग करते हुए 0.05 M सान्द्रता का क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल ($H_2C_2O_4 . 2H_2O$) का 250 mL विलयन बनाओ। इस मानक विलयन की सहायता से सोडियम हाइड्रॉक्साइड (NaOH) विलयन की सान्द्रता मोलरता तथा ग्राम प्रति लिटर में ज्ञात करो।

सूचक – फिनॉलफ्थेलिन।

**सिद्धान्त :** क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल का सूत्र $H_2C_2O_4 . 2H_2O$ है तथा इसका अणुभार 126.08 ग्राम है। इसका 0.05 M सान्द्रता का 250 mL विलयन बनाने के लिये आवश्यक मात्रा निम्न सूत्र से ज्ञात करते है।

मोलरता की परिभाषा से –

$$M = \frac{w \times 1000}{M_w \times V}$$

जहाँ M = विलयन की मोलरता।

$M_w$ = विलेय का ग्राम में अणुभार।

w = विलेय का ग्राम में भार

V = विलयन का mL में आयतन

अत : $$w = \frac{M \times M_w \times V}{1000}$$

यहां M = 0.05

$M_w$ = 126.08 ग्राम

V = 250 सेमी$^3$

$$w = \frac{0.05 \times 126.08 \times 250}{1000} = 1.5760 \text{ ग्राम}$$

इस प्रकार 0.05 सान्द्रता का क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल का 250 mL विलयन बनाने के लिए 1.5760 ग्राम ऑक्सेलिक अम्ल लेते है।

ऑक्सेलिक अम्ल तथा सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन के साथ अभिक्रिया का रासायनिक समीकरण निम्न है –

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2\,NaOH \rightarrow \begin{matrix} COONa \\ | \\ COONa \end{matrix} + 2\,H_2O$$

इस समीकरण से स्पष्ट है कि एक मोल ऑक्सेलिक अम्ल 2 मोल सोडियम हाइड्रॉक्साइड से अभिक्रिया करता है। अतः मोलरता की गणना निम्न सूत्र से करते है –

$$M_1 V_1 = \frac{1}{2} M_2 V_2$$

जहाँ – $M_1$ = ऑक्सेलिक अम्ल की मोलरता

$V_1$ = ऑक्सेलिक अम्ल का आयतन

$M_2$ = सोडियम हाइड्रॉक्साइड की मोलरता

$V_2$ = सोडियम हाइड्रॉक्साइड का आयतन

**मानक विलयन बनाना –** प्रयोग में दी गयी विधि से रासायनिक तुला का उपयोग कर क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल के 1.5750 ग्राम तोल कर आसुत जल से घोलो और 250 mL विलयन बनाओ।

**प्रेक्षण सारणी 8.2 ज्ञात ऑक्सेलिक अम्ल के विलयन के साथ अज्ञात सोडियम हाइड्रॉक्साइड के विलयन का अनुमापन**

| क्र.स. | पिपेट द्वारा लिये गये ऑक्सेलिक अम्ल के मानक विलयन का आयतन (mL) | ब्यूरेट का पाठ्यांक | | दोनों पाठ्यकों में अन्तर या प्रयुक्त विलयन का आयतन (ब–अ) mL | सुसंगत आयतन mL |
|---|---|---|---|---|---|
| | | प्रारंभिक पाठ्यांक (अ) | अन्तिम पाठ्यांक (ब) | | |
| 1. | 20 | 2.4 | 22.9 | 20.5 | 20.3 mL |
| 2. | 20 | 22.9 | 43.3 | 20.4 | |
| 3. | 20 | 5.3 | 25.6 | 20.3 | |
| 4. | 20 | 25.6 | 45.9 | 20.3 | |

**गणना –** उपर्युक्त रासायनिक समीकरण के अनुसार गणना निम्न सूत्र की सहायता से की जाती है–

$$M_1 V_1 = \frac{1}{2} M_2 V_2$$

जहाँ – $M_1$ = ज्ञात विलयन की मोलरता = 0.05 M

$V_1$ = ज्ञात विलयन का आयतन = 20 mL

$M_2$ = अज्ञात विलयन मोलरता = ?

और $V_2$ = अज्ञात विलयन का प्रयुक्त आयतन = 20.3 mL

उक्त मान समीकरण में रखने पर

$$0.05M \times 20 = \frac{1}{2} M_2 \times 20.3$$

या
$$M_2 = \frac{0.05\ M \times 20 \times 2}{20.3} = 0.0985\ M$$

अतः अज्ञात NaOH विलयन की सान्द्रता ग्राम मोल प्रति लिटर मे

= NaOH विलयन की मोलरता × NaOH का अणुभार

= 0.0985 × 40 ग्राम प्रति लिटर = 3.9400 ग्राम प्रति लिटर

**परिणाम –** दिये गये सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की

(1) मोलरता 0.0985 M और (2) सान्द्रता 3.9400 ग्राम प्रति लिटर है।

**प्रयोग – 3**

**उद्देश्य –** रासायनिक तुला का प्रयोग करते हुए N/10 नार्मलता का क्रिस्टलीय सोडियम कार्बोनेट का 250 mL विलयन बनाइए। इस मानक विलयन की सहायता से अनुमापन द्वारा दिये गये हाइड्रोक्लोरिक अम्ल विलयन की सान्द्रता (1) नार्मलता तथा (2) ग्राम प्रति लिटर में ज्ञात करो।

सूचक – मेथिल ऑरेन्ज।

**सिद्धान्त :** सोडियम कार्बोनेट विलयन की हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के विलयन के साथ अभिक्रिया का रासायनिक समीकरण निम्न है –

$$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + CO_2 + H_2O$$

इस अनुमापन में अज्ञात हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का विलयन ब्यूरेट में भरा जाता है और ज्ञात सोडियम कार्बोनेट का विलयन कोनिकल फ्लास्क में लिया जाता है। सूचक मेथिल ऑरेनज की एक या दो बूंद कोनिकल फ्लास्क के विलयन में डालने पर पीला रंग आता है। ब्यूरेट से HCl विलयन मिलाने पर अन्तिम बिन्दू पर विलयन का रंग पीले से लाल हो जाता है, जो अभिक्रिया की पूर्णता का द्योतक है।

$Na_2CO_3.10H_2O$ का अणुभार 286.00 ग्राम तथा तुल्यांकी भार 143.00 ग्राम है। इसलिये 250 mL N/10 नार्मलता का विलयन बनाने के लिए 3.5750 ग्राम लवण की आवश्यकता होती है इसे पूर्व में समझायी गयी विधि से रासायनिक तुला से, सावध ानीपूर्वक तोलकर 250 mL फ्लास्क में लेकर मानक विलयन बनाते हैं। यहाँ हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के विलयन की सान्द्रता ज्ञात करते है इसलिये इस अनुमापन को अम्लमति कभी कहते है।

**विधि –** पूर्ववत विधि से सोडियम कार्बोनेट का 3.575 ग्राम तोलकर मानक विलयन को तैयार करो। यह प्रबल अम्ल और दुर्बल क्षार के मध्य अनुमापन है इसलिये अज्ञात अम्ल का विलयन ब्यूरेट में और क्षार का ज्ञात विलयन पिपेट से कोनिकल फ्लास्क में लो तथा अनुमापन करते समय कोनिकल फ्लास्क में मेथिल ऑरेनज सूचक मिलाओ जो पीला रंग देता है। ब्यूरेट का पाठ्यांक नोट कर धीरे–धीरे कोनिकल फ्लास्क के विलयन में अम्ल विलयन मिलाओ। अन्तिम बिन्दु पर विलयन का रंग पीले से लाल हो जाता है। अनुमापन की यह प्रक्रिया 3–4 बार दोहराओ और सुसंगत आयतन ज्ञात कर सारणी में पाठ्यांक लिखो।

**प्रेक्षण सारणी 8.9 ज्ञात सोडियम कार्बोनेट विलयन के साथ अज्ञात हाइड्रोक्लोरिक के विलयन का अनुमापन**

| क्र.स. | पिपेट द्वारा लिये गये $Na_2CO_3$ के मानक विलयन का आयतन mL | ब्यूरेट का पाठ्यांक | | दोनों पाठ्यकों में अन्तर या प्रयुक्त HCl विलयन का आयतन (ब–अ) mL | सुसंगत आयतन |
|---|---|---|---|---|---|
| | | प्रारंभिक पाठ्यांक (अ) | अन्तिम पाठ्यांक (ब) | | |
| 1. | 20 | 3.7 | 23.6 | 19.9 | 19.7 mL |
| 2. | 20 | 23.8 | 43.6 | 19.8 | |
| 3. | 20 | 4.8 | 24.5 | 19.7 | |
| 4. | 20 | 24.5 | 44.2 | 19.7 | |

**गणना –** सूत्र $N_1 V_1 = N_2 V_2$ से

जहाँ – $N_1$ = सोडियम कार्बोनेट विलयन की नार्मलता = N/10

$V_1$ = सोडियम कार्बोनेट विलयन का आयतन = 20 mL

$N_2$ = अज्ञात हाइड्रोक्लोरिक अम्ल विलयन नार्मलता = ?

और $V_2$ = अज्ञात हाइड्रोक्लोरिक अम्ल विलयन का आयतन = 19.7 mL

उक्त मान समीकरण में रखने पर

$$\frac{N}{10} \times 20 = N_2 \times 19.7$$

या
$$N_2 = \frac{N \times 20}{10 \times 19.7} = 0.1015\ N$$

तथा सान्द्रता ग्राम प्रति लिटर में = नार्मलता × HCl का तुल्यांकी भार

= 0.1015 × 36.46

= 3.7006 ग्राम प्रति लिटर

**परिणाम –** दिये गये हाइड्रोक्लोरिक अम्ल विलयन की

(1) नार्मलता 0.1015 N और (2) सान्द्रता 3.7006 ग्राम प्रति लिटर है।

**प्रयोग – 4**

**उद्देश्य –** रासायनिक तुला का प्रयोग करते हुए 3.5750 ग्राम प्रति 250 mL सान्द्रता का क्रिस्टलीय सोडियम कार्बोनेट का मानक विलयन बनाइए। इस मानक विलयन की सहायता से दिये गये अज्ञात हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के विलयन की सान्द्रता (1) मोलरता तथा (2) ग्राम प्रति लिटर में ज्ञात कीजिए।

सूचक – मेथिल ऑरेन्ज।

**सिद्धान्त :** सोडियम कार्बोनेट विलयन की क्रिया हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के साथ अभिक्रिया का रासायनिक समीकरण निम्न है –

$$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + CO_2 + H_2O$$

क्रिस्टलीय सोडियम कार्बोनेट ($Na_2CO_3.10H_2O$) का अणुभार 286.00 ग्राम है अतः इसके 3.5750 ग्राम लवण को विलेय करने पर मोलरता = 0.05 M होगी।

अभिक्रिया के उपर्युक्त समीकरण के अनुसार, सोडियम कार्बोनेट का एक अणु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के दो अणु से अभिक्रिया करता है। इसलिये गणना के लिए निम्न समीकरण प्रयुक्त करते है –

$$M_1 V_1 = 2 M_2 V_2$$

जहाँ – $M_1$ = अज्ञात HCl विलयन की मोलरता

$V_1$ = अज्ञात HCl विलयन का आयतन

$M_2$ = ज्ञात सोडियम कार्बोनेट विलयन मोलरता

और $V_2$ = ज्ञात सोडियम कार्बोनेट विलयन का आयतन =

**उपकरण और आवश्यक सामग्री –**प्रयोग 3 के अनुसार।

**विधि –** प्रयोग 3 के अनुसार

**प्रेक्षण सारणी 8.10 ज्ञात क्रिस्टलीय सोडियम कार्बोनेट विलयन का अज्ञात हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के विलयन का अनुमापन**

| क्र.स. | पिपेट द्वारा लिये गये सोडियम कार्बोनेट के मानक विलयन का आयतन mL | ब्यूरेट का पाठ्यांक | | दोनों पाठ्यकों में अन्तर या प्रयुक्त HCl विलयन का आयतन (ब–अ) mL | सुसंगत आयतन |
|---|---|---|---|---|---|
| | | प्रारंभिक पाठ्यांक (अ) | अन्तिम पाठ्यांक (ब) | | |
| 1. | 20 | 7.2 | 27.5 | 20.3 | 20.1 mL |
| 2. | 20 | 27.5 | 47.7 | 20.2 | |
| 3. | 20 | 4.4 | 24.5 | 20.1 | |
| 4. | 20 | 24.5 | 44.6 | 20.4 | |

**गणना –** (1) विलयन की मोलरता की गणना उपर्युक्त समीकरण से –

$$M_1 = \frac{2M_2 V_2}{V_1}$$

जहाँ – $M_1$ = अज्ञात HCl विलयन की मोलरता = ?

$V_1$ = अज्ञात HCl विलयन का आयतन = 20 mL

$M_2$ = ज्ञात सोडियम कार्बोनेट विलयन की मोलरता

$$= \frac{\text{सान्द्रता ग्राम प्रति लिटर}}{\text{अणुभार}} = \frac{3.5750 \times 1000}{250 \times 286.00} \text{ M}$$

$M_2 = 0.05$ M

और $V_2$ = ज्ञात सोडियम कार्बोनेट विलयन का आयतन = 20 mL0

उपयुक्त समीकरण में मान रखने पर

$$M_1 = \frac{2 \times 0.05 \text{ M} \times 20}{20.1} = 0.0995 \text{ M}$$

(ii) ग्राम प्रति लिटर में HCl विलयन की सान्द्रता की गणना

सान्द्रता ग्राम प्रति लिटर = मोलरता × अणुभार

= 0.0995 × 36.46 = 3.6278 प्रति लिटर

**परिणाम –** दिये गये अज्ञात HCl विलयन की

(1) मोलरता 0.0995 M और (2) सान्द्रता 3.6278 ग्राम प्रति लिटर है।

* * * * *