कक्षा
11

रसायन प्रायोगिक

कक्षा 11
रसायन प्रायोगिक

रसायन प्रायोगिक

कक्षा–11

माध्यमिक शिक्षा बोर्ड राजस्थान, अजमेर

पाठ्य पुस्तक निर्माण समिति

पुस्तक – रसायन प्रायोगिक कक्षा 11

संयोजक :– प्रो.(डॉ०) कैलाश डागा, आचार्य रसायनशास्त्र विभाग,
मोहनलाल सुखाड़िया विश्वविद्यालय, उदयपुर

लेखकगण :–
1. प्रो.(डॉ०) जी.एल.तलेसरा, से.नि.आचार्य रसायनशास्त्र विभाग,
मोहनलाल सुखाड़िया विश्वविद्यालय, उदयपुर
2. डॉ. अरुण कुमार अरोड़ा, सह आचार्य रसायनशास्त्र विभाग,
जयनारायण व्यास विश्वविद्यालय, जोधपुर
3. डॉ. सुरेन्द्र कुमार अरोड़ा, प्राध्यापक रसायनशास्त्र विभाग,
सम्राट पृथ्वीराज चौहान राजकीय महाविद्यालय, अजमेर
4. डॉ. रेखा भट्ट, प्राध्यापक रसायनशास्त्र विभाग,
राजकीय मीरा कन्या महाविद्यालय, उदयपुर
5. प्रफुल्ल कुमार दवे, प्रधानाचार्य
राज.उ.मा.वि., केलावा कलां, जोधपुर
6. अंजना शर्मा, प्रधानाचार्य
पानो का दरीबा, जयपुर

भूमिका

प्रस्तुत पुस्तक माध्यमिक शिक्षा बोर्ड, राजस्थान अजमेर के कक्षा 11 के लिए निर्धारित नवीनतम पाठ्याक्रमानुसार लिखी गई है। अध्यापन के दौरान लेखकों का यह अनुभव रहा है कि विद्यार्थी रसायन शास्त्र के प्रयोगों को यन्त्रवत् करता है तथा प्रत्येक प्रयोग के मूल में क्या सिद्धान्त निहित है, इसको समझने की चेष्टा कम करता है। विद्यार्थी की यह प्रवृति परीक्षा–काल में और अधिक स्पष्ट रूप से उभर कर सामने आती है। प्रस्तुत पुस्तक को लिखते समय लेखकों का यह विशेष प्रयत्न रहा है कि प्रत्येक स्थान पर न केवल क्रिया विधि को स्पष्ट किया जावे अपितु अन्तर्निहित सिद्धान्त की भी उचित व्याख्या की जाय। परन्तु ऐसा करते समय राज्य के विज्ञान वर्ग के कक्षा 11 के समस्त विद्यार्थियों के स्तर का भी पूर्ण ध्यान रखा गया है। प्रस्तुत पुस्तक में प्रयोगिक कार्य सम्बन्धी सामान्य निर्देश तथा रसायन प्रयोगशाला में प्रयुक्त किये जाने वाले सामान्य उपकरणों के बारे में जानकारी दी गई है। इनके अध्ययन से विधार्थियों को प्रयोग करने में सहायता मिलेगी।

प्रायोगिक कार्यों में क्रिस्टलीकरण के सिद्धान्त, अशुद्ध नमूने से शुद्ध क्रिस्टल प्राप्त करने की विधि तथा एवं ज्ञात करने की विधि को सरल भाषा में प्रस्तुत किया गया है। आयतनी विश्लेषण से सम्बन्धित प्रायोगिक सिद्धान्त, विधि एवं गणना के बारे में जानकारी दी गई। पाठ्य पुस्तक की पाठ्य वस्तु पर आधारित प्रयोगों का समावेश भी किया गया है इसमें pH आधारित प्रयोग एवं अम्ल क्षार अनुमापन है तथा कुछ व्यवहारिक परियोजनाओं का भी संकलन इस पुस्तक में दिया गया है।

गुणात्मक विश्लेषण के अन्तर्गत अकार्बनिक लवणों के विश्लेषण में धनायन तथा ऋणायन की पहचान करने सम्बन्धी सिद्धान्त एवं विधि को क्रमबद्ध तरीके से दिया गया है। कार्बनिक गुणात्मक विश्लेषण के अन्तर्गत तत्त्वों की पहचान करने की विधि दी गई है। विभिन्न प्रायोगिक कार्य लेखन विधि को समझाने हेतु प्रारूपी प्रयोग दिये गये है जिससे विद्यार्थियों को प्रयोग लेखन का ज्ञान प्राप्त हो सकेगा तथा लेखन कौशल का विकास होगा।

खाद्य पदार्थो में मिलावट की जॉच को भी नये पाठ्यक्रम में शामिल किया गया है। पुस्तक की भाषा को सरल तथा सुग्राह्य रखने के लिए कहीं–कहीं हिन्दी शब्दों के अंग्रेजी पर्यायवाची शब्द भी दिये गये है।

लेखकों ने इस दिशा में एक ध्येयनिष्ठ प्रयत्न अवश्य किया है, परन्तु पुस्तक की उपयोगिता को तो पाठकगण ही आँकेगें। सभी विद्यार्थियों एवं विद्वान शिक्षकों से पुस्तक में गुणात्मक सुधार हेतु अपने सुझाव प्रेषित करने का विन्रम अनुरोध है।

संपादक मंडल

अनुक्रमणिका

क्र.सं.	अध्याय	पृष्ठ संख्या
1.	रासायनिक पदार्थो का अभिलाक्षणिकरण एवं शोधन	1—11
2.	pH आधारित प्रयोग	12—17
3.	मात्रात्मक विश्लेषण	18—42
4.	गुणात्मक विश्लेषण	43—78
5.	कार्बनिक यौगिकों में तत्त्वों की पहचान	79—81
6.	खाद्य पदार्थो में मिलावट की जाँच	82—84
7.	सत्रीय कार्य (रिकॉर्ड एवं प्रयोजनाएँ)	85—93
8.	मौखिक प्रश्न	94—106

रासायनिक पदार्थो का अभिलाक्षणिकरण एवं शोधन
Characterization and Purification of Chemical Compounds

प्रयोगशाला में कार्य करने की विधि–

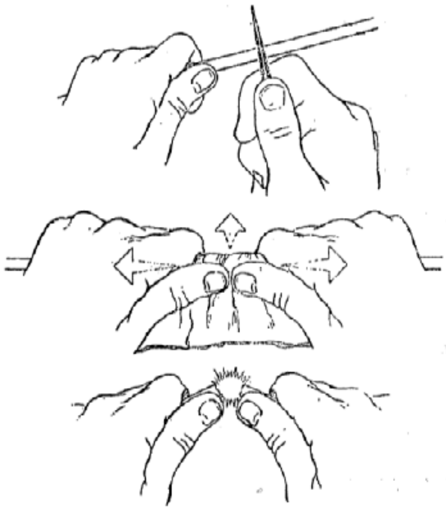
1. कार्य प्रारम्भ करने से पूर्व प्रयोग के विभिन्न पहलुओं को समझ लेना आवश्यक है। यदि किसी बात का भ्रम हो तो पुस्तक में देखो अथवा शिक्षक से पूछो। शिक्षक आपका सर्वश्रेष्ठ मार्गदर्शक है।
2. कार्य प्रारम्भ करने से पूर्व उपकरण को उचित रूप से स्वच्छ करना चाहिए। कॉंच का उपकरण सोडियम कार्बोनेट द्वारा स्वच्छ हो जाता है। आयतनी परिमापन के उपकरण में कॉंच का उपकरण क्रोमिक अम्ल (पोटैशियम डाइक्रोमेट और सान्द्र H_2SO_4 मिलाकर बनाया जाता है) के विलयन द्वारा स्वच्छ किया जाता है। ग्रीज को कॉस्टिक सोडा के विलयन द्वारा हटाया जाता है। अन्त में उपकरण को आसुत जल द्वारा धोना चाहिए।
3. कॉंच के बर्तन को गर्म करने से पहले उसके बाहर की सतह पर लगी नमी को पोंछ लेना चाहिए इसके पश्चात् तार की जाली पर रखकर गर्म करना चाहिए। ज्वाला पर कॉंच के बर्तन को सीधे ही गर्म नहीं करना चाहिए।
4. हमेशा अभिकर्मकों की कम–से–कम लेकिन यथेष्ठ मात्रा का प्रयोग करो। कभी भी टेबल पर अभिकर्मक बोतलों को पड़े नहीं रहने देना चाहिए। काम में लेने के पश्चात् बोतल में डाट लगाकर तुरन्त उचित स्थान पर रख देना चाहिए। अभिकर्मकों की बोतलें सिलसिलेवार रखी रहती है। इन्हें इधर–उधर नहीं रख देना चाहिए।
5. ठोस वस्तुओं, जैसे कागज, माचिस की तीली, टूटी परखनली या कॉंच के टुकड़े आदि को सिंक में मत फेंकों। इससे जल बहने के नल अवरूद्ध हो जाते है। ऐसी वस्तुओं को फेंकने के लिए आपकी सीट के पास टोकरी रखी होगी या विशेष व्यवस्था होगी। सिंक में केवल निरर्थक द्रवों को ही डालना चाहिए।
6. प्रयोगशाला में जो भी टूट–फूट हो, उस्की तुरन्त प्रयोगशाला–सहायक को सूचना दो।
7. कार्य समाप्त होने पर अथवा आवश्यकता न होने पर गैस और जल के नल बन्द कर दो।
8. कभी भी परिणाम में हेर–फेर मत करो। यदि परिणामों में कोई त्रुटि हो तो इसका कारण जानने का प्रयास करो। यदि आप त्रुटि का कारण नहीं ज्ञात कर सकें तो अध्यापक की सहायता लें। किसी भी कठिनाई अथवा गलती का कारण ज्ञात करने में ढील नहीं छोड़नी चाहिए तथा उसे टालना नहीं चाहिए। याद रखो कि ईमानदारी से कार्य करने के परिणाम अच्छे होते है।
9. प्रयोग करते समय प्रेक्षित मानों को उसी समय कॉपी में लिख लो। प्रेक्षित मानों को कागज के टुकड़ों पर कभी मत लिखो।
10. प्रयोग करने के पश्चात् कॉपी में लिखकर अध्यापक के हस्ताक्षर करवा लेने चाहिए। अध्याापक के हस्ताक्षर के बिना प्रयोग अपूर्ण माना जाता है।
11. प्रयोगशाला की किसी वस्तु को बिना अध्यापक की आज्ञा मत चखों।
12. प्रयोगशाला में बातचीत नहीं करनी चाहिए।

कॉंच से कार्य करने की तकनीक

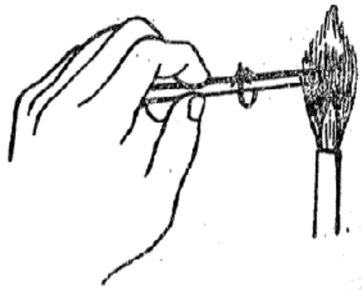
रसायन प्रयोगशाला में विद्यार्थियों को अनेक साधारण से कार्य करने पड़ते हैं जैसे कॉंच की नलिका या छड़ को काटना, कॉंच की नलिका को मोड़ना, कॉर्क में छेद करना आदि इन कार्यों को करने के लिए कुछ तकनीकों की आवश्यकता होती है। तकनीकों के बिना कार्य करने से विद्यार्थियों के हाथ में चोट लग सकती है। अतः प्रयोग करने से पहले इन तकनीकों को जान लेना आवश्यक है।

1. काँच की नली या छड़ को काटना–

एक ऐसी काँच की नली लेते हैं जो कहीं से चटकी हुई न हो। काँच की नली/छड़ को एक टेबिल पर रखकर, जिस स्थान से उसे काटना है वहाँ रेती से एक या दो बार रगड़ कर खरोंच डाल देते हैं। रेती से लगातार रगड़ते रहने की आवश्यकता नहीं है। रेती को एक बार दबाकर रगड़ना ही पर्याप्त होता है।



चित्र 1.1 काँच की नली/छड़ को काटना



चित्र 1.2 काँच की नली/छड़ के किनारों को चिकना करना

खरोंच वाले भाग को रूई या कपड़े में लपेट कर, खरोंच के नीचे दोनों अंगूठे लगाकर नली को खरोंच के विपरीत दिशा में मोड़ते हैं जिससे नली खरोंच के स्थान पर चटक कर टूट जाती है। कपड़े को भली प्रकार झटक लेना चाहिए जिससे काँच का कोई छोटा टुकड़ा न रह जाए। नली या छड़ के तीखे और खुरदरे किनारों को चिकना करना बहुत आवश्यक है इसके लिए नली के कटे हुए सिरे को बर्नर की ज्वाला में गोल घुमाते हुए गर्म करते हैं। गर्म करने से खुरदरे किनारे चिकने हो जाते हैं। किनारों को इतना गर्म नहीं करना चाहिए कि नली का मुँह ही बन्द हो जाए।

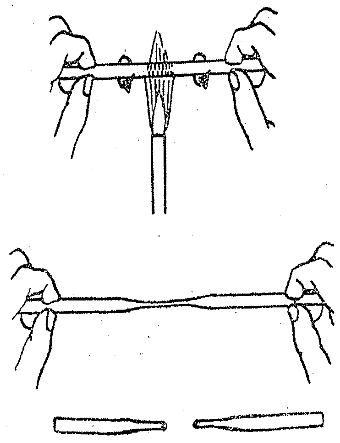
2. काँच की नली को मोड़ना–

जिस स्थान से नली को मोड़ना है उसे दोनों हाथ की अंगुलियों की सहायता से ज्वाला पर घुमा कर चारों ओर से गर्म करते हैं। जब काँच मुलायम हो जाए तो नली को ज्वाला से बाहर निकालकर एस्बेस्टॉस की चादर के टुकड़े पर रख कर आवश्यक कोण तक मोड़ देते हैं। यह ध्यान रखना है कि मोड़ साफ और उचित गोलाई लिए हो। मोड़ने के लिए अधिक बल नहीं लगाना चाहिए अन्यथा नली के टूटने का डर रहता है।

3. काँच की नली से केशनली बनाना–

केशनली बनाने के लिए मुलायम काँच की नली का उपयोग करना चाहिए। नली को दोनों हाथों की अंगुलियों से घुमाते हुए ज्वाला पर गर्म करते हैं। जब काँच इतना मुलायम हो जाये कि सरलता से खींच सके तब नली को ज्वाला से बाहर निकाल कर दोनों ओर खींचते हैं। काँच की नली को एस्बेस्टॉस की चादर पर रख कर ठण्डा करके रेती से काट कर केशनली को अलग कर लेते हैं। नली के दोनों ओर के बचे हुए भाग प्रधार कहलाते हैं।

चित्र 1.3 काँच की नली को मोड़ना

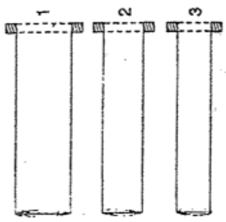


चित्र 1.4 केशनली बनाना

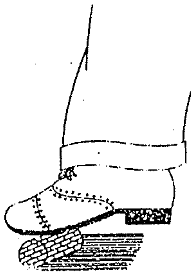
4. **कॉर्क में छेद करना–**

रसायन प्रयोगशाला में कुछ उपकरण बनाने के लिए कॉर्क का उपयोग किया जाता है। कॉर्क में काँच की नली/छड़ लगाने के लिए छेद करना आवश्यक होता है।

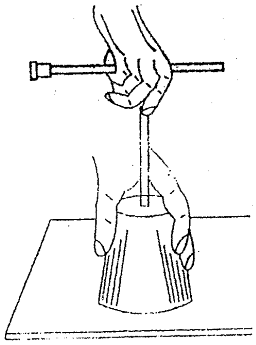
कॉर्क में जिस नली/छड़ को डालने के लिए छेद करना है, उससे कुछ कम व्यास के वेधक का चयन किया जाता है। कॉर्क वेधक स्टील के खोखले सिलिन्डर के समान होते हैं जिसके एक सिरे पर नॉब लगी होती है और दूसरा सिरा कुछ भारयुक्त होता है। (चित्र 1.5)



चित्र 1.5 कार्क बेधक



चित्र 1.6 कॉर्क को नरम करना



चित्र 1.7कॉर्क में छेद करना

कॉर्क में छेद करने से पहले कॉर्क को नरम किया जाता है। कॉर्क को नरम करने के लिए सबसे पहले उसे हल्के गर्म पानी में भिगोया जाता है। भीगने के बाद उसे कागज़ में लपेट कर जूते के नीचे दबा कर रखते हैं। जिससे अवशोषित जल निकल जाए। (चित्र 1.6)

कॉर्क को टेबिल पर इस प्रकार रखते हैं कि उसका पतला सिरा ऊपर की ओर रहे। कॉर्क में दोनों तलों पर छेद करने के स्थान पर निशान लगाते हैं। कॉर्क को बाँये हाथ से पकड़कर चयन किये गये वेधक द्वारा चित्र 1.7 में दिखाये अनुसार छेद करते हैं।

जब वेधक कॉर्क में आधा धंस जाये तो उसे बाहर निकाल कर कॉर्क को उल्टा रखकर उपरोक्त प्रक्रिया दोहराते है हमें यह ध्यान रखना है कि पूरी प्रक्रिया में कॉर्क बिल्कुल सीधा रहे। वेधक को धुमाते हुए दबाते हैं जिससे वह कॉर्क के आर–पार हो जाए।

कुछ उपकरणों के बनाने के लिए कॉर्क में दो छेद करने होते हैं। दोनों छेदों के बीच पर्याप्त दूरी होनी चाहिए ताकि दोनों छेदों के बीच दीवार टूटे नहीं।

1.1 पदार्थों के गलनांक ज्ञात करना (Determination of Melting Point of Compounds)

गलनांक तथा क्वथनांक पदार्थों के अभिलाक्षणिक गुण होते हैं जिनसे पदार्थ की पहचान की जा सकती है। वह तापक्रम जिस पर वायुमण्डलीय दाब पर कोई ठोस सम्पूर्ण रूप से द्रव अवस्था में परिवर्तित हो जाता है उस्का गलनांक या द्रवनांक कहलाता है। शुद्ध ठोस पदार्थों के गलनांक स्थिर (constant) तथा तीक्ष्ण (sharp) होते हैं अर्थात् शुद्ध ठोस पदार्थ गर्म करने पर एक स्थिर ताप पर सम्पूर्ण रूप से तेजी से द्रव अवस्था में परिवर्तित हो जाते हैं। जबकि अशुद्ध ठोस पदार्थों को द्रव में परिवर्तित होने की क्रिया में अधिक समय लगता है। इसके अलावा अशुद्ध ठोस का गलनांक शुद्ध ठोस के गलनांक से प्रायः कम होता है।

वह ताप जिस पर किसी द्रव का वाष्प दाब उस पर लगने वाले वायुमण्डलीय दाब के बराबर हो जाता है उसका क्वथनांक कहलाता है। शुद्ध द्रव के उबलने की क्रिया के दौरान उसका तथा उस्की वाष्पों का तापक्रम एक ही होता है तथा स्थिर रखता है। द्रव में उपस्थित अशुद्धियाँ क्वथनांक को निम्न प्रकार से प्रभावित करती है।

1. अगर अशुद्धि अविलेय तथा अवाष्पशील है तो क्वथनांक पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। द्रव के नमूने को देख कर ही ज्ञात हो जाता है कि यह अशुद्ध है।
2. अविलेय तथा वाष्पशील अशुद्धियों के कारण द्रव के क्वथनांक में कमी आ जाती है।
3. विलेय तथा अवाष्पशील अशुद्धियों के कारण द्रव के क्वथनांक में वृद्धि हो जाती है।
4. विलेय तथा वाष्पशील अशुद्धियों का प्रभाव क्वथनांक पर भिन्न–भिन्न पड़ता है जो अशुद्धि की प्रकृति पर निर्भर करता है।

   अतः किसी पदार्थ का सही (Accurate) गलनांक तथा क्वथनांक ज्ञात करके हम उस्की शुद्धता की जाँच कर सकते हैं।

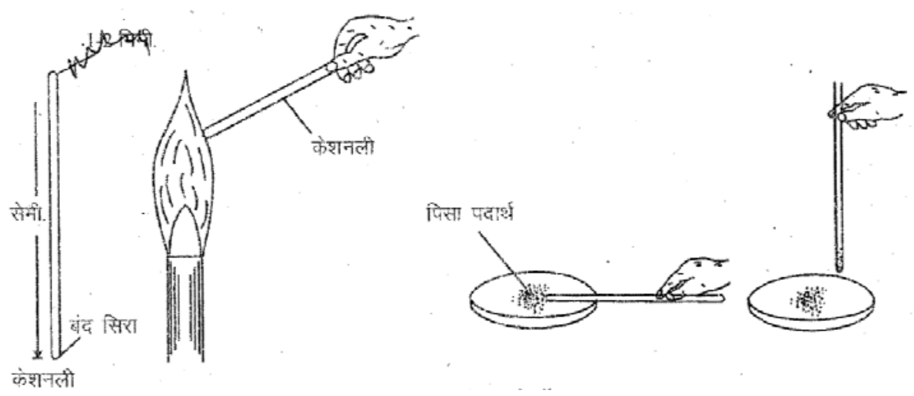
प्रयोग–1

उद्देश्य – दिये गये कार्बनिक पदार्थ का गलनांक ज्ञात करना।

उपकरण तथा सामग्री– थीले नली, अंशाकित (calibrated) थर्मामीटर, केशनलियाँ, डोरा या रबड़ के छल्ले, तिपाई, तार की जाली स्पंज जो काफी मात्रा में जल सोंख ले, क्लैम्प, स्टेण्ड, विडोलक, कार्बनिक पदार्थ का महीन चूर्ण, ग्लिसरॉल या सान्द्र H_2SO_4

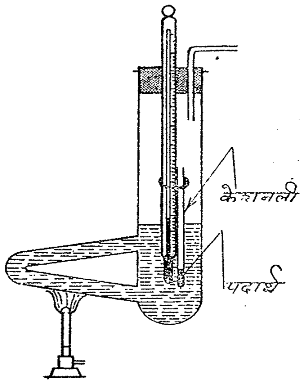
सिद्धान्त– गलनांक वह ताप है जिस पर ठोस पदार्थ पिघलना प्रारम्भ कर देते है। गलनांक पर द्रव का वाष्पदाब ठोस के वाष्प दाब के बराबर होता है। शुद्ध पदार्थ के गलनांक निश्चित होते हैं। अशुद्धियों की उपस्थिति से गलनांक कम हो जाते हैं।

विधि– गलनांक ज्ञात करने के लिए एक 5 या 6 सेमी लम्बाई वाली केशनली लेते हैं जिसका एक सिरा गर्म करके बंद कर देते हैं। केशनली में महीन चूर्ण किया हुआ सूखा पदार्थ भर लेते हैं। थोड़ा सा भर कर उसे नीचे की ओर सरका देते हैं। फिर थोड़ा सूखा पदार्थ और लेकर उसे नीचे की ओर सरका देते हैं। इस प्रकार नली में लगभग 3 मिमी ऊँचाई तक पदार्थ भर लेते हैं (चित्र 1.8)।

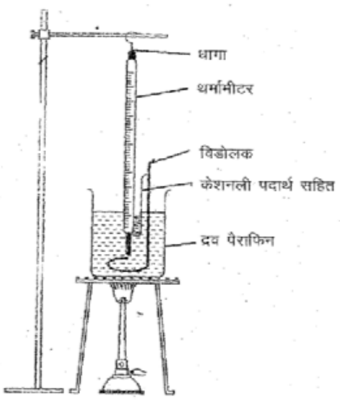


चित्र 1.8 पदार्थ को केशनली में भरना

केशनली के बंद सिरे को थीले नली के द्रव से गीला करके या रबर के छल्ले की सहायता से थर्मामीटर से इस प्रकार चिपकाते हैं कि थर्मामीटर का बल्ब तथा केशनली का बंद सिरा एक ही तल में रहे। अब एक थीले ट्यूब लेते हैं (चित्र 1.9)। इसमें ग्लिसरॉल या सान्द्र H_2SO_4 भर लेते हैं कोई दूसरा द्रव भी लिया जा सकता है जिसका क्वथनांक उस पदार्थ के गलनांक से अधिक हो, जिसका गलनांक ज्ञात करना है। केशनली सहित थर्मामीटर को थीले नली के मुंह पर लगे कॉर्क में लगा देते हैं। अब थीले ट्यूब को बर्नर की सहायता से धीरे–धीरे गर्म किया जाता है। कुछ समय बाद केशनली में लिया गया ठोस पिघलने लगता है। इस समय बर्नर हटा देते हैं तथा थर्मामीटर का तापक्रम पढ़ लेते हैं। (t_1°C)। जब ठोस पिघल कर पूर्ण रूप से पारदर्शी हो जाए तो इस ताप को भी नोट कर लेते हैं (t_2°C) । इन दोनों तापों का औसत ताप पदार्थ का सही गलनांक होगा।



चित्र 1.9 थीले नली में गलनांक निर्धारण



चित्र 1.10 बीकर में गलनांक निर्धारण

सावधानियाँ–

1. डोरा या रबड़ का छल्ला द्रव में डूबना नहीं चाहिए क्योंकि सान्द्र H_2SO_4 डोरा या रबड़ को जला देता है।
2. सान्द्र H_2SO_4 को बहुत सावधानी से गर्म करना चाहिए।
3. थीले नली में लिये द्रव का क्वथनांक पदार्थ के गलनांक से लगभग 20°C अधिक होना चाहिए।
4. थीले नली के स्थान पर बीकर का उपयोग भी किया जा सकता है किन्तु बीकर में द्रव समान रूप से गर्म नहीं होता है तथा द्रव के उछलने का भी डर रहता है। अतः विडोलक द्वारा द्रव को लगातार हिलाते रहना चाहिए। (चित्र 1.10)

प्रेक्षण– ठोस के पिघलना शुरू होने का ताप = t_1°C ठोस के पूर्ण रूप से पिघलने का ताप = t_2°C पदार्थ का

गलनांक $= \left(\frac{t_1 + t_2}{2}\right)^{\circ}C$

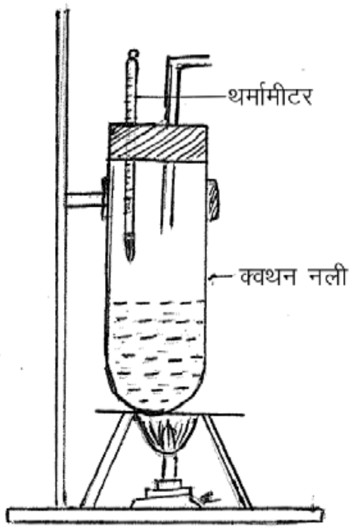
सारणी 1.1. कुछ कार्बनिक पदार्थों के गलनांक

कार्बनिक ठोस	गलनांक (°C)	कार्बनिक ठोस	गलनांक(°C)
फीनोल	42–43	सेलीसिलिक अम्ल	184–185
नेप्थैलीन	80–82	ऑक्सेलिक अम्ल (निर्जल)	189–190
बेन्जोइक अम्ल	121–122	शर्करा	159–160
यूरिया	132–133	ऐस्परीन	135–136

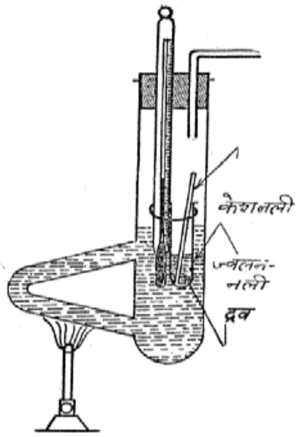
1.2 पदार्थों के क्वथनांक ज्ञात करना (Determination of Boiling Point of Compounds)

क्वथनांक निकालने के लिए साधारणतया दो विधियाँ काम में ली जाती हैं–

पहली विधि– यदि द्रव अधिक मात्रा में उपलब्ध हो तो द्रव का क्वथनांक द्रव को क्वथन नली में उबाल कर ज्ञात किया जा सकता है। एक क्वथल नली (Boiling tube) में दो छिद्र वाला कॉर्क लगाकर 4-5 mL कार्बनिक द्रव लेते हैं। द्रव में कुछ पोर्सलीन के टुकड़े डाल देते हैं जिससे द्रव गर्म करते समय उछले नहीं। एक छिद्र में थर्मामीटर इस प्रकार लगाते हैं कि उसका निचला सिरा द्रव की ऊपरी सतह से लगभग 1 सेमी ऊपर हो। दूसरे छिद्र में एक समकोण पर मुड़ी काँच की नली लगाते हैं। (चित्र 1.11) क्वथन नली को धीरे–धीरे गर्म करते है। जिसके फलस्वरूप थर्मामीटर का ताप बढ़ता है जैसे ही द्रव उबलने लगता है थर्मामीटर का तापक्रम स्थिर हो जाता है। यह ताप द्रव का क्वथनांक कहलाता है।



चित्र 1.11 क्वथन नली में क्वथनांक निर्धारण



चित्र 1.12 थीले नली द्वारा क्वथनांक ज्ञात करना

दूसरी विधि – जब द्रव की मात्रा बहुत कम हो (1 या 2 मिली) तो उसका क्वथनांक केशनली विधि द्वारा निकाला जाता है। एक ज्वलन नली (ignition tube) में द्रव की कुछ मात्रा लेकर उसमें एक केशनली को, जिसके ऊपरी सिरे को ज्वाला में गर्म करके बन्द कर दिया गया है, इस प्रकार डाल देते हैं कि खुला सिरा द्रव में डूबा रहे। ज्वलन नली को थर्मामीटर के साथ एक रबड़ के छल्ले द्वारा इस प्रकार चिपका देते हैं कि द्रव थर्मामीटर की घुण्डी के निकट रहे। इस थर्मामीटर को एक ऐसे बीकर में या थीले ट्यूब में लटका देते हैं जिसमें ग्लिसरॉल या सान्द्र H_2SO_4 भरा हो (चित्र 1.12)।

अब थीले ट्यूब को धीरे–धीरे गर्म करते हैं। केशनली के निचले भाग से बुलबुले उठने लगते हैं। इस समय बर्नर हटा लेते हैं तथा ताप नोट कर लेते हैं (t_1°C) । बुलबुले निकलना जैसे ही बन्द होता है इस ताप को भी नोट कर लेते हैं (t_2°C) इन दोनों तापों का औसत ताप ही द्रव का क्वथनांक कहलाता है।

प्रयोग–2

उद्देश्य– दिये गये द्रव का क्वथनांक ज्ञात करना

उपकरण तथा सामग्री– थीले ट्यूब या 350 mL का बीकर, केश नली, ज्वलन नली, अशांकित थर्मामीटर, कॉर्क, रबडबैण्ड, ग्लिसरॉल या सान्द्र H_2SO_4

सिद्धान्त– दिये गये द्रव का क्वथनांक वह ताप है जिस पर उसका वाष्प दाब, वायुमण्डलीय दाब के बराबर हो जाता है। इस ताप पर द्रव उबलने लगता है अर्थात् द्रव का क्वथनांक वायुमण्डलीय दाब पर निर्भर करता है। क्योंकि वायुमण्डलीय दाब अलग–अलग स्थान पर अलग–अलग होता है इसलिए द्रव का क्वथनांक भी अलग–2 होता है।

विधि– उपरोक्त दोनों विधियों में से एक विधि प्रयोग में ली जा सकती है।

प्रेक्षण– तेजी से बुलबुले निकलने का प्रेक्षित ताप = t_1°C

बुलबुले निकलना बन्द होने पर प्रेक्षित ताप t_2°C

पदार्थ का औसत क्वथनांक $\left(\frac{t_1+t_2}{2}\right)^{\circ}C$

सावधानियाँ -

1. थीले ट्यूब या बीकर को धीरे–धीरे गर्म करना चाहिए। बीकर का उपयोग करने पर द्रव को लगातार विडोलित करते रहना चाहिए।
2. केश नली के सिरे को अच्छी तरह बन्द करना चाहिए। यदि केश नली में द्रव भर जाता है तो उसका अर्थ है कि केश नली का सिरा ठीक से बंद नहीं हुआ है। इस स्थिति में दूसरी केशनली लेना चाहिए।

सारणी–1.2: कुछ कार्बनिक द्रवों के क्वथनांक

यौगिक	क्वथनांक (°C)	यौगिक	क्वथनांक
ऐसीटोन	56	एनीलीन	184
क्लोरोफार्म	61	एसिटिक अम्ल	118
फार्मिक अम्ल	100.5	फीनॉल	182
ऐथिल ऐल्कोहॉल	78.3	बेन्जीन	80
मेथिल ऐल्कोहॉल	64.5	साइक्लोहेक्सेन	81.4

1.3 यौगिकों का क्रिस्टलीकरण द्वारा शुद्धिकरण
Purification of Compounds By Crystallization

क्रिस्टलीकरण (Crystallization)

जब किसी यौगिक को रासायनिक अभिक्रिया द्वारा बनाया जाता है तो उसमें विलेय तथा अविलेय अशुद्धियां पायी जाती हैं। अतः यह आवश्यक है कि इन अशुद्धियों को पृथक करके यौगिक को शुद्ध अवस्था में प्राप्त किया जाएं। इन अशुद्धियों का पृथक्करण अशुद्धि की प्रकृति पर निर्भर करता है। इसके लिये अनेक विधियाँ जैसे छानना, निथारना, क्रिस्टलीकरण आदि प्रयोग में लायी जाती है। इनमें क्रिस्टलीकरण विधि अधिक उपयुक्त एवं महत्वपूर्ण विधि है।

जब किसी पदार्थ में उपस्थित अशुद्धि एवं पदार्थ की किसी विलायक में विलेयता भिन्न–भिन्न होती है तो पदार्थ का शुद्धिकरण क्रिस्टलीकरण विधि द्वारा किया जा सकता है। इस विधि में पदार्थ को उचित विलायक में घोल कर संतृप्त विलयन बनाते हैं तथा विलयन को छान लेते हैं। इससे अघुलनशील अशुद्धियां दूर हो जाती हैं। इस छनित विलयन को सान्द्रित करके ठण्डा करने पर पदार्थ के क्रिस्टल प्राप्त हो जाते हैं जिन्हें निथारकर अलग कर लेते हैं। घुली अशुद्धियां मातृद्रव में रह जाती हैं।

क्रिस्टलीकरण के लिए प्रयुक्त विलायक में निम्नलिखित गुण होने चाहिए–

(1) यौगिक की विलायक में विलेयता कमरे के ताप पर कम एवं उच्च ताप पर अधिक होनी चाहिये।
(2) विलायक में अशुद्धियां या तो पूर्णतः विलेय या पूर्णतः अविलेय होनी चाहिये।
(3) यौगिक के साथ विलायक की कोई रासायनिक अभिक्रिया नहीं होनी चाहिये।
(4) विलायक ऐसा होना चाहिए जिसमें कोई भी अशुद्धि क्रिस्टलित किये जाने वाले पदार्थ के साथ क्रिस्टलित न हो।
(5) अकार्बनिक यौगिकों के क्रिस्टलीकरण के लिये आसुत जल एक उपयुक्त विलायक है।

कुछ परिभाषाएं–

(1) क्रिस्टल (Crystal) – वह पिण्ड जो कि एक निश्चित ज्यामितीय आकृति में समतल पृष्ठों से प्रतिबद्ध हो तथा अवयवी कणों की आन्तरिक अवस्था स्पष्ट करता हो, क्रिस्टल कहलाता है।

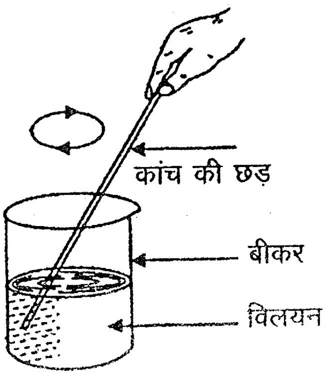
(2) क्रिस्टलीकरण (Crystallisation)–विलयन से क्रिस्टल प्राप्त करने के प्रक्रम को क्रिस्टलीकरण कहते हैं।

(3) मातृद्रव (Mother Liquor) – क्रिस्टलीकरण के उपरान्त शेष द्रव को मातृद्रव कहते हैं।

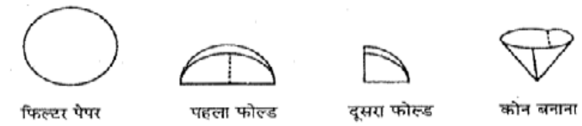
(4) क्रिस्टल बिन्दु (Crystallisation Point) – वह बिन्दु जब गर्म विलयन को ठण्डा करने पर क्रिस्टल का बनना प्रारम्भ हो जाता है, क्रिस्टलन बिन्दु कहलाता है।

क्रिस्टलीकरण की विधि (Method of Crystallisation) – अकार्बनिक पदार्थों के क्रिस्टलीकरण की प्रक्रिया निम्न पदों में सम्पन्न होती है–

(1) अशुद्ध पदार्थ का संतृप्त विलयन बनाना– एक (250 mL) बीकर में 50-60 mL आसुत जल लेकर इसमें 5-6 ग्राम अशुद्ध पदार्थ मिलाकर इसे काँच की छड़ से अच्छी तरह हिलाकर घोलते हैं तथा इस विलयन को 50-60°C तक गर्म करते हैं और अशुद्ध पदार्थ को थोड़ी–थोड़ी मात्रा में तब तक मिलाते हैं जब तक कि कुछ ठोस अविलेय अवस्था में नीचे न बैठ जाऐ (चित्र 1.13)। इस प्रकार से प्राप्त विलयन संतृप्त विलयन कहलाता है।

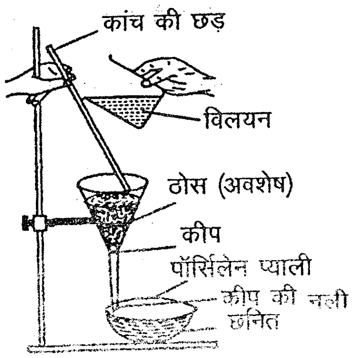


चित्र 1.13 विलयन बनाना

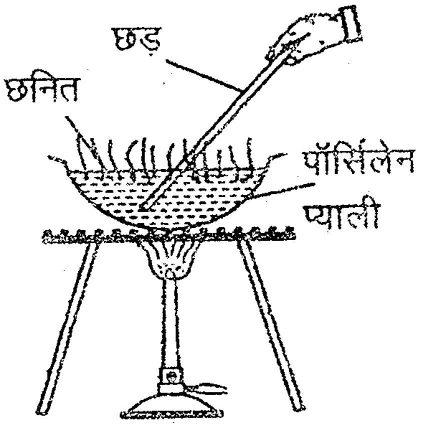


चित्र 1.14 छन्ना कागज को कीप के रूप में मोड़ना

(2) **संतृप्त विलयन को छानना –** उपर्युक्त गर्म संतृप्त विलयन में कुछ अविलेय अशुद्धियां तथा ठोस पदार्थ की अधिक मात्रा नीचे बैठ जाती है। इन्हें दूर करने के लिये इसे कीप की सहायता से फिल्टर पत्र से छानते हैं, फिल्टर पत्र को मोड कर कीप में लगाने का तरीका चित्र 1.14 में दिखाया गया है।
अविलेय अशुद्धियां तथा अतिरिक्त ठोस, फिल्टर पत्र पर रूक जाते हैं तथा विलयन फिल्टर पत्र से छन जाता है। यह ध्यान रहे कि छड़ का निचला सिरा फिल्टर पत्र को छुए नहीं। छनित को पोर्सिलीन की प्याली में एकत्रित करते हैं (चित्र 1.15)।



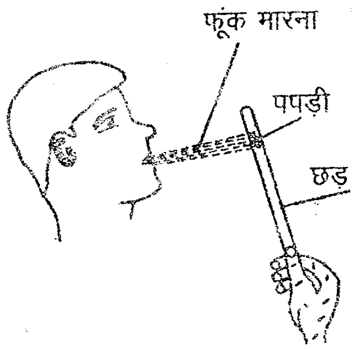
चित्र 1.15 विलयन को छानना



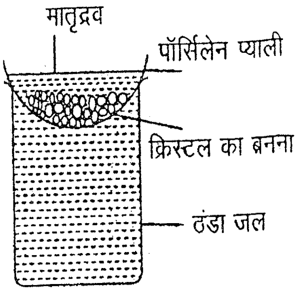
चित्र 1.16 विलयन का सान्द्रण

(3) **संतृप्त विलयन का क्रिस्टलन बिन्दु तक सान्द्रण–** उपर्युक्त छनित युक्त पोर्सिलीन की प्याली को तार की जाली पर रखकर सावधानीपूर्वक गर्म करते हैं (चित्र 1.16) कुछ समय (लगभग दो मिनट) तब उबल जाने के पश्चात् क्रिस्टलन बिन्दु का परीक्षण करते हैं। इसके लिए एक साफ कांच की छड़ को उपर्युक्त गर्म विलयन में डूबोकर बाहर निकाल कर तथा मुँह से फूंक मारकर ठण्डा करते हैं (चित्र 1.17)। यदि छड़ पर पदार्थ के क्रिस्टल (पपड़ी) दिखाई देने लगे तो समझो कि क्रिस्टलन बिन्दु आ गया है। क्रिस्टलन बिन्दु आने के बाद विलयन को और अधिक सान्द्रित नहीं करना चाहिए।

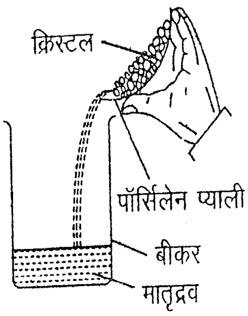
(4) **सान्द्रित विलयन को ठंडा करना –** अब उपर्युक्त गर्म सान्द्रित विलयन वाली पोर्सिलीन की प्याली को वाच ग्लास से ढ़क कर अलग स्थान पर या ठंडे जल से भरे बीकर पर रख देते हैं। (चित्र 1.18)। कुछ समय पश्चात् क्रिस्टल बनने लगते हैं। कभी–कभी क्रिस्टलन को प्रारम्भ करने के लिये शुद्ध यौगिक का एक क्रिस्टल डाल देते हैं जो नाभिक अथवा बीजारोपण का कार्य करता है अथवा बीकर की दीवार को कांच की छड़ से खुरचते हैं। शीघ्रता से ठंडा करने पर अथवा विलयन को हिलाने–डुलाने पर क्रिस्टलों का आकार छोटा रह जाता है तथा लब्धि भी कम होती है।



चित्र 1.17 क्रिस्टलन बिन्दु की जाँच



चित्र 1.18 विलयन को ठंडा करना



चित्र 1.19 निथारना

(5) **क्रिस्टलों को पृथक करना –** क्रिस्टलन की क्रिया पूर्ण होने पर अर्थात् जब क्रिस्टलों का बनना बन्द हो जाए तो क्रिस्टलों को छानकर या निथार कर पृथक करते हैं। (चित्र 1.19)। छानने के लिये साधारण कीप अथवा बुकनर कीप का उपयोग किया जा सकता है। इसके पश्चात् क्रिस्टलों को फिल्टर पत्रों के बीच धीरे–धीरे दबाकर अथवा निर्वात शोषित्र मे रखकर सुखा लेते हैं।

प्रयोग 1– दिये गये फिटकरी के अशुद्ध नमूने से शुद्ध क्रिस्टल प्राप्त करना।

उपकरण– एक बीकर (250 mL), चीनी या पोर्सिलीन की प्याली, कांच की छड़, कीप, त्रिपाद स्टैण्ड, फिल्टर पत्र, लोहे की जाली तथा खरल एवं मूसल।

रसायन पदार्थः अशुद्ध फिटकरी, आसुत जल।

सिद्धान्तः फिटकरी एक द्विक लवण है जो कि साधारण लवण पोटेशियम सल्फेट तथा ऐलुमिनियम सल्फेट से मिलकर बना है। इसका रासायनिक सूत्र $[K_2SO_4 . Al_2(SO_4)_3.24H_2O]$ है। फिटकरी में विलेयशील तथा अविलेयशील अशुद्धियां होती है। फिटकरी का जल में संतृप्त विलयन बनाकर छानने पर अविलेयशील अशुद्धियाँ दूर हो जाती हैं। छनित को क्रिस्टलन बिन्दु तक उबालकर ठंडा करने पर फिटकरी के शुद्ध क्रिस्टल पृथक हो जाते हैं तथा विलेयशील अशुद्धियां मातृद्रव में रह जाती है।

विधिः लगभग 10 ग्राम अशुद्ध फिटकरी के नमूने को खरल में मूसल से पीस कर बारीक चूर्ण बना कर, 250 mL के बीकर में डालकर आसुत जल में घोल कर संतृप्त विलयन बनाते हैं। इस संतृप्त विलयन को कीप में लगे फिल्टर पत्र की सहायता से पोर्सिलीन की प्याली में छानते हैं। छनित विलयन को क्रिस्टलन बिन्दु तक उबाल कर तथा बिना हिलाए अलग स्थान पर या ठण्डे जल से भरे बीकर पर रख कर ठण्डा करते हैं। थोड़ी देर में क्रिस्टल का बनना प्रारम्भ हो जाता है। जब क्रिस्टलन की प्रक्रिया पूर्ण हो जाये तो इन क्रिस्टलों को निथार कर मातृद्रव से पृथक करते हैं तथा प्राप्त क्रिस्टलों को फिल्टर पत्र के बीच में रख कर सुखाते हैं। पोटाश एलम के रंगहीन और पारदर्शी क्रिस्टल प्राप्त होते हैं। साधारण तुला पर तौलकर इन क्रिस्टलों का भार ज्ञात करते हैं।

परिणाम– प्राप्त शुद्ध क्रिस्टलों का भार.........ग्राम तथा रंग.......... है।

सावधानियां–

(1) अशुद्ध नमूने को जल की न्यून मात्रा में घोलना चाहिये।

(2) ठण्डा करते समय विलयन को हिलाना नहीं चाहिये अन्यथा क्रिस्टलों का आकार छोटा बनता है तथा मात्रा कम प्राप्त होती है।

(3) क्रिस्टलन बिन्दु के पश्चात् विलयन का और अधिक सान्द्रण नहीं करना चाहिए।

प्रयोग 2– दिये गये कॉपर सल्फेट के अशुद्ध नमूने से शुद्ध कॉपर सल्फेट के क्रिस्टल प्राप्त करना।

उपकरण– एक बीकर (250 mL), चीनी या पार्सिलेन की प्याली, कांच की छड़, त्रिपाद, स्टैण्ड, लोहे की जाली, फिल्टर पत्र।

रसायन पदार्थ– अशुद्ध कॉपर सल्फेट, आसुत जल, तनु H_2SO_4

सिद्धान्त– अशुद्ध कॉपर सल्फेट के संतृप्त विलयन में थोड़ा सा तनु H_2SO_4 मिलाकर छानने पर अविलेय अशुद्धियां दूर हो जाती हैं। छनित को क्रिस्टलन बिन्दु तक सान्द्रित करके ठण्डा करने पर शुद्ध कॉपर सल्फेट $[CuSO_4.5H_2O]$ के क्रिस्टल पृथक हो जाते हैं। क्रिस्टलों को मातृद्रव से पृथक कर लेते हैं। विलेयशील अशुद्धियां मातृद्रव में घुली रह जाती है।

विधि– एक 250 mL के बीकर में लगभग 10 ग्राम बारीक चूर्ण किया कॉपर सल्फेट लो। इसका आसुत जल में संतृप्त विलयन बनाओ। कॉपर सल्फेट के जल अपघटन से कॉपर हाइड्रॉक्साइड $(Cu(OH)_2)$ बन सकता है, जिसे रोकने के लिये विलयन में लगभग 2 mL तनु H_2SO_4 मिलाओ। इससे विलयन साफ व पारदर्शी बनता है। इस विलयन को कॉंच की छड़ से हिलाते हुए धीरे–धीरे गर्म करो। गर्म विलयन को फिल्टर पत्र की सहायता से छानो। अविलेय अशुद्धियां फिल्टर पत्र पर रह जाती है। छनित को पॉर्सिलेन की प्याली में क्रिस्टलन बिन्दु तक सान्द्रित करो तथा सान्द्रित विलयन को डंडे जल से भरे बीकर पर रखकर ठंडा करो। कॉपर सल्फेट के नीले रंग के क्रिस्टल बनकर पृथक होने लगते हैं। जब क्रिस्टलन पूरा हो जाए तो इन क्रिस्टलों को निथार कर मातृद्रव से पृथक करो। विलेयशील अशुद्धियां मातृद्रव में रह जाती है। इस प्रकार प्राप्त क्रिस्टलों को फिल्टर पत्र के बीच दबाकर सुखाओं तथा साधारण तुला पर तोलकर शुद्ध क्रिस्टल का भार ज्ञात करो।

परिणाम– कॉपर सल्फेट के प्राप्त शुद्ध क्रिस्टलों का भार.......... ग्राम तथा रंग......... है।

सावधानियाँ–

(1) तनु H_2SO_4 अधिक मात्रा में नहीं डालना चाहिये।
(2) अशुद्ध नमूने को जल की न्यून मात्रा में घोलना चाहिये।
(3) ठंडा करते समय विलयन को हिलाना नहीं चाहिये।
(4) क्रिस्टलन बिन्दु के बाद विलयन का और अधिक सान्द्रण नहीं करना चाहिये।

शुद्ध फेरस सल्फेट के क्रिस्टल भी इसी विधि से बनाये जा सकते हैं।

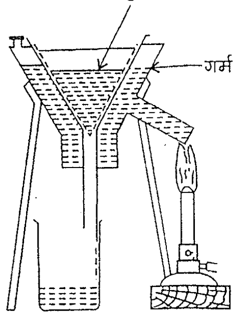
प्रयोग 3– दिये गये अशुद्ध बेन्जोइक अम्ल से शुद्ध बेन्जोइक अम्ल के क्रिस्टल प्राप्त करना।

सिद्धान्त– बेन्जोइक अम्ल में एक ध्रुवीय अभिलाक्षणिक समूह (-COOH) होता है। इसलिए बेन्जोइक अम्ल के अणु पानी के ध्रुवीय अणुओं की ओर आकर्षित होते है। बेन्जोइक अम्ल गर्म पानी में अधिक घुलनशील होता है।

उपकरण– 250 mL शंकुआकार फ्लास्क, काँच की छड़, धोने वाली बोतल, स्टैण्ड, फिल्टर पत्र, तिपाई आदि।

रासायनिक पदार्थ– 1. अशुद्ध बेन्जोइक अम्ल, 2. शुद्ध जल

विधिः एक साफ 250 mL शंकुआकार फ्लास्क में 50 ग्राम अशुद्ध बेन्जोइक अम्ल लेकर, उसमें लगभग 50 मिली. पानी मिलाते हैं और उसको बर्नर पर तार की जाली के ऊपर रख कर उबलने तक गर्म करते हैं। इस घोल को ठण्डा करके उसमें थोड़ा सा क्रियाशील लकड़ी का कोयला (Activated charcoal) मिलाते हैं। अशुद्ध त्रुटियों को दूर करने के लिए इसको दुबारा कुछ मिनटों के लिए गर्म करते हैं। गर्म घोल को गर्म पानी की कीप में चित्र 1.20 के अनुसार फिल्टर करते हैं और फिल्टर के बाद इसको चीनी के प्याले में इक्ट्ठा कर लेते हैं।



चित्र 1.20 गर्म जल को कीप की सहायता से निस्पंदन

चीनी के प्याले को काँच के ढक्कन से ढकते हैं और इसको तब तक ढक कर रखते हैं जब तक यह सामान्य तापमान पर ठण्डा न हो जाए। अब लगभग 15 मिनटों तक चीनी के प्याले को ठण्डे बर्फ वाले पानी में रखते हैं। बेन्जोइक अम्ल के सफ़ेद क्रिस्टल बनेगें जिन्हें ठण्डे पानी से धो कर फिल्टर पत्र पर सुखा लेते हैं।

परिणामः बेन्जोइक अम्ल के प्राप्त शुद्ध क्रिस्टलों का भार.......ग्राम तथा रंग.......... है।

सावधानीः बेन्जोइक अम्ल क्योंकि गर्म जल में ही घुलनशील होता है अतः फिल्टर करते समय विलयन को ठंडा न होने दें।

pH आधारित प्रयोग (pH Based Experiment)

हाइड्रोजन आयन सान्द्रता –अम्लता या क्षारकता का मापक (The Hydrogen Ion Concentration-Scale of Acidity or Basicity)

pH आधारित प्रयोग, विलयन मे उपस्थित H^+ या OH^- आयन सान्द्रता के कारण होते है।
अम्ल वे पदार्थ होते है जो जलीय विलयन में हाइड्रोजन (H^+) या हाइड्रोनियम आयन (H_3O^+) देते है। क्षार वे पदार्थ होते है, जो जलीय विलयन में हाइड्रॉक्सिल (OH^-) आयन देते है।
शुद्ध जल के आयनिक गुणनफल (Kw) का 25°Cपर मान 1×10^{-14}(मोल प्रति लिटर $)^2$ होता है अर्थात् $[H^+]\,[OH^-] = 1x10^{-14}$(मोल प्रति लिटर$)^2$।
चूँकि शुद्ध जल उदासीन होता है अतः $[H^+] = [OH^-]$
$[H^+] = \sqrt{1\times10^{-14}(\text{मोल प्रति लिटर})^2} = 1 \text{ x } 10^{-7}$
यदि जल में कुछ बूंदे अम्ल की डाल दी जाएँ तो विलयन की H^+ आयन सान्द्रता बढ़ जाती है और OH^- आयन सान्द्रता घट जाती है क्योंकि $[H^+]$ x $[OH^-]$ का मान (K_w) स्थिर है।

pH मापक्रम (The pH Scale)

pH की धारणा 1909 में सारेन्सन नामक वैज्ञानिक द्वारा दी गयी थी। किसी विलयन की H^+ आयन सान्द्रता को ज्ञात करने की इकाई के रूप में pH का प्रयोग किया जाता है।

हाइड्रोजन आयन सान्द्रता (H^+) के ऋणात्मक लघुगणक को pH कहते है या हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता के ऋणात्मक 10 आधारित लघुगणक मान को pH कहते है। इसी प्रकार pH स्केल सामान्यतः 0 से 14 तक होता है।

	अम्लीय							उदासीन	क्षारीय						
H^+	10^{-0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}
pH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
pOH	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

$$pH = -\log [H^+] = \frac{1}{\log[H^+]}$$

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

किसी विलयन की pH, H^+ आयन की मोल प्रति लीटर में उस सान्द्रता के संख्यात्मक मान के बराबर होती है जो 10 के ऊपर ऋणात्मक घात के रूप में लगायी जाती है जैसे $[H^+] = 10^{-x}$ mol L^{-1} तो pH = x

हम जानते है कि जल का आयनिक गुणनफल $K_w = [H_3O^+]\,[OH^-]$

समीकरण के दोनों पक्षों का ऋणात्मक लघुगणक लेने पर

$$-\log [K_w] = -\log [H_3O^+] - \log [OH^-] = -\log 10^{-14}$$
$$-\log K_w = pH + pOH = 14$$
$$pK_w = pH + pOH = 14$$

अतः 298 K ताप पर

$pH + pOH = 14 = pK_w$

K_w का मान ताप के साथ परिवर्तित होता है लेकिन ताप के साथ pH के मान में होने वाला परिवर्तन नगण्य होता है। अतः इसकी उपेक्षा कर दी जाती है।

अम्लीय, क्षारीय तथा उदासीन विलयन के लिए $[H^+]$ तथा $[OH^-]$ की तुलना इस प्रकार की जा सकती है –

(i) अम्लीय विलयन में

$[H^+] > [OH^-]$

$[H^+] > 1x10^{-7}$ M

अतः pH< 7

(ii) उदासीन विलयन में

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

$[H^+] = 1x10^{-7}$ M

अतः pH= 7

(iii) क्षारीय विलयन में

$[H^+] < [OH^-]$

$[H^+] < 1x10^{-7}$ M

अतः pH >7

नोट :–

(1) शुद्ध जल का pH 7 होता है अतःशुद्ध जल उदासीन होता है।
(2) किसी विलयन के pH में कमी उसके अम्लीय गुण में वृद्धि को दर्शाता है।
(3) किसी अम्ल के विलयन का pH हमेशा 7 से कम ही होगा जबकि क्षार के विलयन का pH हमेशा 7 से अधिक होगा।

pH मान ज्ञात करना

(i) किसी विलयन की pH का मापन करने के लिए लिटमस पेपर प्रयुक्त किया जाता हैं यह विभिन्न pH वाले विलयन में भिन्न–भिन्न रंग देता है इसकी सहायता से pH का लगभग मान ज्ञात किया जा सकता है।

(ii) आजकल चार पट्टी वाले pH पेपर भी प्रयुक्त होते है। इनमें एक ही pH पर भिन्न–भिन्न पट्टियाँ भिन्न–भिन्न रंग देती है। pH पेपर द्वारा 1–14 तक के pH मान 0.5 की यथार्थता तक ज्ञात कर सकते है।

(iii) किसी विलयन के यथार्थ pH मान को pH मीटर की सहायता से ज्ञात किया जा सकता है। लेकिन लगभग pH मान को अम्ल–क्षार सूचक की सहायता से ज्ञात कर सकते है।

अम्ल क्षार सूचक वे पदार्थ होते है जिनका रंग pH परिवर्तन होने के साथ परिवर्तित हो जाता है। ये सामान्यतः कार्बनिक दुर्बल अम्ल या दुर्बल क्षार होते है। जिनका अनआयनित एवं आयनित अवस्था में भिन्न–भिन्न रंग होता है। लिटमस एक अत्याधिक प्रचलित अम्ल–क्षार सूचक है। परन्तु इसका रंग परिवर्तन pH के अधिक अन्तराल पर होता है अतः विलयन के लगभग pH मान को ज्ञात करने में यह अनुपयोगी होता है। सामान्यतः pH मान ज्ञात करने के लिये वे अम्ल–क्षार सूचक उपयुक्त होते है जो pH के अल्प अन्तराल में रंग परिवर्तन प्रदर्शित करते है।

उदाहणार्थ थाइमॉल ब्लू सूचक pH = 1 पर लाल रंग का होता है तथा pH = 1.2 से रंग परिवर्तन प्रारम्भ होते हुए pH =2.8 पर पूर्णतःपीले रंग का हो जाता है। इन दोनों के मध्यमान pH=2 पर नारंगी (पीला + लाल) रंग प्राप्त होता है। इसी प्रकार ब्रोमाक्रिसॉल हरित 3.8 से 5.4 pH अन्तराल के मध्य पीले से नीले रंग का हो जाता है। pH= 4.6 पर इसका रंग हरा (नीला + पीला) होता है।

सारणी 2.1 में सूचको की श्रेणी दी गई जो 0 से 12 pH तक की समस्त pH अन्तराल का समावेश करती है।

सारणी 2.1 कुछ सूचकों के रंग परिवर्तन एवं pH अन्तराल

सूचक	विलायक	अम्लीय विलयन में रंग	क्षारीय विलयन में रंग	pH अन्तराल
थाइमॉल ब्लू	जल	लाल	पीला	1.2–2.8
मेथिल पीत	एथेनॉल	लाल	पीला	2.9–4.0
मेथिल ऑरेन्ज	जल	लाल	पीला	3.1–4.5
ब्रोमोफिनॉल ब्लू	जल	पीला	बैंगनी	3.0–4.6
ब्रोमोक्रिसॉल हरित	जल	पीला	नीला	3.8–5.4
मेथिल रेड	जल	लाल	पीला	4.2–6.3
फिनॉल रेड	जल	पीला	लाल	6.8–8.4

क्रिसॉल पर्पल	जल	पीला	बैंगनी	7.4–9.0
फीनॉलफ्थेलीन	एथेनॉल	रंगहीन	गुलाबी	8.3–10.0
थाइमॉलफ्थेलीन	एथेनॉल	रंगहीन	नीला	9.3–10.5
एलीजरिन पीत	जल	पीला	बैंगनी	10.1–12.0

सार्वत्रिक सूचक (Universal Indicator)–
कई सामान्य सूचक को मिश्रित करके एक ऐसा सूचक बनाया जा सकता है जो बड़े pH अन्तराल के मध्य रंग परिवर्तनों की श्रेणियों से गुजरता है, ऐसे सूचक को सार्वत्रिक सूचक कहते है। एक ऐसा सार्वत्रिक सूचक यमादा सूचक (yamada's Indicator) बाजार में उपलब्ध है। इसे प्रयोगशाला में निम्नलिखित को मिलाकर बनाया जाता है।
(1) 5.0 मि. ग्राम (0.005 ग्राम) थाइमॉल ब्लू
(2) 12.5 मि. ग्राम (0.0125) मेथिल रेड
(3) 100 मि. ग्राम फिनॉलफ्थेलीन
(4) 50 मि. ग्राम (0.050 ग्राम) ब्रोमोफिनॉल ब्लू इन सभी सूचकें को 100 समी^{3} एथेनॉल में घोलकर विलयन बनाते हैं तथाइसमें 0.05M NaOH विलयन के बूंद–बूंद करके तब तक मिलाते है जब तक कि विलयन हरा न हो जाये। तत्पश्चात् आसुत जल मिलाकर विलयन को 200 सेमी^{3} तक तनु कर लेते है। इस सूचक को विभिन्न pH मान पर रंग निम्न होता है –

pH	4	5	6	7	8	9	10
रंग	लाल	नारंगी	पीला	हरा	नीला	नील	बैंगनी

सार्वत्रिक सूचक बाजार में विलयन तथा परीक्षण पत्र (pH पेपर) के रूप में उपलब्ध है। pH पेपर बनाने के लिए कागज के एक पतली पट्टी(Strip) को विभिन्न सूचक विलयनों में डुबोया जाता है तथा अंत में सुखा लिया जाता है यह छोटी–छोटी पुस्तिका के रूप में उपलब्ध है तथा इसके पैकेट पर विभिन्न pH पर इसके रंग का चार्ट लगा रहता है सार्वत्रिक सूचक विलयन या pH पेपर से विलयन का लगभग pH मान ज्ञात किया जा सकता है।

pH मान ज्ञात करने की विधि :– किसी विलयन का लगभग pH मान pH पेपर या सार्वत्रिक सूचक की सहायता से निम्न प्रकार से ज्ञात किया जा सकता है –
(अ) pH पेपर से pH का मान ज्ञात करने के लिए विलयन की 2–3 बूंद pH पेपर पर काँच की नली या ड्रापर से डालते है तथा पेपर पर उत्पन्न रंग की तुलना दिये गये मानक रंग तालिका के रंग की छाया (Shade) से करके pH मान ज्ञात कर लेते है।
(ब) सार्वत्रिक सूचक से pH का मान ज्ञात करने के लिए एक साफ एवं शुष्क परखनली में दिये गये विलयन की लगभग 5 सेमी^{3} लेकर इसमें ड्रापर की सहायता से सार्वत्रिक सूचक की 2–3 बूंद डालते है।विलयन में उत्पन्न रंग की तुलना सार्वत्रिक सूचक बोतल पर दिये विभिन्न रंगों की छाया पट्टी से करके pH मान ज्ञात कर लेते है। निम्न प्रयोगों के द्वारा इसकी पूरी प्रक्रिया समझाई गई है –

प्रयोग 1 :– दिये गये निम्नलिखित नमूनों का लगभग pH मान pH पेपर की सहायता से ज्ञात करना।
नींबू का रस, टमाटर का रस, सेव का रस, और सन्तरे का रस

उपकरण – pH पेपर, ड्रॉपर, स्वच्छ टाईल।

रसायन – दिये गये नमूना विलयन।
विधि :– 1. pH पेपर के चार (प्रत्येक नमूना के लिए एक–एक) छोटे–छोटे टुकड़े एक चिकने एवं साफ टाईल पर अलग–अलग रखो तथा उनका 1–4 तक अंकन करो।
2. ड्रॉपर की सहायता से प्रत्येक नमूना विलयन की एक–दो बूँद अलग–अलग टुकड़े पर डालो।
3. पेपर पर उत्पन्न रंग का सावधानी से निरीक्षण करो तथा इसकी तुलना मानक रंग–तालिका के रंगों से करो।
4. रंग–तालिका के उस रंग की छाया (Shade) के pH मान सारणी में लिखो जो pH पेपर के रंग से अधिकतम समानता दर्शाता है। यही नमूने का pH मान होगा।

प्रेक्षण एवं परिणाम

क्र.सं.	विलयन	pH पेपर पर उत्पन्न रंग	लगभग pH मान
1.	नींबू का रस		
2.	टमाटर का रस		
3.	सेव का रस		
4.	सन्तरे का रस		

सावधानियाँ :–

1. प्रत्येक नमूना के लिए अलग–अलग ड्रॉपर का प्रयोग करना चाहिए।
2. सूचक विलयन या pH पेपर के साथ आये रंग–तालिका के रंग के साथ मिलान करके pH मान लिखना चाहिए।
3. pH पेपर को ठीक से बन्द करके रखना चाहिए।

कुछ नमूनों के pH मान सारणी 2.2 में दिये गये है।

सारणी 2.2 – कुछ नमूनों के pH मान

पदार्थ	pH अन्तराल	पदार्थ	pH अन्तराल
नींबू का रस	2.2 – 2.4	मानव मूत्र	5.5 – 7.0
सेव का रस	3.0 – 4.0	शुद्ध जल	7.0
संतरे का रस	3.0 – 4.0	समुद्री जल	8.4 – 8.6
टमाटर का रस	4.0 – 4.4	मिल्क ऑफ मेग्नेशिया	10.4 – 10.6

प्रयोग 2 – सार्वत्रिक सूचक का प्रयोग करके प्रबल क्षार के सापेक्ष प्रबल अम्ल के अनुमापन में pH परिवर्तन का अध्ययन करना।

उपकरण – 400 mL का एक बीकर, 50 mL का ब्यूरेट, 20 mL का पिपेट, सार्वत्रिक सूचक विलयन या सार्वत्रिक सूचक पुस्तिका, कॉंच की छड़, 0.1M HCl और 0.1 M $NaOH$ विलयन।

विधि :–

(i) 400 mL के बीकर में 0.1M सोडियम हाइड्राक्साइड विलयन ब्यूरेट के 10 mL लीजिए।
(ii) इसमें क्रमबद्ध रूप मे 0.1M HClका 0.5 mL विलयन ब्यूरेट से मिलाइए।
(iii) प्रत्येक बार मिलाने के बाद बीकर की अर्न्तवस्तु को कॉंच के छड़ की सहायता से हिलाइए और विलयन के रंग में हुए परिवर्तन को ध्यान से देखते है प्रेक्षित रंगों का सूचक विलयन के साथ दिये गये मानक रंग चार्ट में प्रदर्शित विभिन्न रंग शेडो से मिलान करके विलयन के रंग से रंग चार्ट का जो रंग सर्वाधिक मिलता है उस्का pH मान नोट करते है।
(iv) इस प्रक्रिया को 0.1 M HCl के 10 mL मिलाने तक दोहराइए।
(v) सोडियम हाइड्रॉक्साइड की दी गयी मात्रा में प्रत्येक बार 0.5 mL 0.1MHCl के मिलाने के बाद pH को दर्ज कीजिए।

क्रम संख्या	HCl का आयतन(mLमें)	pH का मान	क्रम संख्या	HCl का आयतन(mL में)	pH का मान
1	0.0		11	5.0	
2	0.5		12	5.5	
3	1.0		13	6.0	
4	1.5		14	6.5	
5	2.0		15	7.0	
6	2.5		16	7.5	
7	3.0		17	8.0	
8	3.5		18	8.5	
9	4.0		19	9.0	
10	4.5		20	9.5	

परिणाम : अनुमापन के दौरान क्षारक में अम्ल मिलाने पर pH मान घटता है जबकि अनुमापन के दौरान अम्ल में क्षारक मिलाने पर pH मान बढ़ता है।

प्रयोग 3 :– ऐसीटिक अम्ल में समआयन (ऐसीटेट आयन) मिलाने पर उसकी pH में होने वाले परिवर्तन का अध्ययन करना।

उपकरण :– परखनलियाँ, परखनली स्टैण्ड, काँच की छड़ आदि।

रसायन :– ऐसीटिक अम्ल, सोडियम ऐसीटेट, सार्वत्रिक सूचक पत्र।

विधि :– 1. परखनली में लगभग 1mL ऐसीटिक अम्ल लेते है। इसमें लगभग 20mL आसुत जल मिलाते है। इसे अच्छी तरह से हिलाते है।

2. इस विलयन की एक बूँद सार्वत्रिक सूचक पत्र पर डालते है। इस पर उत्पन्न होने वाले रंग का सूचक चार्ट के रंग से तुलना करते है एवं pH को नोट कर लेते है।

3. अब इस विलयन में लगभग 1g चूर्णित सोडियम ऐसीटेट मिलाते है। एवं इसे अच्छी तरह से हिलाकर विलेय कर लेते है। इस विलयन की एक बूँद सार्वत्रिक सूचक पत्र पर डालते है। इस पर उत्पन्न होने वाले रंग का सूचक चार्ट के रंग से मिलान करते है एवं इस pH को नोट कर लेते है।

4. तीसरे पद के विलयन में 1g और चूर्णित सोडियम ऐसीटेट मिलाते है एवं इसे अच्छी तरह हिलाकर विलेय कर लेते है। अब पुनः सार्वत्रिक सूचक पत्र पर उपयोग करते हुए pH नोट कर लेते है।

क्र.सं.	परीक्षण विलयन	रंग	लगभग pH
1.	ऐसीटिक अम्ल विलयन		
2.	ऐसीटिक अम्ल विलयन + 1g सोडियम ऐसीटेट		
3.	ऐसीटिक अम्ल विलयन + 2g सोडियम ऐसीटेट		

परिणाम :– एक दुर्बल अम्ल (ऐसीटिक अम्ल विलयन) में समआयन (ऐसीटेट आयन) मिलाने पर विलयन की pH बढ़ जाती है।

प्रयोग 4 :– अमोनियम हाइड्रॉक्साइड विलयन में समआयन (अमोनियम आयन) पर उसकी pH में होने वाले परिवर्तन का अध्ययन करना।

उपकरण :– परखनलियाँ, काँच की छड़ आदि।

रसायन :– अमोनियम हाइड्रॉक्साइड विलयन, ठोस अमोनियम क्लोराइड, सार्वत्रिक सूचक पत्र।

विधि :–

1. एक परखनली में लगभग 10mL अमोनियम हाइड्रॉक्साइड विलयन लेते है।
2. इस विलयन की एक बूँद सार्वत्रिक सूचक पत्र पर डालते है। इस पर उत्पन्न होने वाले रंग की तुलना सूचक चार्ट से करते है एवं pH नोट कर लेते है।
3. अब परखनली में उपस्थित इस विलयन में लगभग 2g अमोनियम क्लोराइड मिलाते है। इसे अच्छी तरह हिलाकर विलेय कर लेते है। अब इस विलयन की एक बूँद को सार्वत्रिक सूचक पत्र पर डालते है। इस पर उत्पन्न होने

वाले रंग की तुलना सूचक चार्ट से करते हैं एवं इस pH को नोट कर लेते है।

4. तीसरे पद से प्राप्त विलयन में 2g और अमोनियम क्लोराइड मिलाते है एवं इस विलयन की pH सार्वत्रिक सूचक पत्र द्वारा पुनः ज्ञात कर लेते है।

प्रेक्षण :–

क्र.सं.	परीक्षण विलयन	रंग	लगभग pH
1.	अमोनियम हाइड्रॉक्साइड विलयन		
2.	अमोनियम हाइड्रॉक्साइड विलयन + 2g NH_4Cl		
3.	अमोनियम हाइड्रॉक्साइड विलयन + 4g NH_4Cl		

परिणाम – एक दुर्बल अम्ल (अमोनियम हाइड्रॉक्साड) में समआयन (अमोनियम आयन) मिलाने पर विलयन की pH घटती है।

मात्रात्मक विश्लेषण (Quantitative Analysis)

मात्रात्मक रासायनिक विश्लेषण जब किसी पदार्थ अथवा विलयन में उपस्थित किसी विशिष्ट अवयव की मात्रा रासायनिक विधियों द्वारा ज्ञात की जाती है, तो इस क्रिया को 'मात्रात्मक रासायनिक विश्लेषण' अथवा संक्षेप में केवल 'मात्रात्मक विश्लेषण' कहते है। जैसे एक दिये हुए फेरस अमोनियम सल्फेट के विलयन में फेरस अमोनियम सल्फेट की सान्द्रता ज्ञात करना, इत्यादि।

मात्रात्मक विश्लेषण की एक सरल और उत्तम विधि आयतनात्मक विश्लेषण है। इसमें अभिकारी विलयनों के परिणामों को उनके आयतनों के मापन द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। इसलिये इसे आयतनात्मक विश्लेषण कहते हैं। आयतनमितीय विश्लेषण में उस पदार्थ के विलयन को लिखा जाता है, जिसकी सान्द्रता ज्ञात करनी होती है। इस विलयन के किसी निश्चित आयतन की अभिक्रिया एक अन्य विलयन से कराते हैं जिसकी सान्द्रता ज्ञात हो।

रासायनिक अभिक्रिया के पूर्ण हो जाने पर इस विलयन के आयतन का मापन कर लेते हैं। रासायनिक अभिक्रिया की पूर्णता (अन्तिम बिन्दू) की सूचना किसी निश्चित परिवर्तन जैसे रंग उत्पन्न होना, अथवा अवक्षेप का बनना, आदि के द्वारा होती है।

1. विलयन (Solution)

किसी पदार्थ के जल अथवा अन्य द्रव में बने समांगी मिश्रण को विलयन कहते हैं।

2. सान्द्रता (Concentration)

किसी विलयन के एक लीटर में विलेय पदार्थों की ग्राम में तोली गई मात्रा उस विलयन की सान्द्रता कहलाती है। उदाहरण– कॉस्टिक सोडा के 1 लीटर विलयन में 2 ग्राम पदार्थ विलेय है तो इसे विलयन की सान्द्रता 2 ग्राम प्रति लीटर होगी। सान्द्रता को ग्राम/लीटर के अतिरिक्त नार्मलता व मोलरता द्वारा भी दर्शाया जा सकता है।

3. नार्मलता (Normality)

किसी विलयन के 1 लीटर में विलेय पदार्थ की ग्राम तुल्यांकी मात्रा उस विलयन की नार्मलता कहलाती है।

अथवा

विलयन की सान्द्रता और विलेय पदार्थ के ग्राम तुल्यांक भार के अनुपात को उस विलयन की नार्मलता कहते हैं। इसे N द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। यह एक संख्या है। इसकी कोई इकाई नहीं होती।

$$\text{नार्मलता} = \frac{\text{सान्द्रता}}{\text{तुल्यांक भार}}$$

उदाहरण : कॉस्टिक सोडा में विलयन की सान्द्रता 4 ग्राम/लीटर है और उस्का तुल्यांक भार 40 है तो विलयन की नार्मलता ज्ञात कीजिए।

$$= \frac{4}{40} = \frac{1}{10} = \frac{N}{10} \text{ होगी।}$$

उदाहरण : 2N कास्टिक सोडा के विलयन में विलेय पदार्थ की मात्रा 2×40 अर्थात् 80 ग्राम प्रतिलीटर होगी।

4. मोलरता अथवा ग्राम अणुकता (Molarity)

किसी विलयन के एक लीटर में विलेय पदार्थ के ग्राम अणुभार को उस विलयन की ग्राम अणुकता अथवा मोलरता कहते हैं। जैसे कास्टिक सोडा के एक लीटर विलयन में 20 ग्राम पदार्थ विलेय है। अतः इसकी मोलरता 0.5 M से प्रदर्शित करते हैं।

5. प्रतिशतता (Percentage)

किसी विलयन के 100 भार में उपस्थित पदार्थ की ग्राम में मात्रा विलयन की प्रतिशतता कहलाती है।

उदाहरण : 10 प्रतिशत NaOH का तात्पर्य है कि 100 ग्राम कॉस्टिक सोडा के विलयन में 10 ग्राम पदार्थ विलेय है।

6. ग्राम अणु भार (Gram molecular weight)

जब किसी पदार्थ के अणुभार को ग्रामों में व्यक्त किया जाता है, तब उसे एक ग्राम अणुभार या एक ग्राम अणु या एक मोल कहते हैं।

7. प्रामाणिक विलयन अथवा मानक विलयन (Standard Solution)

ज्ञात सान्द्रता वाले विलयन को (ऐसे विलयन को जिसके ज्ञात आयतन में विलेय पदार्थ की मात्रा ज्ञात हो) – प्रामाणिक विलयन अथवा मानक विलयन कहते हैं।

प्रामाणिक विलयन की सान्द्रता को ग्राम प्रतिलीटर अथवा नार्मलता में व्यक्त किया जाता है।

8. नार्मल विलयन (Normal Solution)

वह विलयन जिसके एक लीटर में एक ग्राम तुल्यांकी भार पदार्थ विलेय हो, नार्मल विलयन कहलाता है।
उदाहरण – सोडियम कार्बोनेट के 1 नार्मल विलयन में 1 लीटर में 53 ग्राम पदार्थ विलेय होगा (Na_2CO_3 का तुल्यांकी भार 53)।

9. अम्ल (Acid)

वे पदार्थ जो जल में विलेय होकर केवल हाइड्रोजन के धनायन (H^+) देते हैं, अम्ल कहलाते हैं।
उदाहरण– $HCl = H^+ + Cl^-$

$H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^-$

10. अम्लों की प्रबलता (Strength of acid)

वह अम्ल जो जितने अधिक H^+ देता है वह उतना ही प्रबल होता है। समान सान्द्रता वाले अम्लों का आयनन भिन्न भिन्न होता है, अतः उसकी प्रबलता भी भिन्न–भिन्न होगी।

जैसे $\frac{N}{10}$ HCl में आयनन की मात्रा 92 प्रतिशत, जबकि ऐसीटिक अम्ल की केवल 1.3 प्रतिशत है। अतः ऐसीटिक अम्ल से हाइड्रोक्लोरिक अम्ल अधिक प्रबल अम्ल है।

11. अम्लों की भास्मिकता (Basicity of Acids)

किसी अम्ल की भास्मिकता का अर्थ, उस्की क्षारक से अभिक्रिया करने की शक्ति से होता है। यह अम्ल में उपस्थित विस्थापनीय हाइड्रोजन के परमाणुओं की संख्या को उस अम्ल की भास्मिकता कहते हैं।
HCl, HNO_3, CH_3COOH एक भास्मिक अम्ल, H_2SO द्वि–भास्मिक अम्ल और H_3PO_4 त्रि–भास्मिक अम्ल है।

12. क्षारक (Bases)

वे पदार्थ (भस्म) जो जल में विलेय होकर केवल (OH^-) का ऋणायन दें क्षारक कहलाते हैं।
जैसे $NaOH = Na^+ + OH^-$

$NH_4OH = NH_4^+ + OH^-$

13. क्षारक की प्रबलता (Strength of base)

जो क्षारक जितने अधिक OH^- देता है वह उतना ही प्रबल होता है। समान तनुता के क्षारक का आयनन भिन्न–भिन्न होता है अतएवं उनकी प्रबलता भी भिन्न–भिन्न होगी।

जैसे समान $\left(\frac{N}{10}\right)$ तनुता में NaOH के आयनन की मात्रा लगभग 84 प्रतिशत है जबकि NH_4OH के आयनन की मात्रा 1.3 है।
कुछ क्षारकों की प्रबलताएँ निम्नलिखित है–

$KOH > NaOH > NH_4OH > Ba(OH)_2$

14. क्षारक की अम्लीयता (Acidity of Bases)

किसी क्षारक के अणु में उपस्थित हाइड्रॉक्सिल मूलकों (OH^-) की संख्या को उस क्षारक की अम्लीयता कहते हैं। जैसे NH_4OH, NaOH एक अम्लीय क्षारक एवं $Ba(OH)_2$ द्वि–अम्लीय क्षारक है।

तुल्यांकी भार (Equivalent weight) :– किसी तत्त्व का तुल्यांकी भार, वह भार (संख्या) है जो 1.008 भार हाइड्रोजन या 8 भार ऑक्सीजन या 35.5 भार क्लोरीन से संयुक्त होता है अथवा उनके यौगिकों में से इसे विस्थापित करता है।

15. ग्राम तुल्यांकी भार (Gram equivalent weight)

जब पदार्थ के तुल्यांकी भार को ग्रामों में व्यक्त किया जाता है तब उसे ग्राम तुल्यांकी भार कहते हैं।

उदाहरण – H_2SO_4 का तुल्यांकी भार 49 हैं। अतः इसका 1 ग्राम तुल्यांकी भार का अर्थ 49 ग्राम H_2SO_4 तथा 0. 1 ग्राम तुल्यांकी भार का तात्पर्य 4.9 ग्राम H_2SO_4

16. अम्ल का तुल्यांकी भार– अम्ल का तुल्यांकी भार वह भार है जिसमें भार के अनुसार एक भाग विस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणु होता है। अम्ल का तुल्यांकी भार कहलाता है। जैसे HCl के 1 अणु में (ग्राम अणुभार 36.5) एक विस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणु है इसलिए HCl का तुल्यांकी भार 36.5 हुआ। इसी प्रकार H_2SO_4 के एक अणु (अणु पर 98) में दो विस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणु हैं, इसलिए H_2SO_4 का तुल्यांकी भार $49 = \left(\frac{98}{2}\right)$ हुआ।

अम्ल का तुल्यांकी भार = अम्ल का अणुभार / अम्ल की क्षारकता (Basicity)

17. क्षारक का तुल्यांकी भार

क्षारक का वह भार है जिसमें एक भाग विस्थापनीय OH^- मूलक उपस्थित रहता है, अथवा भार भागों की वह संख्या है जो किसी अम्ल के एक तुल्यांकी भार को पूर्ण रूप से उदासीन कर देता है। जैसे निम्नलिखित अभिक्रिया के अनुसार 36.5 ग्राम HCl (1 ग्राम तुल्यांकी भार) 40 ग्राम NaOH की पूर्णतया उदासीन कर देता है। इसलिए NaOH का तुल्यांकी भार 40 हुआ।

$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$$

क्षारक का तुल्यांकी भार = क्षारक का अणुभार / क्षारक की अम्लीयता (Acidity)

18. लवण का तुल्यांकी भार : लवण का तुल्यांकी भार उसमें उपस्थित मूलकों के तुल्यांकी भारों के योग के बराबर होता है। साधारणतः किसी अम्ल, क्षारक का लवण का तुल्यांकी भार उस्के अणुभार को इसमें उपस्थित कुल धन या कुल ऋण संयोजकता से भाग देने पर भी ज्ञात हो जाता है।

$Na_2^+CO_3^{-2}$ का तुल्यांकी भार 23 + 60 / 2 = 53 या 106 / 2 = 53

इसी प्रकार HCl का तुल्यांकी भार = 36.5 / 1 = 36.5

मानक विलयन तैयार करना (Preparation of Standard Solution)

मुख्य मानक पदार्थ (Principle Standard Compound) – कुछ पदार्थ शुद्ध अवस्था में प्राप्त होते हैं। ये पदार्थ वायुमण्डल के घटकों (O_2, CO_2, H_2O) आदि से कोई रासायनिक अभिक्रिया नहीं करते। ऐसे पदार्थ मुख्य मानक पदार्थ कहलाते हैं। जैसे– ऑक्सेलिक अम्ल, सोडियम कार्बोनेट।

मुख्य मानक पदार्थों के गुण

1. पदार्थ शत प्रतिशत शुद्ध होना चाहिए।
2. पदार्थ के वायु एवं प्रकाश के सम्पर्क से प्रभावित नहीं होना चाहिए।
3. पदार्थ वायु में भाप देने वाला नहीं होना चाहिए।
4. पदार्थ जल निष्कासित करने वाला और उत्फुल्ल नहीं होना चाहिए अन्यथा पदार्थ के भार में अन्तर आ जाएगा।
5. आसुत जल में पदार्थ विलेय होना चाहिए।

निम्नलिखित पदार्थों के मानक विलयन नहीं बनाए जाते हैं–

अम्ल – HCl, HNO_3, H_2SO_4 आदि क्योंकि इनकी वाष्प निकलती है।

क्षार– NaOH क्योंकि यह वायु की नमी और CO_2 को शोषित करता है।

लवण– $KMnO_4$ क्योंकि यह वायु और प्रकाश में अपघटित हो जाता है। $FeSO_4$ क्योंकि यह वायु से फैरिक सल्फेट में ऑक्सीकृत हो जाता है।

द्वितीयक (गौण) मानक पदार्थ

कुछ पदार्थ ऐसे होते हैं जिनको शुद्ध अवस्था में सरलता से प्राप्त नहीं किया जा सकता है जैसे $KMnO_4$, H_2SO_4 तथा NaOH आदि, ऐसे पदार्थों को द्वितीयक मानक पदार्थ (Secondary Standard Substance) कहते हैं। ऐसे पदार्थों का मानक विलयन सरलता से नहीं बनाया जा सकता है। ऐसी परिस्थिति में पदार्थ का एक ऐसा विलयन बनाते हैं जिनकी सान्द्रता आवश्यक विलयन के अति निकट होती है। इस विलयन की सान्द्रता ज्ञात करने के लिए इसका अनुमापन (Titration) किसी उचित पदार्थ के मानक विलयन के साथ करते हैं।

उदाहरणार्थ : NaOH का मानक विलयन बनाने के लिए पहले इसका लगभग सान्द्रता का विलयन बनाते है और फिर इसकी सान्द्रता ज्ञात करने के लिए इसका अनुमापन ऑक्सेलिक अम्ल के मानक विलयन के साथ करते हैं। NaOH के विलयन में आवश्यक जल मिलाकर विभिन्न सान्द्रता के अन्य मानक विलयन भी बनाये जा सकते है।

मानक विलयन बनाने के लिए पदार्थ के आवश्यक भार की गणना

प्रयोगशाला में मानक विलयन प्रायः 250 मिली बनाया जाता है। इसके लिए 250 mL के मापक फ्लास्क का उपयोग किया जाता है। आवश्यक भार की गणना निम्नलिखित सूत्र से की जा सकती है।

$$W = \frac{E \times N \times V}{1000} \text{ ग्राम}$$

जहाँ W = विलेय किये जाने वाले पदार्थ की मात्रा

E = पदार्थ का तुल्यांकी भार, N = नार्मलता, V = आवश्यक आयतन

उक्त सूत्र द्वारा किसी भी पदार्थ का मानक विलयन का इच्छित आयतन बनाने के लिए पदार्थ के आवश्यक भार की गणना की जा सकती है।

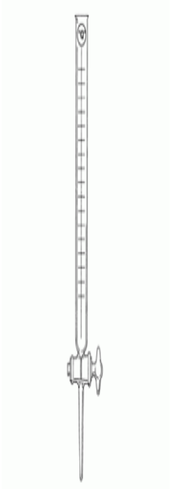
उदाहरण : ऑक्सेलिक अम्ल का 250 mL. N/10 विलयन बनाने के लिए अम्ल का आवश्यक भार ज्ञात करो (अम्ल का तुल्यांकी भार = 63)

$$\text{पदार्थ की मात्रा} = \frac{\text{तुल्यांकी भार} \times \text{नार्मलता} \times \text{आयतन}}{1000 \text{ ग्राम}}$$

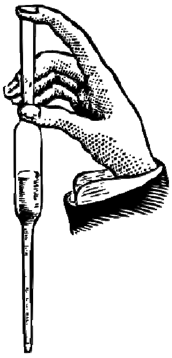
$$= \frac{63 \times 1 \times 250}{10 \times 1000} = 1.575 \text{ ग्राम}$$

अनुमापन में प्रयुक्त किये जाने वाले उपकरण :–

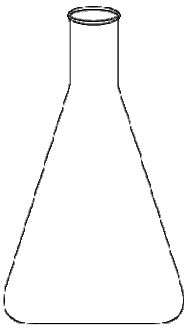
(1) **ब्यूरेट (Burette)** यह कठोर कांच की बनी अंशाकित बेलनाकार नली होती है जिसका निचला सिरा नुकीला होता है जिसमें कांच की टोंटी लगी रहती है। इसे ग्लास स्टॉपर ब्यूरेट कहते है। दूसरे प्रकार के ब्यूरेट पिन्च क्लिप वाले होते है। जिनमें नुकीले सिरे पर रबड़ की नली लगा कर उस पिंच क्लिप लगा देते है। दोनों प्रकार के ब्यूरेट को में चित्र 3.1 में दर्शाया गया है। कांच की नली अंशाकित रहती है। सामान्यतः उपयोग किये जाने वालें ब्यूरेट में ऊपर से नीचे की ओर शून्य (0) से पचास (50) तक बड़े भाग होते है। प्रत्येक बड़ा भाग फिर दस (10) बराबर भागों में विभाजित रहता है। एक छोटे भाग का आयतन 0.1 सेमी^{3} होता है। यह ब्यूरेट का अल्पत्मांक कहलाता है।



चित्र 3.1 ब्यूरेट



चित्र 3.2 पिपेट



चित्र 3.3 शंक्वाकार फ्लास्क

चित्र 3.4 आयतनी फ्लास्क

(2) पिपेट (Pipette) चित्र 3.2 – कांच के इस उपकरण के मध्य में बल्ब होता है। बल्ब के नीचे की नली का सिरा पतला होता है तथा ऊपरी सिरे को घिसकर समतल बना दिया जाता है। इसके ऊपरी सिरे को घिसकर समतल बना दिया जाता है। इसके ऊपरी सिरे की ओर एक वृत्ताकार चिन्ह होता है। पिपेट का उपयोग करते समय द्रव को इस चिन्ह तक ही भरा जाता है।

(3) शंक्वाकार फ्लास्क (Conical Flask) चित्र 3.3 यह कांच का बना शंकु के आकार का फ्लास्क होता है। इसका निचला भाग चपटा व ऊपर का भाग लम्बा होता है। इसमें अनुमापन करते है इसलिये इसे अनुमापन फ्लास्क भी कहते है।

(4) आयतनी फ्लास्क (Volumetric Flask) यह चपटे पेंदे वाला कांच का फ्लास्क होता इसका उपयोग किसी पदार्थ का मानक विलयन बनाने के लिए किया जाता है (चित्र 3.4)।

3.1 अम्ल–क्षार अनुमापन (Acid Base Titration)

इस अनुमापन के अभिकारक विलयन अम्ल और क्षार होते हैं। अम्ल और क्षार परस्पर क्रिया कर एक दूसरे को उदासीन करते हैं। इस अनुमापन को उदासीनीकरण अनुमापन भी कहते हैं।

अम्लमिति –जब ज्ञात सान्द्रता वाले क्षार के द्वारा अम्ल की सान्द्रता ज्ञात की जाती है, उसे अम्लमिति कहते हैं।
क्षारमिति –जब ज्ञात सान्द्रता वाले अम्ल के द्वारा क्षार की सान्द्रता ज्ञात की जाती है, तो उसे क्षारमिति कहते हैं।

सूचक (Indicators)

वे रासायनिक पदार्थ, जो अनुमापन में रंग परिवर्तन द्वारा अभिक्रिया के अन्तिम बिन्दु की सूचना देते हैं, सूचक कहलाते हैं। अनुमापन के प्रयोग की सफलता अभिकारी विलयनों की समतुल्य मात्रा के सही–सही मापन पर निर्भर रहती है। इसके लिए सही अन्तिम बिन्दु का प्राप्त होना आवश्यक है। सूचक द्वारा ही अभिक्रिया के अन्तिम बिन्दु की जानकारी प्राप्त होती है। सूचक अपनी उपस्थिति से रासायनिक अभिक्रिया के पूर्ण होने की सूचना रंग परिवर्तन द्वारा देता है। यह अभिक्रिया के पूर्ण होने की भौतिक–रासायनिक अवस्था को सूचित करता है तथा स्वयं अभिकारी विलयनों की सान्द्रता में कोई परिवर्तन नहीं करता। वे सूचक जिन्हें अनुमापन के समय, अनुमापक फ्लास्क में लिये गये अभिकारी विलयन में मिलाया जाता है और ब्यूरेट द्वारा दूसरा विलयन मिलाने पर अभिक्रिया के अन्तिम बिन्दु पर रंग परिवर्तन करते हैं, आंतरिक सूचक कहलाते हैं। अधिक प्रयुक्त होने वाले इस प्रकार सूचकों में मेथिल ओरेंज और फिनोलफ्थेलीन मुख्य है। ये अम्ल क्षार अनुमापन में प्रयुक्त होते हैं।

मेथिल ऑरेन्ज

यह एक नारंगी रंग का दुर्बल क्षारक है, जिसे MeOH सूत्र द्वारा दर्शाया जा सकता है। जल में यह निम्न प्रकार से अपघटित होता है।

$$MeOH \rightleftharpoons Me^{+} + OH^{-}$$

अणु (नारंगी) गुलाबी रंगहीन

क्षारीय माध्यम में OH^- आयनों का अधिकता के कारण साम्य व्युत्क्रम दिशा में (←) स्थापित हो जाता है और मेथिल ऑरेन्ज अवियोजित अवस्था में रहता है। इसलिए क्षारीय विलयन में मेथिल ऑरेन्ज कोई रंग परिवर्तित नहीं करता फलतः विलयन का रंग पीला (MeOH) (मेथिल ऑरेन्ज के रंगीन अणु के कारण) रहता है।

अम्लीय माध्यम में मेथिल ऑरेन्ज के OH^- आयन अम्ल के H^+ आयन से मिलकर जल के अणु बना लेते हैं तथा क्रिया अग्रिम दिशा में होने लगती है। इस कारण विलयन में Me^+ आयनों की मात्रा बढ़ जाती है और विलयन का रंग गुलाबी हो जाता है (pH 3.1 से 4.5 के मध्य)।

फिनोलफ्थेलीन (Phenolphthalein)

फिनोलफ्थेलीन एक दुर्बल कार्बनिक अम्ल है। इसके सूत्र को Hph द्वारा व्यक्त किया जा सकता है। यह निम्न प्रकार से आयनित होता है।

$$Hph = H^{+} + Ph^{-}$$

रंगहीन गुलाबी

क्षारीय विलयन में फिनोलफ्थेलीन के H^+ आयन, क्षार के OH^- आयन से मिलकर जल अणु बना लेते हैं। इस कारण विलयन में Ph^- आयनों की सान्द्रता बढ़ जाती है और इसलिए विलयन (Ph^- के आयनों के गुलाबी रंग के कारण) गुलाबी रंग का हो जाता है।(pH 8.3 से 10 के मध्य)

अम्लीय विलयन में (Hph) अणु का आयनन प्रभावित होता है। अतः विलयन में Ph^- के रंगीन आयन लगभग नहीं रहते हैं। इस कारण अम्लीय विलयन में फिनोलफ्थेलीन कोई रंग नहीं देता।

सूचक का चुनाव (Selection of Indicator)

अम्ल क्षार अनुमापन में सूचक का चुनाव अभिकारी विलयन में उपस्थित हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता पर निर्भर रहता है। इस प्रकार के अनुमापन में अम्ल और क्षार में से कोई एक विलयन अवश्य प्रबल होना चाहिए क्योंकि दोनों विलयनों के दुर्बल होने पर सामान्यतः कोई भी सूचक सही परिणाम नहीं देता।

निम्नलिखित तालिका के द्वारा अम्ल क्षार अनुमान में प्रयुक्त सूचक का चुनाव कर सकते हैं।

क्रमांक	अनुमापन में प्रयुक्त अभिकारी विलयन	अनुमापन के लिए उपयुक्त सूचक
1	प्रबल अम्ल एवं प्रबल क्षार	मेथिल ऑरेन्ज अथवा फिनोलफ्थेलीन दोनों में कोई एक
2	प्रबल अम्ल एवं दुर्बल क्षार	मेथिल ऑरेन्ज
3	दुर्बल अम्ल एवं प्रबल क्षार	फिनोलफ्थेलीन
4	दुर्बल अम्ल एवं दुर्बल क्षार	कोई भी सूचक सही परिणाम नहीं देता

अनुमापन का सिद्धान्त (Theory of Titration)

अम्ल क्षार अनुमापन का सिद्धान्त उदासीनीकरण क्रिया और तुल्यता के नियम पर आधारित है। आयनिक सिद्धान्त के अनुसार जब कोनिकल फ्लास्क में लिए गये क्षार में अम्ल मिलाया जाता है तब विलयन में क्षार के OH^- आयन अम्ल के H^+ आयन से मिलकर जल (H_2O) बनाते हैं। परन्तु प्रयोगात्मक रूप से नहीं देखा जा सकता है। वस्तुतः जब उस पूर्णरूपेण उदासीन विलयन में एक बूंद अम्ल की मात्रा और मिलाई जाती है। तब विलयन में H^+ आयन उपस्थित हो जाते हैं जिससे सूचक द्वारा विलयन का रंग परिवर्तन हो जाता है, इसी प्रकार की स्थिति कोनिकल प्लास्क में अम्ल लेने पर ब्यूरेट द्वारा क्षार मिलाने पर होती है।

तुल्यता के नियमानुसार अनुमापन में अम्ल और क्षार की अभिक्रियाएँ उनके तुल्याकी भार के अनुपात में होती है।

HCl	+	NaOH	⇌	NaCl	+	H_2O
अम्ल		क्षार		लवण		जल
(36.3)		(40)		(58.5)		(18)

उक्त समीकरण के अनुसार 36.5 भार HCl, 40 भार NaOH को पूर्णतः उदासीन करता है। अर्थात् NaOH के 1 ग्राम तुल्यांकी भार को उदासीन करने के लिए HCl के 1 ग्राम तुल्यांकी भार की आवश्यकता होगी। यदि दोनों पदार्थों की अभिक्रिया में नार्मल विलयन प्रयुक्त हो तो अभिक्रिया के अन्तिम बिन्दु (उदासीन बिन्दु) के लिए प्रत्येक विलयन के एक लीटर अथवा अन्य कोई भी समान आयतन की आवश्यकता होगी।

36.5 ग्राम HCl = 40 ग्राम NaOH

1000 mL N.HCl = 1000 mL NaOH

V.mL.N.HCl = VmL N.NaOH

अतः इस नियम के अनुसार अभिक्रिया करने वाले पदार्थों की भौतिक अवस्था चाहे जो हो, परन्तु पूर्ण अभिक्रिया के लिए पदार्थों की आवश्यक मात्राएँ यदि ग्राम तुल्य में प्रदर्शित की जावें तो समान होगी। इस आधार पर अनुमापन क्रिया की गणना निम्नानुसार की जाती हैं–

मान लो N_1 नार्मलता वाले विलयन (A) के V_1 मि.ली. से पूर्ण क्रिया करने के लिए N_2 नार्मलता वाले विलयन (B) के V_2 मि.ली. की आवश्यकता होती है।

अतः विलयन (A) के लिए

1000 mL = N_1 ग्राम तुल्य

$$V_1\ ml = \frac{N_1V_1}{1000} \text{ ग्राम तुल्य}$$

अतः अनुमापन में विलयन (A) में $N_1V_1/1000$ ग्राम तुल्य पदार्थ प्रयुक्त हुआ।

विलयन (B) में N_2V_2 /1000 ग्राम तुल्य पदार्थ प्रयुक्त हुआ।
(क्योंकि नार्मलता N_2 और प्रयुक्त आयतन = V_2 mL है।
तुल्यता सिद्धान्त के अनुसार अभिकारी पदार्थों की ग्राम तुल्य मात्राएं समान होना चाहिए।

$$N_1V_1/1000 = N_2V_2/1000$$

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

विलयन A की नार्मलता × विलयन A का आयतन = विलयन B की नार्मलता × विलयन B का आयतन।

सारणी : अम्ल क्षारक अनुमापन में प्रयुक्त कुछ प्रमुख यौगिकों के तुल्यांकी भार

यौगिकों के नाम	अणुभार	भास्मिकता	अम्लीयता	तुल्यांकी भार
हाइड्रोक्लोरीक अम्ल (HCl)	36.5	1		36.5
नाइट्रिक अम्ल (HNO_3)	63	1		63
सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4)	98	2		49
ऐसीटिक अम्ल (CH_3COOH)	60	1		60
ऑक्सेलिक अम्ल ($H_2C_2O_4.2H_2O$)	126	2		63
पोटेशियम हाइड्रॉक्साइड (KOH)	56		1	56
सोडियम हाइड्रॉक्साइड (NaOH)	40		1	40
बेरियम हाइड्रॉक्साइड ($Ba(OH)_2.2H_2O$)	126		2	63
अमोनियम हाइड्रॉक्साइड (NH_4OH)	35		1	35
सोडियम कार्बोनेट (Na_2CO_3)	106		2	53

नोट : निम्नलिखित सभी प्रयोगो की प्रेक्षण सारिणियों में काल्पनिक पाठ्यांक लेकर गणनाएँ की गई है। छात्र के द्वारा प्रयोग के दौरान प्राप्त होने वाले वास्तविक पाठ्यांको को प्रेक्षण सारिणी में लिखकर गणना करनी अपेक्षित है।

प्रयोग 1

उद्देश्य : रासायनिक तुला का प्रयोग करते हुए $\frac{N}{10}$ नॉर्मलता का क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल ($H_2C_2O_4.2H_2O$) का 250 सेमी^{3} मानक विलयन बनाते हैं। इस मानक विलयन की सहायता से अज्ञात सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की सान्द्रता (i) नॉर्मलता में और (ii) ग्राम प्रति लीटर में ज्ञात कीजिए।

आवश्यक उपकरण : रासायनिक तुला, वजन पेटी (बाट बॉक्स), वाच ग्लास, आयतनी फ्लास्क (250 सेमी^{3}), आसुत जल, धावन बोतल, ब्यूरेट, पिपेट, कॉनिकल फ्लास्क, कीप, ब्यूरेट स्टेण्ड आदि।

सिद्वान्त : क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल का सूत्र– $(COOH)_2.H_2O$

है तथा तुल्यांकी भार 63.04 है। 0.1 N सान्द्रता का क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल का 250 सेमी^{3} विलयन बनाने के लिए 1.5760 ग्राम पदार्थ की आवश्यकता होती है।

ऑक्सेलिक अम्ल का मानक विलयन का उपयोग करते हुए दिए गए सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की सान्द्रता ज्ञात की जाती है।

अभिक्रिया–

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} + 2NaOH \rightarrow \begin{array}{l} COONa \\ | \\ COONa \end{array} + 2H_2O$$

यह अनुमापन दुर्बल अम्ल तथा प्रबल क्षार के मध्य है।

सूचक – फिनोलफ्थेलीन।

विधि–मानक विलयन बनाना

सर्वप्रथम प्रयुक्त किये जाने वाले 250 सेमी^{3} के आयतनी फ्लास्क को क्रोमिक अम्ल से धोने के पश्चात् आसुत जल से धो लेते हैं तथा इस पर एक स्वच्छ कीप रख देते हैं। सिद्धान्त अनुसार 0.1 N ऑक्सेलिक अम्ल 250 सेमी^{3} आयतनी फ्लास्क में मानक विलयन बनाने के लिए 1.5760 ग्राम क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल की आवश्यकता होती है। रासायनिक तुला का प्रयोग करते हुए पहले शुद्ध एवं शुष्क वॉच ग्लास का भार तौल लेते हैं, तत्पश्चात् वॉच ग्लास में क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल को लेकर राइडर का प्रयोग करते हुए 1.5760 ग्राम उँड़ेल लेते हैं तथा वॉच ग्लास से चिपके पदार्थ को धावन बोतल (wash bottle) से 3–4 बार धो लेते हैं, जिससे सम्पूर्ण पदार्थ आयतनी फ्लास्क में चला जाता है। अब कीप को हटा लिया जाता है तथा आयतनी फ्लास्क को सावधानीपूर्वक हिलाकर पदार्थ को घोल लेते है। जब सम्पूर्ण पदार्थ धुल जाता है तो आयतनी फ्लास्क में इतना आसुत जल मिलाते हैं कि विलय का निचला अर्द्धचन्द्राकार तल फ्लास्क की गर्दन में अंकित चिन्ह तक आ जाए। इसके बाद आयतनी फ्लास्क में ढक्कन लगाकर विलयन को समांगी बनाने के लिए अच्छी तरह हिलाते हैं। इस प्रकार प्राप्त विलयन ऑक्सेलिक अम्ल का 0.1 N मानक विलयन कहलाता है।

मानक तथा अज्ञात विलयन के मध्य अनुमापन : इस प्रयोग के लिए एकल अनुमापन विधि प्रयुक्त की जाती है। चूँकि सूचक फीनोलपथेलीन है। अतः ब्यूरेट में सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन भरा जाएगा तथा पिपेट में ऑक्सेलिक अम्ल का मानक विलयन लिया जायेगा।

सर्वप्रथम ब्यूरेट, पिपेट, कोनिकल फ्लास्क को क्रोमिक अम्ल से धोकर स्वच्छ जल से तीन–चार बार अच्छी तरह से धो लेते है। फिर इन उपकरणों को आसुत जल से धो लेते है। अब ब्यूरेट को दिए गए सोडियम हाइड्रॉसाइड विलयन से प्रक्षालित कर लेते है। इसके पश्चात् ब्यूरेट को स्टैण्ड पर सावधानीपूर्वक बिल्कुल सीधा कस देते है अथवा लगा देते हैं। अब कीप लगाकर सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन भर देते है। ब्यूरेट में से वायु के बुल–बुले जो पिंच क्लिप में अथवा टोंटी में होते हैं, निकाल कर विलयन 0.0 पाठ्यांक से तनिक ऊपर तक भरकर कीप को हटा देते हैं। अब ब्यूरेट की टोंटी अथवा पिंच क्लिप को सावधानी पूर्वक खोलते हुए अतिरिक्त विलयन को इस प्रकार निकालते है कि पाठ्यांक 0.0 हो जाए। इस पाठ्यांक को प्रेक्षण सारणी में नोट कर लेते हैं।

अब स्वच्छ व शुष्क पिपेट में थोड़ा मानक ऑक्सेलिक अम्ल विलयन लेकर प्रक्षालित करते हैं तथा सावधानीपूर्वक पिपेट में ऑक्सेलिक अम्ल विलयन को मुँह से खींचते है। पिपेट में विलयन के अर्द्धचन्द्राकार के निचले तल को पिपेट के चिन्ह पर समायोजित करते हैं। पिपेट के ऊपरी सिरे को तर्जनी अंगुली से अच्छी तरह कस कर बन्द करते है जिससे कि अम्ल की एक भी बूंद नहीं निकले। अब पिपेट के विलयन को कोनिकल फ्लाक्स में खाली करते हैं। पिपेट के निचले सिरे को कोनिकल फ्लास्क की भीतरी दीवार से एक–दो बार स्पर्श करते है ताकि अन्तिम बूंद भी पिपेट से फ्लास्क में आ जाए।

कोनिकल फ्लास्क के विलयन में एक–दो बूँद फीनॉलफ्थेलीन की मिलाकर, तीन–चार बार हिलाते हैं। अब कोनिकल फ्लास्क को स्टैण्ड में लगे ब्यूरेट के नीचे रखकर धीरे–धीरे ब्यूरेट से क्षार का विलयन कोनिकल फ्लास्क में डालते हैं और फ्लास्क को हिलाते रहते है। इसके लिए चित्र के अनुसार बायें हाथ से ब्यूरेट की टोंटी खोलते हैं तथा दाहिने हाथ से फ्लास्क को पकड़ते हैं। अभिक्रिया पूर्ण होने पर, यदि एक बूँद 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 कर लेते हैं। अनुमापन की प्रक्रिया तब तक दोहराते है जब तक कि तीन सुसंगत पाठ्यांक प्राप्त न हो जाएँ।

प्रेक्षण सारणी

क्र.सं.	पिपेट द्वारा लिये गये ऑक्सेलिक अम्ल के मानक विलयन का आयतन (सेमी^{3})	ब्यूरेट का पाठ्यांक		दोनों पाठ्यांको में अन्तर या प्रयुक्त (NaOH) विलयन का आयतन (b-a) सेमी^{3}	सुसंगत आयतन (सेमी^{3})
		प्रारम्भिक पाठ्यांक (a)	अन्तिम पाठ्यांक (b)		
1	20	0	20.1	20.1	19.9
2	20	0	20.0	20.0	
3	20	0	19.9	19.9	
4	20	0	19.9	19.9	

गणना : विलयन की नॉर्मलता की गणना निम्नानुसार की जाती है–

$N_1V_1 = N_2V_2$

यहाँ N_1 = मानक ऑक्सेलिक अम्ल की नॉमर्लता = 0.1 N

V_1 = मानक ऑक्सेलिक अम्ल का आयतन = 20 cm^3

N_2 = NaOH विलयन की नॉर्मलता

V_2 = NaOH विलयन का प्रयुक्त आयतन = 19.9 cm^3

मान रखने पर

$0.1\ N \times 20 = N_2 \times 19.9$

या $N_2 = \frac{0.1N \times 20}{19.9}$

या $N_2 = \frac{N}{9.95} = 0.1005$

अज्ञात NaOH की सान्द्रता = 0.1005 × 40.0 ग्राम प्रति लीटर

= 4.0200 ग्राम प्रति लीटर

परिणाम : दिये गये सोडियम हाइड्रॉक्साइड के अज्ञात विलयन की नॉर्मलता 0.1005 N तथा सान्द्रता 4.0200 ग्राम प्रति लीटर है।

सावधानियां

1. उपकरण पूर्णतः स्वच्छ, धुले हुए तथा उपयुक्त विलयन से खँगाले हुए होने चाहिए।
2. हवा के बुलबुले हटा देने चाहिए।
3. फ्लास्क में क्षार का विलयन बूंद–बूंद करके डालना चाहिए और इस बीच फ्लास्क को लगातार हिलाते रहना चाहिए।
4. प्रयोग पूरा होने के बाद ब्यूरेट को धो लेना चाहिए।

प्रयोग 2

उद्देश्य : रासायनिक तुला का प्रयोग करते हुए 1.5756 ग्राम क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल को तोलकर 250 मिली मानक विलयन बनाइए। इस विलयन की सहायता से दिये गये अज्ञात सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की सान्द्रता ग्राम प्रति लीटर में ज्ञात कीजिए।

सूचक : फीनॉलपथेलीन

उपकरण : ब्यूरेट, पिपेट, कॉनिकल फ्लास्क, स्टेण्ड आदि।

सिद्धान्त : ऑक्सेलिक अम्ल तथा सोडियम हाइड्रॉक्साइड की अभिक्रिया उदासीनीकरण अभिक्रिया है। अभिक्रिया की पूर्णता पर एक बूंद और सोडियम हाइड्रॉक्साइड डालने पर विलयन का रंग गुलाबी हो जाता है जो अन्त बिन्दु को दर्शाता है। अभिक्रिया का समीकरण निम्नलिखित है–

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

विधि–अनुमापन

ब्यूरेट को NaOH विलयन तथा पिपेट को मानक ऑक्सेलिक अम्ल विलयन द्वारा प्रक्षालन कर लेते हैं। फिर ब्यूरेट में NaOH विलयन शून्य तक भर लेते हैं। पिपेट की सहायता से मानक ऑक्सेलिक अम्ल विलयन के 20 मिली के कोनिकल फ्लास्क में लेते हैं। इसमें एक–दो बूँद फीनॉलफ्थेलीन की डालते हैं। अब ब्यूरेट से सोडियम हाइड्रॉक्साइड का विलयन धीरे–धीरे मिलाते हैं तथा कोनिकल फ्लास्क को हिलाते रहते हैं। जैसे ही विलयन का रंग गुलाबी हो जाये तो NaOH विलयन डालना बन्द करते है। यही अनुमापन का अन्तिम बिन्दु है। ब्यूरेट का पाठ्यांक नोट कर लेते हैं। यह प्रयुक्त हुए सोडियम हाइड्रॉक्साइड का आयतन है। इस प्रयोग को पुनः दोहराते है जब तक कि समान प्रेक्षण प्राप्त न हो जाये व पाठ्यांक प्रेक्षण सारणी में नोट कर लेते हैं।

प्रेक्षण सारणी

क्र.सं.	पिपेट द्वारा लिये गये ऑक्सेलिक अम्ल के मानक विलयन का आयतन (सेमी^{3})	ब्यूरेट का पाठ्यांक		दोनों पाठ्यांको में अन्तर या प्रयुक्त (NaOH) विलयन का आयतन (b-a) सेमी^{3}	सुसंगत आयतन सेमी^{3}
		प्रारम्भिक पाठ्यांक (a)	अन्तिम पाठ्यांक (b)		
1	20	0	20.1	20.1	20.1
2	20	0	20.1	20.1	
3	20	0	20.1	20.1	

गणना : सूत्र $N_1V_1 = N_2V_2$ से

यहाँ N_1 = ऑक्सेलिक अम्ल के ज्ञात विलयन की नॉर्मलता

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

V_1 = मानक ऑक्सेलिक अम्ल का आयतन = 20 mL

N_2 = अज्ञात NaOH विलयन की नॉर्मलता = ?

V_2 = अज्ञात NaOH विलयन का प्रयुक्त आयतन = 20.1 mL

अतः $$\frac{4 \times 1.5756}{63.04} N \times 20 = N_2 \times 20.1$$

या $$N_2 = \frac{4 \times 1.5756 \times 29}{63.04 \times 10.1} N$$

NaOH विलयन का तुल्यांकी भार = 40

अतः अज्ञात NaOH विलयन की ग्राम प्रति लीटर में सान्द्रता

$$= \frac{4 \times 1.5756 \times 20}{63.04 \times 20.1} \times 40$$

= 3.9791 ग्राम प्रति लीटर

परिणाम : दिये गये अज्ञात सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की सान्द्रता 3.9791 ग्राम प्रति लीटर है।

प्रयोग 3

उद्देश्य : रासायनिक तुला का प्रयोग करते हुए 0.05 M सान्द्रता का क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल ($H_2C_2O_4.2H_2O$) का 250 सेमी^{3} विलयन बनाइए। इस मानक विलयन की सहायता से सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की सान्द्रता, (i) मोलरता में तथा (ii) ग्राम प्रति लीटर में ज्ञात कीजिए।

सूचक : फीनॉलफ्थेलीन

उपकरण : ब्यूरेट, पिपेट, कॉनिकल फ्लास्क, स्टेण्ड आदि।

सिद्धान्त : क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल ($H_2C_2O_4.2H_2O$) का अणुभार 126.08 है। इसका 0.05 M सान्द्रता का 250 सेमी^{3} बनाने के लिए आवश्यक मात्रा निम्नलिखित सूत्र से ज्ञात करते हैं।

$$W = \frac{M \times Mw \times V}{1000}$$

यहाँ M = विलयन की मोलरता = 0.05 M
Mw = ऑक्सेलिक अम्ल का अणुभार = 126.08
V = विलयन का आयतन = 250 सेमी^{3}
W = ऑक्सेलिक अम्ल का ग्राम में भार = ?

$$W = \frac{0.05 \times 126.08 \times 250}{1000} = 1.5760\,gm$$

इस प्रकार 0.05 M सान्द्रता का क्रिस्टलीय ऑक्सेलिक अम्ल का 250 सेमी^{3} विलयन बनाने के लिए 1.5760 ग्राम ऑक्सेलिक अम्ल लेते हैं।
ऑक्सेलिक अम्ल तथा सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन के साथ अभिक्रिया का रासायनिक समीकरण निम्न है–

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

इस समीकरण से स्पष्ट है कि एक मोल ऑक्सेलिक अम्ल 2 मोल सोडियम हाइड्रॉक्साइड से अभिक्रिया करता है। अतः मोलरता की गणना निम्नलिखित सूत्र से करते हैं–
सूत्र $M_1V_1 = ½M_2V_2$
यहाँ M_1 = ऑक्सेलिक अम्ल की मोलरता
V_1 = ऑक्सेलिक अम्ल का आयतन
M_2 = सोडियम हाइड्रॉक्साइड की मोलरता
V_2 = सोडियम हाइड्रॉक्साइड का आयतन

प्रेक्षण सारणी

क्र.सं.	पिपेट द्वारा लिये गये ऑक्सेलिक अम्ल के मानक विलयन का आयतन (सेमी^{3})	ब्यूरेट का पाठ्यांक		दोनों पाठ्यांको में अन्तर या प्रयुक्त (NaOH) विलयन का आयतन (b-a) सेमी^{3}	सुसंगत आयतन सेमी^{3}
		प्रारम्भिक पाठ्यांक (a)	अन्तिम पाठ्यांक (b)		
1	20	0.0	20.6	20.6	20.2
2	20	0.0	20.5	20.5	
3	20	0.0	20.2	20.2	
4	20	0.0	20.2	20.2	

गणना : सान्द्रता की गणना मोलरता में
$M_1V_1 = ½M_2V_2$
यहाँ M_1 = ऑक्सेलिक अम्ल की मोलरता = 0.05 M
V_1 = ऑक्सेलिक अम्ल का आयतन = 20 सेमी^{3}
M_2 = सोडियम हाइड्रॉक्साइड की मोलरता = ?
V_2 = सोडियम हाइड्रॉक्साइड का आयतन = 20.2 सेमी^{3}
$0.05\ M \times 20 = ½M_2 \times 20.2$

$$M_2 = \frac{0.05M \times 20 \times 2}{20.2}$$

0.0990 M
सान्द्रता की गणना ग्राम प्रति लीटर में–

NaOH विलयन की सान्द्रता ग्राम प्रति लीटर में

= मोलरता × अणुभार

= 0.0990 × 40

= 3.9600 ग्राम प्रति लीटर

परिणाम : दिये गये सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की–

1. मोलरता = 0.0990 M और
2. सान्द्रता = 3.9600 ग्राम प्रति लीटर है।

प्रयोग 4

उद्देश्य : रासायनिक तुला का प्रयोग करते हुए N/10 नॉर्मलता का क्रिस्टलीय सोडियम कार्बोनेट का 250 सेमी^{3} मानक विलयन बनाइए। इस मानक विलयन की सहायता से अनुमापन द्वारा दिए गए तनु हाइड्रोक्लोरिक विलयन की सान्द्रता (i) नॉर्मलता में तथा (ii) ग्राम/लीटर में ज्ञात कीजिए।

सूचक : मेथिल ऑरेन्ज।

उपकरण : ब्यूरेट, पिपेट, कॉनिकल फ्लास्क, स्टेण्ड, क्रिस्टलीय सोडियम कार्बोनेट, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल विलयन तथा मेथिल ऑरेन्ज सूचक।

सिद्धान्त : सोडियम कार्बोनेट विलयन की हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के विलयन के साथ अभिक्रिया का रासायनिक समीकरण निम्नलिखित 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 ऑरेन्ज की एक या दो बूंद कोनिकल फ्लास्क के विलयन में डालने पर पीला रंग आता है। ब्यूरेट में HCl विलयन मिलाने पर अन्तिम बिन्दु 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। इसलिए 250 सेमी^{3} N/10 नॉर्मलता का विलयन बनाने के लिए 3.5750 ग्राम लवण की आवश्यकता होती है। इसे पूर्व में समझायी गयी विधि से रासायनिक तुला से, सावधानीपूर्वक तौलकर 250 सेमी^{3} फ्लास्क में लेकर मानक विलयन बनाते है। यहाँ हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के विलयन की सान्द्रता ज्ञात करते हैं, इसलिए इस अनुमापन को अम्लमिति भी कहते हैं।

विधि – सोडियम कार्बोनेट का 3.575 ग्राम तौलकर मानक विलयन तैयार करते है। यह प्रबल अम्ल और दुर्बल क्षार के मध्य अनुमापन है, इसलिए अज्ञात अम्ल का विलयन ब्यूरेट में और क्षार का ज्ञात विलयन पिपेट से कोनिकल फ्लास्क में लेते है तथा अनुमापन करते समय कोनिकल फ्लास्क में मेथिल ऑरेन्ज सूचक मिलाते हैं, जो पीला रंग देता है। ब्यूरेट का पाठ्यांक नोट कर धीरे–धीरे कोनिकल फ्लास्क के विलयन में अम्ल विलयन मिलाते है। अन्तिम बिन्दु पर विलयन का रंग पीले से लाल हो जाता है। अनुमापन की यह प्रक्रिया 3–4 बार दोहराते है और सुसंगत आयतन ज्ञात कर सारणी में पाठ्यांक लिखते हैं।

प्रेक्षण सारणी

क्र.सं.	पिपेट द्वारा लिये गये सोडियम कार्बोनेट के मानक विलयन का आयतन	ब्यूरेट का पाठ्यांक		दोनों पाठ्यांको में अन्तर या प्रयुक्त (HCl) विलयन का आयतन (b-a) सेमी^{3}	सुसंगत आयतन सेमी^{3}
		प्रारम्भिक पाठ्यांक (a)	अन्तिम पाठ्यांक (b)		
1	20 सेमी^{3}	0.0	20.4	20.4 सेमी^{3}	19.7 सेमी^{3}
2	20 सेमी^{3}	0.0	20.3	20.3 सेमी^{3}	
3	20 सेमी^{3}	0.0	19.7	19.7 सेमी^{3}	
4	20 सेमी^{3}	0.0	19.7	19.7 सेमी^{3}	

गणना : सान्द्रता की गणना मोलरता में

$N_1V_1 = N_2V_2$

यहाँ N_1 = सोडियम कार्बोनेट विलयन की नॉर्मलता = N/10

V_1 = सोडियम कार्बोनेट विलयन का आयतन = 20 सेमी^{3}

N_2 = अज्ञात हाइड्रोक्लोरीक अम्ल विलयन की नॉर्मलता = ?

V_2 = अज्ञात हाइड्रोक्लारिक अम्ल विलयन का आयतन = 19.7 सेमी^{3}

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

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

सान्द्रता की गणना ग्राम प्रति लीटर में–

HCl की सान्द्रता ग्राम प्रति लीटर में = नॉर्मलता × तुल्यांकी भार

= 0.1015 × 36.46

= 3.7006 ग्राम प्रति लीटर

परिणाम : दिये गये अज्ञात हाइड्रोक्लोरिक अम्ल विलयन की –

1. नॉर्मलता = 0.1015 N
2. सान्द्रता = 3.7006 ग्राम प्रति लीटर है।

प्रयोग 5

उद्देश्य : रासायनिक तुला का प्रयोग करते हुए 3.5750 ग्राम मोल प्रति 250 सेमी^{3} सान्द्रता क्रिस्टलीय सोडियम कार्बोनेट का मानक विलयन बनाइये। इस मानक विलयन का प्रयोग करते हुए अनुमापन द्वारा दिए गए तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल वियलन की सान्द्रता (i) मोलरता में तथा (ii) ग्राम/लीटर में ज्ञात कीजिए।

सूचक : मेथिल ऑरेन्ज।

सिद्धान्त : अनुमापन की अभिक्रिया निम्नानुसार होती है–

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

उक्त समीकरण से स्पष्ट है कि एक अणु सोडियम कार्बोनेट दो अणु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से अभिक्रिया करता है, अतः गणना हेतु निम्नलिखित सूत्र प्रयोग होगा–

$M_1V_1 = 2M_2V_2$

यहाँ M_1 = HCl की मोलरता

V_1 = HCl का आयतन

M_2 = Na_2CO_3 की मोलरता

V_2 = Na_2CO_3 का आयतन

प्रेक्षण सारणी

क्र.सं.	पिपेट द्वारा लिये गये सोडियम कार्बोनेट के मानक विलयन का आयतन	ब्यूरेट का पाठ्यांक		दोनों पाठ्यांको में अन्तर या प्रयुक्त (HCl) विलयन का आयतन (b-a) सेमी^{3}	सुसंगत आयतन सेमी^{3}
		प्रारम्भिक पाठ्यांक (a)	अन्तिम पाठ्यांक (b)		
1	20 सेमी^{3}	0.0	20.4	20.4 सेमी^{3}	20.1 सेमी^{3}
2	20 सेमी^{3}	0.0	20.2	20.2 सेमी^{3}	
3	20 सेमी^{3}	0.0	20.1	20.1 सेमी^{3}	
4	20 सेमी^{3}	0.0	20.1	20.1 सेमी^{3}	

गणना :

(i) मानक विलयन की सान्द्रता मोलरता में गणना–

$$\text{सान्द्रता मोलरता में} = \frac{\text{सान्द्रता ग्राम/लीटर}}{\text{अणुभार}}$$

$$\text{सान्द्रता ग्राम/लीटर} = \frac{3.5750 \times 1000}{250}$$

$$= \frac{3.5750 \times 1000}{250 \times 285} M = 0.05M$$

(ii) HCl विलयन की सान्द्रता की मोलरता गणना

$M_1V_1 = 2M_2V_2$

जहाँ M_1 = HCl की मोलरता ?

V_1 = HCl का आयतन = 20 सेमी^{3}

M_2 = Na_2CO_3 की मोलरता = 0.05 M

V_2 = Na_2CO_3 का आयतन = 20.1 सेमी^{3}

$M_1 \times 20 = 2 \times 0.05M \times 20.1$

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

$M_1 = 0.1005\ M$

(iii) HCl विलयन की सान्द्रता = मोलरता × अणुभार

$= 0.1005 \times 36.46$

$= 3.6642$ ग्राम/लीटर

परिणाम : दिये गये अज्ञात HCl विलयन की

1. मोलरता = 0.1005 M और
2. सान्द्रता = 3.6642 ग्राम प्रति लीटर है।

3.2 ऑक्सीकरण–अपचयन अनुमापन (Redox Titration)

वे अनुमापन, जिनमें एक पदार्थ ऑक्सीकारक तथा दूसरा पदार्थ अपचायक होता है, ऑक्सीकरण–अपचयन अनुमापन कहलाते हैं, जैसे पोटैशियम परमैंगनेट तथा फैरस सल्फेट के मध्य अनुमापन।

अनुमापन की विधियाँ (Methods of Titration)

अनुमापन विधियाँ दो प्रकार की होती है।

1. एकल अनुमापन (Single titration)

इस विधि में अनुमापक (मानक) विलयन की सहायता से अनुमाप्य (अज्ञात) विलयन की सान्द्रता ज्ञात की जाती है। जब मानक विलयन तथा अज्ञात विलयन भिन्न–भिन्न पदार्थों के होते हैं, तो विधि का उपयोग करते हैं। इस विधि में निम्नलिखित तीन प्रकार के विलयन प्रयुक्त किये जाते हैं (i) अनुमापक, (ii) अनुमाप्य, (iii) सूचक

सूचक एवं मानक विलयन

सूचक :– सूचक चार प्रकार के होते हैं, जिन्हें नीचे परिभाषित किया गया है–

1. स्वयं सूचक (Self Indicator)

कभी–कभी ऑक्सीकरण–अपचयन अनुमापनों में प्रयुक्त विलयनों में से एक विलयन सूचक का कार्य करता है अर्थात् अभिक्रिया पूर्ण होने पर रंग परिवर्तित करता है, वह पदार्थ स्वयं सूचक कहलाता है। उप–अपचयन अभिक्रियाओं में पोटैशियम परमैंगनेट ($KMnO_4$) का विलयन स्वयं सूचक का कार्य करता है।

पोटेशियम परमैंगनेट सल्फ्यूरिक अम्ल की उपस्थिति में फैरस आयनों को फैरिक आयनों में बदल देता है।

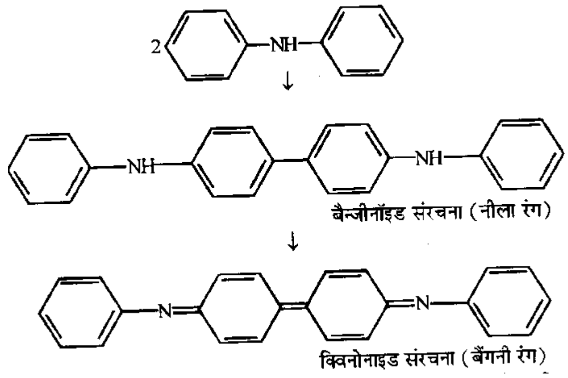
$$MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \longrightarrow Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 4H_2O$$

(गुलाबी रंग) (रंगहीन)

2. आन्तरिक सूचक (Internal Indicator)

इस प्रकार के सूचकों को सीधे ही अनुमापन में प्रयुक्त किया जाता है। कार्बोनिक पदार्थ जो उप–अपचयन युगत बनाते हैं एवं जिनके दो रूपों के रंग अलग–अलग होते हैं तथा रंग परिवर्तन द्वारा अन्तिम बिन्दु ज्ञात करने में सहायक होते हैं, आन्तरिक सूचक कहलाते हैं।

उदाहरण : N–फेनिल एन्थ्रेनिलिक अम्ल, डाइफेनिल एमीन, ऐरियोक्रीम ब्लैक–टी, फिनोलफ्थेलीन, मेथिल ऑरेन्ज, मिथाइलीन ब्लू इत्यादि।



3. बाह्य सूचक (External Indicator)

कुछ उप–अपचयन अनुमापनों में अन्तिम बिन्दु किसी एक ऐसे पदार्थ के द्वारा ज्ञात किया जाता है जिसकी अनुमापन में प्रयुक्त विलयन में न रहकर बाहर प्रयोग करते हैं, ऐसे पदार्थ बाह्य सूचक कहलाते हैं।

जब अम्लीय माध्यम में फैरस अमोनियम सल्फेट विलयन का अनुमापन पोटैशियम डाइक्रोमेट विलयन से करते हैं, तो पोटैशियम फैरो सायनाइड विलयन का बाह्य सूचक के रूप में प्रयोग करते हैं–

$$3Fe^{2+} + 2[Fe(CN)_6]^{3-} \rightleftharpoons Fe_3[Fe(CN)_6]_2$$

नीला रंग

अनुमापन हेतु प्रयुक्त विलयन

1. मानक विलयन (Standard Solution)

ऐसे विलयन जिनकी सान्द्रता ज्ञात होती है, मानक विलयन कहते हैं। मानक विलयन को ज्ञात विलयन (Known Solution) भी कहा जाता है।

मानक विलयन को बनाने के आधार पर इन्हें दो भागों में विभाजित किया गया है–

(i) **प्राथमिक मानक** : ऐसे अभिकर्मक जिनका मानक विलयन उनको सीधे तौलकर बनाया जा सकता है, प्राथमिक मानक कहलाते हैं। ऐसे पदार्थ शुद्ध अवस्था में प्राप्त होते हैं तथा उनकी संरचना वायुमण्डल में रखने पर परिवर्तित नहीं होती। जैसे :

(a) पोटैशियम डाइक्रोमेट ($K_2Cr_2O_7$) ऑक्सीकारक

(b) फेरस अमोनियम सल्फेट ($FeSO_4(NH_4)_2SO_4.6H_2O$) अपचायक

(ii) **द्वितीयक मानक** : कुछ अभिकर्मक ऐसे होते हैं, जो या तो शुद्ध अवस्था में प्राप्त नहीं होते अथवा वायुमण्डल में रखने से अशुद्ध हो जाते हैं। अतः इन अभिकर्मकों का मानक विलयन सीधा तौलकर नहीं बनाया जा सकता।

इन विलयनों में मानक विलयन बनाने के लिए पहले इनका इच्छित सान्द्रता से कुछ अधिक सान्द्रता का विलयन बना लिया जाता है। तत्पश्चात् इस विलयन का मानकीकरण प्राथमिक मानक की सहायता से करते हैं। इस प्रकार द्वितीयक मानक को उपयुक्त अनुपात में जल द्वारा तनु कर इच्छित सान्द्रता का विलयन तैयार कर लिया जाता है। जैसे :–

(a) पोटैशियम परमैंगनेट ($KMnO_4$) ऑक्सीकारक

(b) फेरस सल्फेट ($FeSO_4.6H_2O$) अपचायक

2. अज्ञात विलयन (Unknown Solution)

वह विलयन जिसकी सान्द्रता अज्ञात हो (अर्थात ज्ञात करनी हो), अज्ञात विलयन कहलाता है।

ऑक्सीकारक तथा अपचायकों का तुल्यांकी भार

ऑक्सीकारक का तुल्यांकी भार :– ऑक्सीकारक पदार्थ वह है, जो इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके निम्न ऑक्सीकरण अवस्था में अपचयित हो जाता है। ऑक्सीकारक पदार्थ का वह भार भाग जो 8 भार भाग ऑक्सीजन दे सके, उसका तुल्यांकी भार कहलाता है।

किसी ऑक्सीकारक अणु परमाणु भार या आयन भार की उस्के प्रति अणु परमाणु या आयन द्वारा प्राप्त किये गये इलेक्ट्रॉनों का अनुपात होता है।

$$\text{ऑक्सीकारक का तुल्यांकी भार} = \frac{\text{पदार्थ का अणुभार (परमाणु भार) आयन का भार}}{\text{अभिक्रिया में ग्रहण किये गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या}}$$

विभिन्न ऑक्सीकारकों के तुल्यांकी भार निम्नलिखित प्रकार ज्ञात किये जा सकते हैं–

पोटेशियम परमैंगनेट का तुल्यांकी भार : पोटैशियम परमैंगनेट अम्लीय माध्यम में प्रबल ऑक्सीकारक का कार्य करता है।

$$KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5(O)$$

आयन इलेक्ट्रॉन विधि के द्वारा अम्लीय माध्यम में पोटशियम परमैंगनेट का अपचयन निम्नलिखित समीकरण के द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

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

$$Mn^{7+} \longrightarrow Mn^{2+}$$

$$\text{अतः तुल्यांकी भार} = \frac{KMnO_4 \text{ का अणुभार}}{\text{ग्रहण किये गये इलेक्ट्रॉन}}$$

$$= \frac{158.03}{5} = 31.6$$

अपचायकों का तुल्यांकी भार

अपचायक पदार्थ वह है, जो इलेक्ट्रॉन त्याग कर उच्च ऑक्सीकरण अवस्था में ऑक्सीकृत हो जाता है। इनका तुल्यांकी भार निम्नलिखित प्रकार ज्ञात किया जाता है :

$$\text{अपचायक का तुल्यांकी भार} = \frac{\text{अपचायक का अणुभार (परमाणु भार) आयन का भार}}{\text{अभिक्रिया में त्याग किये गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या}}$$

फेरस अमोनियम सल्फेट के एक अणु के ऑक्सीकरण में एक इलेक्ट्रॉन की हानि होती है, इसलिए

$$\text{फेरस अमो.सल्फेट का तुल्यांकी भार} = \frac{\text{फेरस अमोनियम सल्फेट का अणुभार}}{\text{त्यागे गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या}}$$

$$= \frac{392.16}{1} = 392.16$$

सारणी 3.2 रेडॉक्स अनुमान में प्रयुक्त महत्त्वपूर्ण यौगिकों के अणुभार एवं तुल्यांकी भार

क्रमांक	पदार्थ	अणुभार	आयन इलेक्ट्रॉन समीकरण	प्रति अणु प्राप्त या त्यागे जाने वाले इलेक्ट्रॉन की संख्या	तुल्यांकी भार
1	पोटेशियम परमैंगनेट $KMnO_4$	158	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ (अम्लीय माध्यम)	5	$\frac{158}{5} = 31.6$
2	पोटेशियम परमैंगनेट $KMnO_4$	158	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$ (क्षारीय माध्यम)	3	$\frac{158}{3} = 52.67$
3	पोटेशियम डाइक्रोमेट $K_2Cr_2O_7$	294	$Cr_2O_7^{-2} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	6	$\frac{294}{6} = 49$
4	फेरस सल्फेट $FeSO_4.7H_2O$	278	$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$	1	$\frac{278}{1} = 278$
5	मोर लवण $FeSO_4(NH_4)_2.6H_2O$	392	$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$	1	$\frac{392}{1} = 392$
6	ऑक्सेलिक अम्ल $(COOH)_2.2H_2O$	126	$C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2 + 2e^-$	2	$\frac{126}{2} = 63$
7	सोडियम थायोसल्फेट $Na_2S_2O_3.5H_2O$	248	$S_2O_3^{2-} \rightarrow ½S_4O_6^{2-} + e–$	2	$\frac{126}{2} = 63$
8	कॉपर सल्फेट $CuSO_4.5H_2O$	249.5	$Cu^{2+} + e^- \rightarrow Cu^+$	1	$\frac{249.5}{1} = 249.53$
9	आयोडिन I_2	254	$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$	2	254 / 2=127

प्रयोग 6

उद्देश्य : ऑक्सेलिक अम्ल का $\frac{N}{20}$ विलयन तैयार करके इस विलयन के द्वारा दिये हुए पोटैशियम परमैंगनेट की सान्द्रता तथा नार्मलता ज्ञात कीजिए।

आवश्यक उपकरण : रासायनिक तुला, बाट बॉक्स, वाच ग्लास, 250 mL बीकर, मापन ग्लास, ब्यूरेट, पिपेट, काँच की छड़, धावन बोतल।

सूचक : $KMnO_4$ स्वयं सूचक है।

रासायनिक समीकरण

आण्विक समीकरण

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4^- \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5[O]$$

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} .2H_2O + [O] \xrightarrow{60-70^\circ C} 2CO_2 + 2H_2O] \times 5$$

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5 \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} .2H_2O \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 18H_2O + 10CO_2$$

आयनिक समीकरण

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

$$C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2 + 2e^-] \times 5$$

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 5C_2O_4^{2-} \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10CO_2$$

अंत बिन्दु : रंगहीन से स्थायी गुलाबी रंग ($KMnO_4$ ब्यूरेट में ही रहता है।)

प्रयोग विधि (Experimental Method)

1. दिये गये $KMnO_4$ घोल से ब्यूरेट को धोकर भरते हैं।
2. 1.58 ग्राम ऑक्सेलिक अम्ल के क्रिस्टल को तौलकर 500 मिली के मापन फ्लास्क का प्रयोग करते हुए इसके क्रिस्टलों को आसुत जल में घोलकर इसका 500 मिली विलयन तैयार करते हैं। N/20 ऑक्सेलिक अम्ल के विलयन से पिपेट प्रक्षालन(रिंज) करते हैं तथा इसी पिपेट की सहायता से इस विलयन का 20 मिली एक स्वच्छ अनुमापन फ्लास्क में लीजिए।
3. एक परखनली तनु सल्फ्यूरिक अम्ल (20 मिली) जिसकी नार्मलता 4N के लगभग बराबर होती है, अनुमापन फ्लास्क में डालते हैं।
4. ब्यूरेट का प्रारम्भिक पाठ्यांक को लेखन (नोट) करते हैं।
5. अनुमापन फ्लास्क को 60–70 $^\circ C$ तापक्रम तक गर्म करें तथा इसमें $KMnO_4$ विलयन को ब्यूरेट से गिराते हैं। यह क्रिया तब तक जारी रखते हैं जब तक कि विलयन में स्थायी हल्का गुलाबी रंग न प्रकट हो जाए।
6. ब्यूरेट का अन्तिम पाठ्यांक नोट कर लेते हैं।
7. उपरोक्त क्रिया को 4–5 बार दोहराते हैं, ताकि दो पाठ्यांक प्राप्त हो जाएँ।

प्रेक्षण : ऑक्सेलिक विलयन की नार्मलता N/20

क्र.सं.	पिपेट द्वारा लिये गये ऑक्सेलिक अम्ल का आयतन (V_1) सेमी^{3}	ब्यूरेट का पाठ्यांक		प्रयुक्त $KMnO_4$ विलयन का आयतन (b-a) सेमी^{3}	सुसंगत पाठ्यांक सेमी^{3}
		प्रारम्भिक पाठ्यांक (a)	अन्तिम पाठ्यांक (b)		
1	20	0	19.8	19.8	19.6
2	20	0	19.6	19.6	
3	20	0	19.6	19.6	

गणना

(i) $KMnO_4$ विलयन की नार्मलता

$N_1V_1 = N_2V_2$

यहाँ N_1 = मानक ऑक्सेलिक अम्ल की नार्मलता = $\frac{N}{20}$

V_1 = मानक ऑक्सेलिक अम्ल का आयतन = 20 mL

N_2 = $KMnO_4$ की नार्मलता

V_2 = $KMnO_4$ विलयन आयतन = 19.6 mL

$$\therefore \frac{N}{20} \times 20 = N_2 \times 19.6$$

$$\therefore N_2 = \frac{N}{20} \times \frac{20}{19.6} = \frac{1}{19.6} N$$

(ii) $KMnO_4$ विलयन की सान्द्रता :

= नार्मलता × तुल्यांकी भार

$= \frac{1}{19.6} \times 31.6$ ($\therefore$ $KMnO_4$ का तुल्यांकी भार = 31.6)

= 1.6122 ग्राम प्रति लीटर

परिणाम : दिये हुए पोटेशियम परमैंगनेट की नार्मलता 0.0150 N तथा सान्द्रता 1.6122 ग्राम प्रति लीटर है।

प्रयोग 7

उद्देश्य : ऑक्सेलिक अम्ल का $\frac{N}{10}$ विलयन तैयार करके इस विलयन के द्वारा दिये हुए पोटैशियम परमैंगनेट की नार्मलता तथा सान्द्रता ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण : प्रयोग 6 के अनुसार

सूचक : $KMnO_4$ स्वयं सूचक है।

रासायनिक समीकरण : प्रयोग 6 के समान।

अंत बिन्दु : रंगहीन से स्थायी गुलाबी रंग ($KMnO_4$ ब्यूरेट में ही रहता है।)

प्रयोग विधि (Experimental Method)

1. दिये गये $KMnO_4$ घोल से ब्यूरेट को धोकर इसे भरते हैं।
2. 3.15 ग्राम ऑक्सेलिक अम्ल के क्रिस्टल को तोलकर 500 मिली के मापन फ्लास्क का प्रयोग करते हुए इसके क्रिस्टलों को आसुत जल में घोलकर इसका 500 मिली विलयन तैयार करते हैं। N/10 ऑक्सेलिक अम्ल के घोल में पिपेट को प्रक्षालन करते हैं तथा इसी पिपेट की सहायता से इस घोल का 20 मिली एक स्वच्छ अनुमापन फ्लास्क में लीजिए।
3. एक परखनली तनु सल्फ्यूरिक अम्ल (20 मिली) जिसकी नार्मलता लगभग 4N के बराबर होती है, अनुमापन फ्लास्क में डालते हैं।
4. ब्यूरेट का प्रारम्भिक पाठ्यांक नोट करते हैं।
5. अनुमापन फ्लास्क को 60–70 °C तापक्रम तक गर्म करें तथा इसमें $KMnO_4$ विलयन ब्यूरेट से गिराते है। यह क्रिया तब तक जारी रखते हैं जब तक कि विलयन में स्थायी हल्का गुलाबी रंग न प्रकट हो जाए।
6. ब्यूरेट का अन्तिम पाठ्यांक नोट कर लेते हैं।
7. उपरोक्त क्रिया को 4–5 बार दुहराते हैं, ताकि दो सुसंगत पाठ्यांक प्राप्त हो जाएँ।

प्रेक्षण : ऑक्सेलिक विलयन की नार्मलता N/10

क्र.सं.	पिपेट द्वारा लिये गये ऑक्सेलिक अम्ल का आयतन (V_1)	ब्यूरेट का पाठ्यांक		प्रयुक्त $KMnO_4$ विलयन का आयतन (b-a) सेमी^{3}	सुसंगत पाठ्यांक सेमी^{3}
		प्रारम्भिक पाठ्यांक (a)	अन्तिम पाठ्यांक (b)		
1	20	0	19.4	19.4	
2	20	0	19.2	19.2	19.2
3	20	0	19.2	19.2	

गणना

(i) $KMnO_4$ विलयन की नार्मलता

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$\therefore \frac{1}{10} \times 20 = N_2 \times 19.2$$

$$\therefore N_2 = \frac{1}{10} \times \frac{20}{19.2} = 0.104\,N$$

(ii) $KMnO_4$ विलयन की सान्द्रता :

$= 0.1041 \times 31.6$

= 3.2895 ग्राम प्रति लीटर है।

परिणाम : दिये हुए पोटेशियम परमैंगनेट की नार्मलता 0.1041 N तथा सान्द्रता 3.2895 ग्राम प्रति लीटर है।

प्रयोग 8

उद्देश्य : $\frac{M}{50}$ ऑक्सेलिक अम्ल का विलयन तैयार करना तथा इस विलयन के द्वारा दिये गये पोटैशियम परमैंगनेट की मोलरता तथा सान्द्रता ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण : रासायनिक तुला, बाट बॉक्स, वाच ग्लास, 250 mL बीकर, मापन सिलेण्डर, ब्यूरेट, पिपेट, कांच की छड़, धावन बोतल।

सूचक : $KMnO_4$ एक स्वयं सूचक है।

रासायनिक समीकरण

आण्विक समीकरण

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4^- \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5[O]$$

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} .2H_2O + [O] \xrightarrow{60-70^\circ C} 2CO_2 + 2H_2O] \times 5$$

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} .2H_2O \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 18H_2O + 10CO_2$$

आयनिक समीकरण

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

$$C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2 + 2e^-] \times 5$$

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 5C_2O_4^{2-} \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10CO_2$$

अंत बिन्दु : रंगहीन से स्थायी गुलाबी रंग ($KMnO_4$ ब्यूरेट में ही रहता है।)

प्रयोग विधि (Experimental Method)

1. 1.260 ग्राम ऑक्सेलिक अम्ल के क्रिस्टलों को तौल लेते हैं। 500 मिली का मापन फ्लास्क लेकर ऑक्सेलिक अम्ल के क्रिस्टलों को जल में घोलकर ऑक्सेलिक अम्ल के 500 मिली M/50 घोल तैयार करें। पिपेल को M/50 ऑक्सेलिक अम्ल विलयन से धो लेते है। अब पिपेट की सहायता से 20 मिली इस विलयन को किये हुए अनुमापन फ्लास्क में ले लेते हैं।
2. ब्यूरेट को दिये हुए $KMnO_4$ घोल से धोते हैं तथा कीप सहायता से ब्यूरेट में $KMnO_4$ घोल भरते हैं।
3. एक परखनली तनु सल्फ्यूरिक अम्ल (20 मिली) जिसकी नार्मलता लगभग 4N के अनुमापन फ्लास्क में डालते हैं।
4. ब्यूरेट का प्रारम्भिक पाठ्यांक नोट करते हैं।
5. अनुमापन फ्लास्क को 60–70 °C तापक्रम तक गर्म करें तथा इसमें $KMnO_4$ विलयन को गिराते हैं। यह क्रिया तब तक जारी रखते हैं जब तक कि विलयन में स्थायी हल्का गुलाबी रंग न प्रकट हो जाए।
6. ब्यूरेट का अन्तिम पाठ्यांक नोट कर लेते हैं।
7. उपरोक्त क्रिया को 4–5 बार दोहराते हैं, ताकि दो सुसंगत पाठ्यांक प्राप्त हो जाएँ।

प्रेक्षण : ऑक्सेलिक अम्ल का द्रव्यमान = 1.260 ग्राम, तैयार किए गए घोल का आयतन = 500 मिली

ऑक्सेलिक अम्ल की मोलरता = M/50

क्र.सं.	पिपेट द्वारा लिये गये ऑक्सेलिक अम्ल का आयतन (V_1) सेमी^{3}	ब्यूरेट का पाठ्यांक		प्रयुक्त $KMnO_4$ विलयन का आयतन (b-a) सेमी^{3}	सुसंगत पाठ्यांक सेमी^{3}
		प्रारम्भिक पाठ्यांक (a)	अन्तिम पाठ्यांक (b)		
1	20	0	19.6	19.6	
2	20	0	19.5	19.5	19.5
3	20	0	19.5	19.5	

गणना

(i) $KMnO_4$ विलयन की मोलरता

सन्तुलित रासायनिक समीकरण से स्पष्ट है कि $KMnO_4$ का 2 मोल ऑक्सेलिक अम्ल के 5 मोल से अभिक्रिया करता है।

$$M_1V_1 = \frac{2}{5}M_2V_2$$

यहाँ $M_1 = KMnO_4$ की मोलरता

$V_1 = KMnO_4$ का आयतन = 19.5 mL

M_2 = ऑक्सेलिक अम्ल की मोलरता = M/50

V_2 = ऑक्सेलिक अम्ल का आयतन = 20 mL

$$\therefore\ 19.5\times M_1 = \frac{2}{5}\times\frac{M}{50}\times 20$$

$$\therefore\ M_1 = \frac{2}{5}\times\frac{M}{50}\times\frac{20}{19.5} = 0.0082\,M$$

(ii) $KMnO_4$ की सान्द्रता :

मोलरता × अणुभार

$= 0.0082\times 158$

= 1.2956 ग्राम प्रति लीटर है।

परिणाम : दिये हुए पोटेशियम परमैंगनेट की नार्मलता 0.0082 M तथा सान्द्रता 1.2956 ग्राम प्रति लीटर है।

प्रयोग 9

उद्देश्य : $\frac{N}{20}$ मोर लवण का विलयन तैयार करना। इस विलयन के द्वारा दिये गये पोटेशियम परमैंगनेट विलयन की नार्मलता एवं सान्द्रता ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण : रासायनिक तुला, बाट बॉक्स, वाच ग्लास, 250 mL बीकर, मापन सिलेण्डर, ब्यूरेट, पिपेट, काँच की छड़, धावन बोतल।

सूचक : $KMnO_4$ एक स्वयं सूचक है।

रासायनिक समीकरण

आण्विक समीकरण

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

$$2FeSO_4(NH_4)_2SO_4 . 6H_2O + H_2SO_4 + [O] \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 2(NH_4)_2 SO_4 + SO_4 + 13H_2O] \times 5$$

$$2KMnO_4 + 8H_2SO_4 + 10FeSO_4 (NH_4)_2 . SO_4 . 6H_2O \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2 (SO_4)_3 + 10 (NH_4)_2 SO_4 + 68H_2O$$

आयनिक समीकरण

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

$$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-] \times 5$$

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$$

अंत बिन्दु : रंगहीन से स्थायी गुलाबी रंग।

प्रयोग विधि (Experimental Method)

1. दिये गये $KMnO_4$ घोल से ब्यूरेट को प्रक्षालन करके इसमें $KMnO_4$ विलयन भरते हैं।
2. 4.90 ग्राम मोर लवण के क्रिस्टल तौलकर 250 मिली के मापन फ्लास्क की सहायता से इन क्रिस्टलों को घोलकर मोर लवण का 250 मिली विलयन बनाते है। पिपेट को N/20 मोर लवण विलयन से धोते है। इस विलयन का 20 मिली लेकर अनुमापन फ्लास्क में डालते हैं।
3. अनुमापन फ्लास्क में एक परखनली (20 मिली) 4N तनु सल्फ्यूरिक अम्ल डालते हैं।
4. ब्यूरेट का प्रारम्भिक पाठ्यांक नोट करते हैं।
5. अब ब्यूरेट से $KMnO_4$ घोल को अनुमापन फ्लास्क में तब तक गिराते हैं, जब तक कि स्थायी हल्का गुलाबी रंग प्रकट न हो जाए।
6. ब्यूरेट का अन्तिम पाठ्यांक नोट कर लेते हैं।
7. उपरोक्त क्रिया को दो सुसंगत पाठ्यांक प्राप्त होने तक (4–5 बार) दोहराते है।

प्रेक्षण : मोर लवण की नार्मलता = N/50

क्र.सं.	पिपेट द्वारा लिये गये मोर लवण अम्ल का आयतन (V_1) सेमी^{3}	ब्यूरेट का पाठ्यांक		प्रयुक्त $KMnO_4$ विलयन का आयतन (b-a) सेमी^{3}	सुसंगत पाठ्यांक सेमी^{3}
		प्रारम्भिक पाठ्यांक (a)	अन्तिम पाठ्यांक (b)		
1	20	0	20.3	20.3	20.1
2	20	0	20.1	20.1	
3	20	0	20.1	20.1	

गणना

(i) $KMnO_4$ विलयन की नार्मलता

$KMnO_4$ विलयन का 20.1 मिली N/20 मोर लवण के घोल 20 मिली के समतुल्य है।

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

मोर लवण के लिए $KMnO_4$ के लिए

$$\frac{N}{20} \times 20 = N_2 \times 20.1$$

या $N_2 = \frac{N}{20} \times \frac{20}{20.1} = 0.0497\,N$

(ii) $KMnO_4$ विलयन की सान्द्रता :

= नार्मलता × तुल्यांकी भार

$= 0.0497 \times 31.6 =$ 1.5721 ग्राम / लीटर

परिणाम : दिये हुए $KMnO_4$ विलयन की नार्मलता 0.0497 N तथा सान्द्रता 1.5721 ग्राम प्रति लीटर है।

प्रयोग 10

उद्देश्य : फेरस अमोनियम सल्फेट (मोर लवण) का $\frac{M}{20}$ विलयन तैयार करना तथा इस विलयन के द्वारा दिए गए $KMnO_4$ विलयन की मोलरता तथा सान्द्रता ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण : रासायनिक तुला, बाट बॉक्स, वाच ग्लास, 250 mL बीकर, मापन सिलेंण्डर, ब्यूरेट, पिपेट, कॉच की छड़, धावन बोतल।

सूचक : $KMnO_4$ एक स्वयं सूचक है।

रासायनिक समीकरण

आण्विक समीकरण

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

$$2FeSO_4(NH_4)_2SO_4\ \ 6H_2O + H_2SO_4 + [O] \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 2(NH_4)_2SO_4 + SO_4 + 13H_2O] \times 5$$

$$2KMnO_4 + 8H_2SO_4 + 10FeSO_4(NH_4)_2 . SO_4 . 6H_2O \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 10(NH_4)_2SO_4 + 68H_2O$$

आयनिक समीकरण

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

$$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-] \times 5$$

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$$

अंत बिन्दु : रंगहीन से स्थायी गुलाबी रंग।

प्रयोग विधि (Experimental Method)

1. 4.9 ग्राम मोर लवण को जल में घोलकर M/20 मोर लवण का 250 मिली विलयन तैयार करते हैं। पिपेट को M/20 मोर लवण विलयन से धो लेते हैं। पिपेट की सहायता से स्वच्छ अनुमापन फ्लास्क में 20 मिली विलयन डालते हैं।
2. दिए गए $KMnO_4$ विलयन से ब्यूरेट को धोकर इसमें इस विलयन को भर देते हैं।
3. एक परखनली तनु सल्फ्यूरिक अम्ल (20 मिली) जिसकी नार्मलता 4N के लगभग बराबर होती है, अनुमापन फ्लास्क में डालते हैं।
4. ब्यूरेट का प्रारम्भिक पाठ्यांक नोट करते हैं।
5. अब धीरे–धीरे ब्यूरेट से $KMnO_4$ घोल को तब तक अनुमापन फ्लास्क में गिराते रहते हैं तथा फ्लास्क को हिलाते हैं, जब तक कि अन्तिम बूंद $KMnO_4$ से स्थायी हल्का गुलाबी रंग न प्राप्त हो जाए।
6. ब्यूरेट का अन्तिम पाठ्यांक नोट कर लेते हैं।
7. प्रक्रिया को 4–5 बार दोहराते हैं, जब तक कि दो सुंसंगत पाठ्यांक प्राप्त हो जाएँ।

   प्रेक्षण : मोर लवण का भार = 4.90 ग्राम

   तैयार किए गए लवण विलयन आयतन = 250 मिली

   मोर लवण की मोलरता = M/20

क्र.सं.	पिपेट द्वारा लिये गये फैरस अमोनियम सल्फेट का आयतन (V_1) सेमी^{3}	ब्यूरेट का पाठ्यांक		प्रयुक्त $KMnO_4$ विलयन का आयतन (b-a) सेमी^{3}	सुसंगत पाठ्यांक सेमी^{3}
		प्रारम्भिक पाठ्यांक (a)	अन्तिम पाठ्यांक (b)		
1	20	0	19.6	19.6	19.5
2	20	0	19.5	19.5	
3	20	0	19.5	19.5	

गणना

(i) $KMnO_4$ विलयन की मोलरता

रासायनिक समीकरण से स्पष्ट है कि $KMnO_4$ का 2 मोल मोर लवण के 10 मोल से प्रतिक्रिया करता है।

$\therefore 2M_1V_1 = 10\ M_2V_2$

यहाँ M_1 = मोर लवण विलयन की मोलरता =M/20

V_1 = मोर लवण विलयन का आयतन = 20 mL

M_2 = $KMnO_4$ विलयन की मोलरता

V_2 = $KMnO_4$ विलयन का आयतन = 19.5 mL

$$\therefore\ 2\times\frac{M}{20}\times 20 = 10\times M_2\times 19.5$$

$$\therefore\ M_2 = 2\times\frac{M}{20}\times\frac{20}{10\times 19.5} = 0.0102\,M$$

(ii) $KMnO_4$ विलयन की सान्द्रता = मोलरता × अणुभार

$= 0.0102\times 158$

= 1.6116 ग्राम प्रति लीटर है।

परिणाम : दिये हुए $KMnO_4$ विलयन की मोलरता = 0.0102 M तथा सान्द्रता 1.6116 ग्राम प्रति लीटर है।

प्रयोग 11

उद्देश्य : मोर लवण (फेरस अमोनियम सल्फेट) का ऐसा विलयन बनाना, जिसके प्रति लीटर में 15.0 ग्राम मोर लवण उपस्थित हो। इस विलयन के द्वारा $KMnO_4$ विलयन की मोलरता तथा सान्द्रता ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण : रासायनिक तुला, बाट बॉक्स, वाच ग्लास, 250 mL बीकर, मापन सिलेण्डर, ब्यूरेट, पिपेट, कॉच की छड़, धावन बोतल।

सूचक : $KMnO_4$ एक स्वयं सूचक है।

रासायनिक समीकरण

आण्विक समीकरण

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5[O]$$
$$[2FeSO_4(NH_4)_2SO_4 . 6H_2O + H_2SO_4 + [O] \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 2(NH_4)_2SO_4 + 13H_2O] \times 5$$
$$2KMnO_4 + 8H_2SO_4 + 10FeSO_4(NH_4)_2 . SO_4 . 6H_2O \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 10(NH_4)_2SO_4 + 68H_2O$$

आयनिक समीकरण

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$
$$[Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-] \times 5$$
$$MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$$

अंत बिन्दु : रंगहीन से स्थायी गुलाबी रंग।

प्रयोग विधि (Experimental Method)

1. एक वॉच ग्लास में 3.7 ग्राम मोर लवण तौलकर 250 mL मापक फ्लास्क की सहायता से इसको घोलकर 250 mL विलयन तैयार करते हैं। एक पिपेट लेकर उसे मोर लवण के विलयन से धोते हैं। इस विलयन को 20 mL की पिपेट से खींचकर स्वच्छ अनुमापन फ्लास्क में रखते हैं।
2. (~ 4N) तनु सल्फ्यूरिक अम्ल का 20 mL (लगभग एक परखनली) लेकर अनुमापन फ्लास्क में डालते हैं।
3. दिये गये $KMnO_4$ विलयन से ब्यूरेट को प्रक्षालन करें तथा ब्यूरेट में $KMnO_4$ विलयन को भरते है।
4. ब्यूरेट का प्रारम्भिक पाठ्यांक नोट करते हैं।
5. अब धीरे–धीरे ब्यूरेट से $KMnO_4$ विलयन को तब तक अनुमापन फ्लास्क में गिराते रहते हैं तथा फ्लास्क को हिलाते हैं, जब तक कि अन्तिम बूँद $KMnO_4$ से स्थायी हल्का गुलाबी रंग न प्राप्त हो जाए।
6. ब्यूरेट का अन्तिम पाठ्यांक नोट कर लेते हैं।
7. प्रक्रिया को 4–5 बार दोहराते हैं, जब तक कि दो सुसंगत पाठ्यांक प्राप्त हो जाएँ।

प्रेक्षण : मोर लवण का भार = 3.750 ग्राम

तैयार मोर लवण विलयन का आयतन = 250 mL

क्र.सं.	पिपेट द्वारा लिये गये मोर लवण का आयतन (V_1) सेमी^{3}	ब्यूरेट का पाठ्यांक		प्रयुक्त $KMnO_4$ विलयन का आयतन (b-a) सेमी^{3}	सुसंगत पाठ्यांक सेमी^{3}
		प्रारम्भिक पाठ्यांक (a)	अन्तिम पाठ्यांक (b)		
1	20	0	19.9	19.9	19.8
2	20	0	19.8	19.8	
3	20	0	19.8	19.8	

गणना

मोर लवण विलयन की सान्द्रता = 15 ग्राम/लीटर

मोर लवण का अणुभार = 392

मोर लवण विलयन की मोलरता = $\frac{15M}{392}$

(i) $KMnO_4$ विलयन की मोलरता

समीकरण से स्पष्ट है कि $KMnO_4$ का 2 मोल मोर लवण के 10 घोल से प्रतिक्रिया करता है।

अतः $\therefore 2M_1V_1 = 10\ M_2V_2$

(मोर लवण के लिए) ($KMnO_4$ के लिए)

$$2\times\frac{15}{392}\times 20 = 10\times M_2\times 19.8$$

$$M_2 = 2\times\frac{15M}{392}\times\frac{20}{10\times 19.8} = 0.0077\ M$$

(ii) $KMnO_4$ विलयन की सान्द्रता = मोलरता × अणुभार

$= 0.0077\times 158$

= 1.2166 ग्राम/लीटर

परिणाम : दिये हुए $KMnO_4$ विलयन की मोलरता = 0.0077 M तथा सान्द्रता 1.2166 ग्राम प्रति लीटर है।

गुणात्मक विश्लेषण
(Qualitative Analysis)

जब किसी पदार्थ (यौगिक अथवा मिश्रण) या विलयन में उपस्थित तत्वों अथवा मूलकों की उपस्थिति विभिन्न रासायनिक क्रियाओं की सहायता से ज्ञात की जाती है तो इस क्रिया को 'गुणात्मक रासायनिक विश्लेषण' अथवा केवल 'गुणात्मक विश्लेषण' कहते है। उदाहरण के लिए हम विश्लेषण द्वारा यह ज्ञात कर सकते है कि नौसादर में दो मूलक, अमोनियम आयन (NH_4^+) और क्लोराइड (Cl^-) है अथवा नौसादर और हरा कसीस (फेरस सल्फेट) के मिश्रण में चार मूलक–अमोनियम आयन (NH_4^+), फेरस आयन (Fe^{++}) क्लोराइड आयन (Cl^-) तथा सल्फेट आयन (SO_4^{2-}) है। यहाँ पर यह बात भी स्मरण करने योग्य है कि जिन मूलकों के धन आवेश होता है उन्हें भास्मिक मूलक अथवा धनायन अथवा केटायन तथा जिनमें ऋण आवेश होता है उन्हें अम्लीय मूलक अथवा ऋणायन अथवा ऐनायन कहते है।

गुणात्मक विश्लेषण की विधियों का अध्ययन करने के पहले उस्के लिए प्रयोग में आने वाले विभिन्न उपकरणों की पहले से ही जानकारी प्राप्त करना ज्यादा उपयुक्त होगा।

1. **परखनली (Test tube)** :– यह कॉच की बनी बेलनाकार नली होती है जिसकी लम्बाई लगभग 10 सेमी. तथा व्यास 1 से 1.5 सेमी. होता है। इसका आयतन लगभग 15–20 मिली होता है।

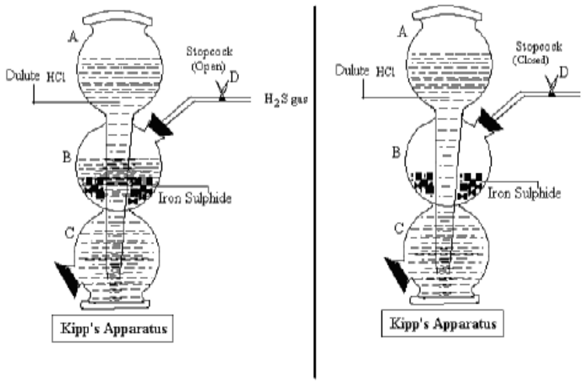
2. **क्वथन नली (Boiling tube)** :– परखनली की ही भॉति यह भी कॉच की बनी बेलनाकार नली होती है। किन्तु इसका आयतन लगभग 50 मिली होता है।

3. **कीप (Funnel)** :– यह कॉंच का बना उपकरण होता है जिसके ऊपर भाग का व्यास लगभग 4.सेमी. होता है। जब किसी अवक्षेप को द्रव से अलग करन होता है तो इसका उपयोग करते हैं। इसमे छन्ना कागज का प्रयोग किया जाता है छन्ने कागज को इस प्रकार मोड़ा जाता है कि उस्की तीन परत एक ओर रहे तथा चौथी परत दूसरी ओर रहे। फिर इसे कीप में फिट कर देते है जिससे यह किप का आकार ग्रहण कर लेता है।

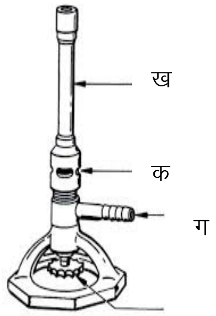
4. **संदशिका (Tong)** : यह धातु का बना उपकरण होता है जिसका उपयोग गर्म वस्तुओं या गर्म की जाने वाली वस्तुओं को पकड़ने में किया जाता है।

5. **धावन बोतल (Washing Bottle)** : यह सामान्यत: प्लॉस्टीक की बोतल होती है चित्र (4.1)। धावन बोतल में एक ही नली होती है तथा उसी में जेट (प्रधार) लगा होता है। इस बोतल को दबाने पर जेट से जल की तेज धारा निकलती है जिससे अवक्षेप धोया जा सकता है।

चित्र 4.1 धावन बोतल



चित्र 4.2 कीप उपकरण



चित्र 4.3 बुन्सन बर्नर

6. **किप उपकरण** : यह उपकरण प्रयोगशाला में हाइड्रोजन सल्फाइड गैस बनाने के लिए उपयोग में लाया जा सकता है। हाइड्रोजन सल्फाइड गैस को आयरन सल्फाइड पर तनु सल्फ्यूरिक अम्ल की अभिक्रिया द्वारा तैयार किया जाता है।

$$FeS + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2S\uparrow$$

किप उपकरण (चित्र 4.2) दो भागों में बाँटा जा सकता है–निचला भाग, जिसमें दो बल्ब 'C' तथा 'B' होते है, और ऊपरी भाग जिसमें गोलाकार कीप 'A' होती है, जिसकी नली का निचला भाग बल्ब 'B' से होते हुए बल्ब 'C' की सतह तक पहुँचता है। कीप 'A' बल्ब 'B' के मुँह में इस प्रकार फिट हो जाती है कि वह वायुरूद्ध हो जाता है। गैस बनाने के लिए बल्ब 'B' में आयरन सल्फाइड के टुकड़े डालकर कीप 'A' में से तनु सल्फ्यूरिक अम्ल की इतनी मात्रा डालते है कि बल्ब 'C' पूर्णतः भर जाये तथा कुछ अम्ल बल्ब 'B' में रखे हुए आयरन सल्फाइड के टुकड़ों के सम्पर्क में भी आ जाये।

अम्ल और आयरन सल्फाइड में सम्पर्क होते ही हाइड्रोजन सल्फाइड गैस का बनना शुरू हो जाता है तथा गैस बल्ब 'B' में एकत्र होने लगती है। बल्ब 'B' में लगी हुई टोंटी को खोलकर H_2S गैस को निकाला जा सकता है। जिस समय गैस प्रयोग नही की जाती है उस समय बल्ब 'B' में बनी गैस के दबाव के कारण अम्ल बल्ब 'B' से निकलकर बल्ब'C' में होता हुआ कीप 'A' में आ जाता है तथा बल्ब 'B' में आयरन सल्फाइड और अम्ल का सम्पर्क टूट जाता है जिससे H_2S गैस का और बनना बन्द हो जाता है। बल्ब 'B'में इकट्ठी हुई गैस का उपयोग करने पर उस्में दबाव कम हो जाता है जिससे कीप से अम्ल वापिस बल्ब 'B' में आयरन सल्फाइड के सम्पर्क में आ जाता है तथा H_2S गैस का बनना फिर प्रारम्भ हो जाता है। अतः किप उपकरण की यह विशेषता है कि उस्में H_2S गैस का उपयोग करने के समय ही बनती है जिससे अम्ल एवं आयरन सल्फाइड व्यर्थ में ही नष्ट नहीं होते। इससे बना हुआ फैरस सल्फेट भी अन्य कार्यो में उपयोग में लाया जा सकता है।

गैस का उपयोग करत समय टोंटी को धीरे से खोलना चाहिए अन्यथा गैस के साथ–साथ आयरन सल्फाइड के बारीक कण भी आ जाते है तथा गैस भी काफी मात्रा में व्यर्थ हो जाती है।

7. **बुन्सन बर्नर** : बुन्सन बर्नर (चित्रः 4.3) में एक धातु नली 'कख' होती है जिसको बर्नर के निचले भाग से पृथक किया जा सकता है। निचले भाग की पार्श्व नली 'ग' को एक रबर की नली द्वारा ज्वनशील गैस(जो कि अधिकतर केरोसीन तेल या पेट्रोल से तैयार की जाती है) की मुख्य सप्लाई लाइन से सम्बन्धित कर दिया जाता है। गैस नली 'ग' में होकर बर्नर में प्रवेश करती है तथा एक छिद्र में से होकर मुख्य द्वार 'ख' में से बाहर निकलती है। नली 'क ख' में 'क' के पास धातु का एक गोलाकार छल्ला लगा रहता है जिसमें छिद्र बना होता है। इस छल्ले में घुमाकर नली 'क ख' के 'क' स्थान पर बने हुए छिद्र को छोटा, बड़ा या बन्द किया जाता है जिससे गैस के साथ छिद्र से होकर मिलने वाली हवा की मात्रा क्रमशः कम, अधिक अथवा एकदम समाप्त हो जाती है। छिद्र एकदम बन्द होने पर गैस 'ख' पर पीली धूम्रयुक्त ज्वाला के साथ जलती है तथा एकदम खोल देने पर कभी–कभी गैस में हवा की मात्रा अत्यधिक हो जाने के कारण जलती ही नहीं। इसलिए इस छिद्र को इतना खोलते या बन्द करते है जिससे ज्वाला का रंग पीला न हो तथा उस्में अपचायक एवं उपचायक भाग दोनों ही ठीक से दिखाई देते रहें।

प्रायोगिक रसायन को अध्ययन की सुविधा हेतु दो शाखाओं में विभाजित किया गया है –

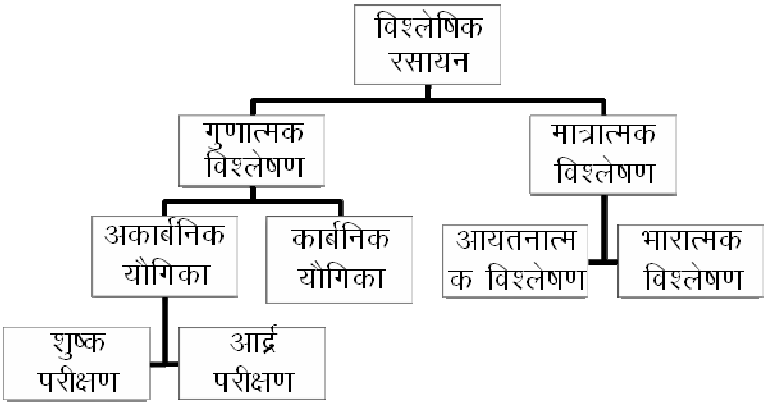
(i) विश्लेषिक रसायन (Analytical Chemistry) और
(ii) सांश्लेषिक रसायन (Synthetic Chemistry)

(i) **विश्लेषिक रसायन** : प्रायोगिक रसायन की इस शाखा के अन्तर्गत पदार्थों के गुणात्मक एवं मात्रात्मक विश्लेषण की विधियों का अध्ययन किया जाता है।

गुणात्मक विश्लेषण के अन्तर्गत अज्ञात पदार्थ, मिश्रण या यौगिक में उपस्थित तत्त्वों तथा मूलकों की पहचान की जाती है, जबकि मात्रात्मक विश्लेषणों में ज्ञात पदार्थ, मिश्रण या यौगिक में उपस्थित तत्त्वों तथा अवयवों की मात्रा का निर्धारण करते हैं।

अकार्बनिक गुणात्मक विश्लेषण में अज्ञात लवण या लवणों के मिश्रण में उपस्थित धनायनों (क्षारीय मूलकों) तथा ऋणायनों (अम्लीय मूलकों) की पहचान रासायनिक अभिक्रियाओं द्वारा की जाती है।

विश्लेषण के वर्गीकरण को संक्षेप में निम्नानुसार प्रदर्शित किया जा सकता है–



(i) सांश्लेषिक रसायन :

प्रायोगिक रसायन की इस शाखा के अन्तर्गत विभिन्न अकार्बनिक और कार्बनिक पदार्थों का रासायनिक क्रियाओं द्वारा नये पदार्थों के रूप में संश्लेषण किया जाता है।

4.1 गुणात्मक विश्लेषण में प्रयुक्त सिद्धान्त एवं तकनीक :

गुणात्मक विश्लेषण में प्रयुक्त होने वाले मूल सिद्धान्त और उनकी व्याख्या निम्नलिखित है–

(अ) आयनिक सिद्धान्त (Ionic Theory) :

कुछ पदार्थ जैसे ग्लूकोस, फ्रक्टोस आदि के जलीय विलयन विद्युत धारा का चालन नहीं करते है, ऐसे पदार्थ विद्युत अन–अपघट्य कहलाते हैं। इसके विपरीत वे पदार्थ जिनके जलीय विलयन विद्युत धारा का चालन करते हैं, विद्युत अपघट्य कहलाते है, जैसे नमक का जलीय विलयन।

आरेनियस के अनुसार जब किसी विद्युत अपघट्य को जल में विलेय करते हैं तो वह दो प्रकार के आवेशित कणों में विभक्त हो जाता है। धनावेशित कणों को धनायन (क्षारीय मूलकों) तथा ऋणात्मक कणों को ऋणायन (अम्लीय मूलकों) कहते हैं। विलयन में उपस्थित इन मूलकों को उनके विशिष्ट गुणों तथा विशिष्ट अभिकर्मकों की सहायता से पहचाना जाता है।

उदाहरण के लिए अमोनियम क्लोराइड (NH_4Cl) के विलयन में NH_4^+ तथा Cl^- आयन होते है। जब इसमें सिल्वर नाइट्रेट ($AgNO_3$) विलयन मिलाया जाता है, जिसमें Ag^+ तथा NO_3^- आयन उपस्थित होते है तो Ag^+ और Cl^- आयन संयोग कर $AgCl$ का श्वेत अवक्षेप बनाते हैं।

यदि शुद्ध क्लोरोफॉर्म ($CHCl_3$) में सिल्वर नाइट्रेट विलयन मिलाया जाये तो सिल्वर क्लोराइड ($AgCl$) का श्वेत अवक्षेप प्राप्त नहीं होता है, क्योंकि क्लोरोफॉर्म सहसंयोजक यौगिक है, जो क्लोराइड आयनों (Cl^-) में आयनित नहीं होता।

संकुल आयनों की गुणात्मक विश्लेषण में उपयोगिता :–

साधारण आयन के साथ उदासीन अणुओं अथवा विपरीत आवेश वाले आयनों की क्रिया से बनने वाले जटिल आयनों को संकुल आयन कहते हैं। उदारणार्थ –

$Ag^+ + 2\,NH_3 \rightarrow [Ag\,(NH_3)_2]^+$ डाइएमीन सिल्वर (I) आयन

संकुल आयनों की गुणात्मक विश्लेषण में उपयोगिता निम्नलिखित उदाहरणों से स्पष्ट है –

(i) अमोनिया संकुल (Ammonia Complex)- Cu^{2+} आयन के विलयन में NH_4OH मिलाने पर पहले क्यूप्रिक हाइड्रॉक्साइड का हल्का नीला अवक्षेप आता है जो NH_4OH को आधिक्य में मिलाने पर विलेयशील संकुल टेट्राएमीन कॉपर (II) आयन बनाता है और विलयन नीले रंग का हो जाता है।

$$Cu^{2+} + 2NH_4OH \rightarrow Cu(OH)_2 + 2NH_4^+$$

$$Cu(OH)_2 + 4NH_4OH \;\square\; [Cu(NH_3)_4]^{2+} + 4H_2O + 2OH^{-}$$

(ii) सायनाइड संकुल (Cyanide Complex)

द्वितीय समूह में Cu^{2+} तथा Cd^{2+} दोनों की एक साथ मिश्रण में उपस्थिति की अवस्था में इनके पृथक्करण में सायनाइड संकुल की उपस्थिति की महत्वपूर्ण भूमिका है। इनके विलयन आधिक्य में मिलाने पर निम्नलिखित संकुल बनते हैं –

$$Cu^{2+} + 4CN^{-} \;\square\; [Cu(CN)_4]^{2-}$$
$$Cd^{2+} + 4CN^{-} \;\square\; [Cd(CN)_4]^{2-}$$

केडमियम संकुल आयन कम स्थायी है। अतः विलयन में H_2S गैस प्रवाहित करने पर यह विघटित होकर CdS का पीला अवक्षेप बनाता है। जबकि कॉपर संकुल स्थायी होने के कारण विघटित नहीं होता।

$$[Cd(CN)_4]^{2-} + H_2S \rightleftharpoons CdS + 4\,CN^{-} + 2H^{+}$$

(iii) हाइड्रॉक्साइड संकुल (Hydroxide Complex)

Zn^{2+} तथा Al^{3+} के हाइड्रॉक्साइड NaOH के आधिक्य में संकुल बनने के कारण विलेय होता है।

$$Zn(OH)_2 + 2OH^{-} \;\square\; [Zn(OH_4)]^{2-}$$
$$Al(OH)_3 + OH^{-} \;\square\; [Al(OH_4)]^{-}$$

(iv) सल्फाइड संकुल (Sulphide Complex) :

As^{3+}, Sb^{3+}, Sn^{2+} के सल्फाइडों का पीले अमोनियम सल्फाइड में विलेय होना, संकुल आयन बनने के कारण होता है। द्वितीय समूह में II A और II B के मूलकों का पृथक्करण इसी गुण पर आधारित है।

$$As_2S_3 + 3S_2^{2-} \;\square\; 2AsS_4^{3-} + S$$
$$Sb_2S_3 + 3S_2^{2-} \;\square\; 2SbS_4^{3-} + S$$
$$SnS + S_2^{2-} \;\square\; SnS_3^{2-}$$

(ब) समआयन प्रभाव तथा विलेयता गुणनफल (Common ion effect and Solubility Product :

किसी दुर्बल विद्युत अपघट्य के विलयन में उसके आयनों में से किसी एक आयन युक्त प्रबल विद्युत अपघट्य का विलयन मिलाया जाए तो दुर्बल विद्युत अपघट्य के आयनन की मात्रा कम हो जाती है। इस प्रभाव को समआयन प्रभाव कहते है।

सम आयन प्रभाव का मूल कारण ली–शैतेलिए का नियम है, जिसके ''साम्यावस्था में किसी आयन की साद्रंता बढा दी जाए तो साम्य विपरीत दिशा में विस्थापित होने लगता है।''

संतृप्त विलयन में अविलेय ठोस पदार्थ, विलेय हुए पदार्थ के साथ साम्यावस्था में रहते हैं। इस ताप पर विलयन में और अधिक विद्युत अपघट्य मिलाने पर यह अविलेय रहता है। इस अवस्था में अविलेय ठोस के अनआयनित और आयनित विद्युत अपघट्य के आयनों के मध्य निम्नानुसार साम्यावस्था स्थापित होती है–

$$\underset{\text{अविलेय(ठोस)}}{AB} \rightleftharpoons \underset{\text{विलेय (विलयन)}}{AB} \rightleftharpoons \underset{\text{आयनित}}{A^{+} + B^{-}}$$

विलेयता गुणनफल (K_{SP}):

विलेयता (Solubility): निश्चित ताप पर एक लीटर संतृप्त विलयन में घुली हुई विलेय (Solute) की अधिकतम ग्राम मोल मात्रा को पदार्थ की विलेयता (s) कहते है।

निश्चित ताप पर किसी पदार्थ के संतृप्त विलयन में उपस्थित आयनों की सान्द्रता के गुणनफल को पदार्थ का विलेयता गुणनफल कहते है। इसे K_{SP} से प्रदर्शित करते हैं–

$$AB_{(\text{ठोस})} \rightleftharpoons A^{+} + B^{-}$$

$$K = \frac{[A^{+}]\,[B^{-}]}{[AB_{(\text{ठोस})}]}$$

चूंकि निश्चित ताप पर संतृप्त विलयन की सान्द्रता $AB_{(\text{ठोस})}$ स्थिर रहती है अतः K और $[AB_{(\text{दाब})}]$ का गुणनफल स्थिरांक हो जाता है इसे विलेयता गुणनफल कहते हैं।

$K\ [AB_{(\text{ठोस})}] = [A^+]\ [B^-] = K_{SP}$

K_{SP} का मान निश्चित ताप पर स्थिर होता है। ताप परिवर्तन होने पर इसका मान परिवर्तित हो जाता है।

अवक्षेपण के लिए आवश्यक शर्त :

यदि किसी विद्युत अपघट्य के आयनों की सान्द्रताओं का गुणनफल (आयनिक गुणनफल) उसके विलेयता गुणनफल से अधिक हो जाता है तो साम्यावस्था बायीं ओर विस्थापित हो जाती है तथा विद्युत अपघट्य का अवक्षेपण हो जाता है। यह विलयन अति संतृप्त विलयन कहलाता है। अतः यदि–

आयनिक गुणनफल > विलेयता गुणनफल, तो अवक्षेपण हो जाता है। (अति संतृप्त विलयन)

आयनिक गुणनफल < विलेयता गुणनफल, तो अवक्षेपण नहीं होता है। (असंतृप्त विलयन)

आयनिक गुणनफल = विलेयता गुणनफल, तो यह संतृप्त विलयन होता है।

विलेयता गुणनफल का गुणात्मक विश्लेषण में उपयोग :– विभिन्न धातुओं के यौगिकों के विलेयता गुणनफल भिन्न होते है।समान विलेयता गुणनफल के आधार पर ही धातु आयनों का विश्लेषण समूहवार किया जाता है। उदाहरण Hg^{2+},Cu^{2+}, Pb^{2+} Cd^{2+}, Sn^{4+}, As^{3+}, Sb^{3+} के सल्फाइडों का विलेयता गुणनफल लगभग समान होता है अतः इन्हें एक साथ द्वितीय समूह में रखा गया है। इसी प्रकार तृतीय समूह के Fe^{3+}, Cr^{3+}, Al^{3+} के हाइड्रॉक्साइडों का तथा पंचम समूह के Ba^{2+}, Sr^{2+} व Ca^{2+} के कार्बोनेट का विलेयता गुणनफल समान होता है अतः इन्हें एक ही समूह में रखा गया है।

मूलको को विलेयता गुणनफल के बढ़ते क्रम में रखा गया है। उदाहरणार्थ – Mn^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+} व Ni^{2+} के सल्फाइडों का विलेयता गुणनफल समान होता है लेकिन द्वितीय समूह के सल्फाइडों से अधिक होता है अतः इन्हे चतुर्थ समूह में रखा गया है। इसी प्रकार तृतीय समूह के हाइड्रॉक्साइडों का विलेयता गुणनफल चतुर्थ, पंचम व छठे समूह के हाइड्रॉक्साइडों से कम होता है।

(i) प्रथम समूह के क्लोराइड का अवक्षेपण :– प्रथम समूह के मूलकों के विलयन का समूह अभिकर्मक तनु HCl मिलाने पर ये अपने क्लोराइडों के रूप में अवक्षेपित होते हैं। क्योंकि तनु HCl के आयनन से प्राप्त Cl^- आयनों व विलयन में उपस्थित धातु आयनों की सान्द्रताओं का गुणनफल इनके विलेयता गुणनफल से अधिक हो जाता है। इसका कारण प्रथम समूह के धातु क्लोराइडों के विलेयता गुणनफल (जैसे $PbCl_2$ का 1.6×10^{-18}) का मान कम होना है $PbCl_2$ प्रथम समूह में पूर्ण अवक्षेपित नहीं हो पाता है अतः Pb^{2+}को द्वितीय समूह में भी रखा गया है।

(ii) द्वितीय समूह के सल्फाइडों का अवक्षेपण :–

द्वितीय समूह के धनायनों का अवक्षेपण सल्फाइड़ों के रूप में करते है। इन सल्फाइडों के विलेयता गुणनफल बाद में आने वाले समूहों के सल्फाइडों के विलेयता गुणनफल से कम होते हैं। अतः द्वितीय समूह के सल्फाइडों का अवक्षेपण सल्फाइड आयनों की सान्द्रता पर निर्भर करता है। इसके लिए लवण के विलयन में HCl की उपस्थिति में H_2S गैस प्रवाहित की जाती है, H_2S का वियोजन समआयन (H^+) प्रभाव के कारण कम होता हे, जिससे विलयन में सल्फाइड आयनों (S^{2-}) की सान्द्रता बहुत कम हो जाती है और यह केवल दूसरे समूह के धातुओं के सल्फाइडों का अवक्षेपण करती है, क्योंकि इन धातुओं के सल्फाइड़ों के विलेयता गुणनफल के मान अपेक्षाकृत कम होते है। चतुर्थ समूह के धातुओं के सल्फाइडों के विलेयता गुणनफल के मान उच्च होने के कारण विलयन में ही रह जाते हैं और अवक्षेपित नहीं होते हैं। सारणी 4.1 से यह बात स्पष्ट हो जाती है।

H_2S तथा HCl का आयनन निम्नानुसार होता है

$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

प्रबल

$H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-}$

दुर्बल   समआयन   कम

$K_{Sp} = [S^{2-}]\ [H^+]^2$

सारणी 4.1

द्वितीय एवं चतुर्थ समूह के सल्फाइडों का विलेयता गुणनफल

द्वितीय समूह के सल्फाइडों	विलेयता गुणनफल	चतुर्थ समूह के सल्फाइडों	विलेयता गुणनफल
HgS	4.0×10^{-54}	ZnS	1.2×10^{-23}
CuS	1.0×10^{-44}	MnS	1.4×10^{-15}
Bi_2S_3	1.6×10^{-44}	NiS	1.4×10^{-24}
PbS	5.0×10^{-29}	CoS	3.0×10^{-26}
CdS	1.4×10^{-28}		
As_2S_3	1.0×10^{-40}		
Sb_2S_3	1.0×10^{-80}		
SnS	8.0×10^{-29}		

(iii) चतुर्थ समूह के सल्फाइडों का अवक्षेपण :–

चतुर्थ समूह के धातु आयनों के सल्फाइडों के विलेयता गुणनफल अधिक होने के कारण अम्लीय माध्यम में H_2S प्रवाहित करने पर ये अवक्षेपित नहीं हो पाते हैं। इसके लिए विलयन में NH_4OH मिलाकर माध्यम क्षारीय बनाया जाता है। इससे H_2S का आयनन बढ़ जाता है।

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4 + OH^-$$

$$H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-}$$

अधिक

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$$ (अल्प आयनित)

क्षारीय माध्यम में H_2S के वियोजन से प्राप्त H^+ आयन, NH_4OH के वियोजन से प्राप्त OH^- आयनों से संयोग कर अल्प आयनित H_2O बनाते है। इससे विलयन में H^+ आयनों की सान्द्रता में कमी आती है जिसे पूरा करने के लिए H_2S का आयनन अधिक होता है। फलस्वरूप सल्फाइड (S^{2-}) आयनों की सान्द्रता इतनी बढ़ जाती है कि चतुर्थ समूह के धनायनों के सल्फाइडों का आयनिक गुणनफल इनके विलयेता गुणनफल से अधिक हो जाता है और ये अवक्षेपित हो जाते हैं।

(iv) तृतीय समूह के हाइड्रॉक्साइडों का अवक्षेपण :–

कुछ हाइड्रॉक्साइडों के विलेयता गुणनफल के मान सारणी 4.2 में दिये गये है।

सारणी : 4.2

धातु हाइड्रॉक्साइड	K_{SP} मान	धातु हाइड्रॉक्साइड	K_{SP} मान
$Cr(OH)_3$ $Al(OH)_3$ $Fe(OH)_3$	2.9×10^{-29} 8.5×10^{-38} 3.8×10^{-38}	$Fe(OH)_2$ $Ca(OH)_2$ $Mn(OH)_2$ $Mg(OH)_2$	4.8×10^{-16} 1.6×10^{-8} 4×10^{-14} 3.4×10^{-11}

तृतीय समूह के धनायनों का अवक्षेपण इनके हाइड्रॉक्साइडों के रूप में करते है। इस समूह के मूलकों Fe^{3+}, Cr^{3+}, Al^{3+} को इनके हाइड्रॉक्साइडों के रूप में अवक्षेपित करने के लिए द्वितीय समूह के छनित में ठोस NH_4Cl मिलाकर NH_4OH का विलयन मिलाया जाता है। तृतीय समूह के $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$तथा $Cr(OH)_3$ का विलेयता गुणनफल लगभग समान होता है लेकिन $Fe(OH)_2$ के K_{SP} का मान (4.8×10^{-16}) $Fe(OH)_3$ के मान (3.8×10^{-38}) से अधिक होता है, इस कारण यदि विलयन में Fe^{2+} उपस्थित हों तो वे $Fe(OH)_2$ के रूप में तृतीय समूह में अवक्षेपित नहीं हो सकते है। इसे अवक्षेपित करने के लिये ही तृतीय समूह में **अवक्षेपित करने से पूर्व सान्द्र HNO_3 डालकर विलयन को उबालते हैं जिससे Fe^{2+} का Fe^{3+} में ऑक्सीकरण हो जाता है।** फलस्वरूप NH_4OH मिलाने पर वह भी $Fe(OH)_3$ के रूप में अवक्षेपित हो जावेगा।

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$

(प्रबल विद्युत अपघट्य)

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

(दुर्बल विद्युत अपघट्य) समआयन कम

$$K_{SP} = [NH_4^+][OH^-]$$

NH_4Cl के NH_4^+ आयनों की उपस्थिति में सम आयन प्रभाव के कारण NH_4OH का आयनन कम हो जाता है। विलयन में OH^- आयनों की सान्द्रता कम हो जाती है। इस सान्द्रता पर तृतीय समूह के धनायनों के हाइड्रॉक्साइडों के आयनिक गुणनफल इसके विलेयता गुणनफलों से उच्च हो जाते हैं और ये अवक्षेपित हो जाते हैं। आगे के समूहों के धनायनों के हाइड्रॉक्साइडों के विलेयता गुणनफल उच्च होने के कारण वे अवक्षेपित नहीं होते और विलयन में ही रह जाते हैं।

(v) पंचम समूह के मूलकों का परीक्षण :–

पंचम समूह के सदस्यों (Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}) का परीक्षण इस क्रम में करते है। विलयन में सर्वप्रथम K_2CrO_4 की सहायता से Ba^{2+} को $BaCrO_4$ के रूप में अवक्षेपित करते है। $BaCrO_4$ का विलेयता गुणनफल $SrCrO_4$ तथा $CaCrO_4$ के विलेयता गुणनफल से कम होता है। विलयन में Ba^{2+} व CrO_4^{2-} आयनों की सान्द्रता का गुणनफल K_{SP} से अधिक है जबकि Sr^{2+} या Ca^{2+} व CrO_4^{2-} आयनों की सान्द्रता का गुणनफल K_{SP} से कम रहता है। इसी प्रकार विलयन में $(NH_4)_2SO_4$ मिलाये तो $BaSO_4$ तथा का $SrSO_4$ अवक्षेप प्राप्त होता है। परन्तु $CaSO_4$ अवक्षेपित नहीं होता है। $CaSO_4$ का विलेयता गुणनफल $BaSO_4$ व $SrSO_4$ के विलेयता गुणनफल से अधिक होता है। इस कारण Sr^{2+} का परीक्षण करने से पहले Ba^{2+} की अनुपस्थिति आवश्यक है। $(NH_4)_2C_2O_4$ मिलाने पर Ba^{2+} Sr^{2+} तथा Ca^{2+} तीनों ही ऑक्सेलेट के रूप में अवक्षेपित हो जाते है क्योंकि तीनों के विलेयता गुणनफल बहुत कम होते है। अतः Ca^{2+} का परीक्षण करने से पहले Ba^{2+} तथा Sr^{2+} की अनुपस्थिति निश्चित होनी चाहिये।

अतः Ba^{2+}, Sr^{2+} तथा Ca^{2+} के क्रम में परीक्षण करना चाहिये।

$[Ba^{2+}][CrO_4^{2-}] > K_{SP}$

$[Sr^{2+}$ या $Ca^{2+}][CrO_4^{2-}] < K_{SP}$

महत्त्वपूर्ण बिन्दु

विज्ञान के छात्रों के लिए यह आवश्यक है कि वे प्रत्येक कार्य को वैज्ञानिक ढ़ग से करें। प्रत्येक परीक्षण को करने से पहले यह विचार करें कि ऐसा क्यों किया जा रहा है, इससे परिणाम किस प्रकार प्राप्त हो रहा है? अतः प्रयोगशाला में कार्य करते समय निम्नांकित सावधानियां रखनी चाहिए –

- परीक्षण करने से पूर्व उसके सिद्धान्तों का पूर्ण ज्ञान होना चाहिए।
- परखनली में रासायनिक पदार्थो की सूक्ष्म मात्रा प्रयुक्त करनी चाहिए।
- परखनली में पदार्थों को गरम करते समय अपनी तथा पड़ोसी विद्यार्थियों की सुरक्षा का ध्यान रखना चाहिए।
- अम्लीय मूलकों के परीक्षण में शुष्क परखनली प्रयुक्त करनी चाहिए।
- क्षारीय (भास्मिक) मूलकों के परीक्षण में समूह अभिकर्मक मिलाने पर उस समूह का अवक्षेप प्राप्त न हो तो इसी विलयन को अगले समूह के परीक्षण में प्रयुक्त करना चाहिए।
- अभिकर्मक बोतलों को अपनी सीट पर नहीं छोड़ना चाहिए। कार्य करने के बाद उन्हें यथास्थान रख देना चाहिए।

4.2 अम्लीय मूलकों का परीक्षण (Test For Acidic Radicals)

ऐसे परमाणु या परमाणुओं के समूह, जिन पर ऋणावेश उपस्थित होते हैं, उन्हें ऋणायन कहते है। ये स्पीशीज अम्लों से प्राप्त होती है, अतः इन्हें अम्लीय मूलक कहते हैं, अम्लीय मूलकों के विश्लेषण की कोई क्रमबद्ध, सैद्धान्तिक विधि नहीं है। फिर भी अम्लों और कुछ अभिकर्मकों के प्रति इनके व्यवहार के आधार पर क्रमबद्ध अध्ययन के लिए इन्हें तीन समूहों में विभाजित किया गया है –

(i) प्रथम समूह (तनु अम्लीय समूह) :

इन्हे निर्बल अम्लीय मूलक भी कहते हैं। इस समूह के मूलक तनु सल्फ्यूरिक अम्ल या तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल द्वारा अपघटित होकर रंगहीन या विशेष रंग या गंध वाली गैस देते है। इस समूह में कार्बोनेट (CO_3^{2-}), सल्फाइट (SO_3^{2-}), सल्फाइड (S^{2-}), नाइट्राइट (NO_2^-) तथा ऐसीटेट (CH_3COO^-) सम्मिलित है।

(ii) द्वितीय समूह (सान्द्र अम्लीय समूह) :

इन्हें सबल अम्लीय मूलक भी कहते हैं। इस समूह के मूलक सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल द्वारा अपघटित होकर प्रायः

रंगीन और विशेष गंध वाली गैस देते हैं। इस समूह मे क्लोराइड(Cl^-) ब्रोमाइड(Br^-) आयोडाइड(I^-) तथा नाइट्रेट (NO_3^-), ऑक्सलेट ($C_2O_4^{2-}$), सम्मिलित है। ये ऋणायन तनु H_2SO_4 या तनु HCl द्वारा अपघटित नहीं होते।

(iii) तृतीय समूह (सामान्य या विशिष्ट अम्लीय मूलक)

इस समूह में वे ऋणायन रखे गए जो तनु या सान्द्र H_2SO_4 द्वारा अपघटित नहीं होते। इनका परीक्षण केवल अवक्षेपण अभिक्रियाओं द्वारा होता है। इस समूह में सल्फेट (SO_4^{2-}), बोरेट (BO_3^{3-}) और फॉस्फेट (PO_4^{3-}) ऋणायन है।

उक्त वर्णन के आधार पर अम्लीय मूलकों को निम्नानुसार सारणी बद्ध किया गया है –

प्रथम समूह (तनु अम्ल समूह)	द्वितीय समूह (सान्द्र अम्ल समूह)	तृतीय समूह
समूह अभिकर्मक तनु H_2SO_4 है। जिससे क्रिया कर ये गैस देते हैं।	समूह अभिकर्मक सान्द्र H_2SO_4 है, जिससे क्रिया कर गैस देते है।	इस मूलक के लवण कोई गैस नहीं देते है।
कार्बोनेट (CO_3^{2-}), सल्फाइट (SO_3^{2-}), सल्फाइड (S^{2-}), नाइट्राइट (NO_2^-) ऐसीटेट (CH_3COO^-)	क्लोराइड (Cl^-) ब्रोमाइड (Br^-) आयोडाइड (I^-) नाइट्रेट (NO_3^-), ऑक्सलेट $(C_2O_4)^{2-}$, फ्लुओराइड (F^-)	सल्फेट (SO_4^{2-}) फॉस्फेट (PO_4^{3-})

नोटः– बाधक मूलको ($C_2O_4^{2-}$, F^-, PO_4^{3-} व BO_3^{3-}) का परीक्षण इस कक्षा के पाठ्यक्रम में शमिल नही है।

ऋणायनों का विलयन में परीक्षण :

ऋणायनों का विलयन में परीक्षण करते समय कभी–कभी मिश्रण के विलयन में उपस्थित धनायन बाधा उत्पन्न करते हैं। जैसे सिल्वर आयन युक्त विलयन में सल्फेट का परीक्षण करने के लिए जब बेरियम क्लोराइड को मिलाते है तो AgCl का श्वेत अवक्षेप आता है, जो सल्फेट के अनुपस्थित होते हुए भी उस्के उपस्थित होने का भ्रम उत्पन्न करता है। अतः ऋणायनों के सही परीक्षण के लिए आवश्यक है कि ऐसा विलयन तैयार किया जाए जिसमें ऋणायन की सान्द्रता अधिकतम हो और धनायन की सान्द्रता न्यूनतम हो। इसके लिए मिश्रण का सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष बनाते है।

सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष बनाना :

एक क्वथन नली अथवा पोर्सिलीन की प्याली में थोड़ा सा मिश्रण एवं ठोस Na_2CO_3 1 : 3 के अनुपात में लेकर इसमें लगभग 10–15 मिली आसुत जल मिलाते हैं। इसे 10–12 मिनट तक गरम किया जाता है। अब इस विलयन को फिल्टर पत्र की सहायता से छान लेते है। छनित को ही सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष कहते हैं।

सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष बनाते समय उभय अपघटन होता है। लवण में उपस्थित अम्लीय मूलक Na_2CO_3 के Na^+ से क्रिया कर सोडियम लवण बनाते है जो जल में विलेय होते है तथा छानने पर छनित में चले जाते हैं। सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में Na_2CO_3 भी होता है अतः इस निष्कर्ष से अम्लीय मूलकों का परीक्षण करने से पहले इसे अम्ल द्वारा उदासीन किया जाता है।

$2MX + Na_2CO_3 \rightarrow M_2CO_3 + 2NaX$ (X अम्लीय मूलक)

$MX_2 + Na_2CO_3 \rightarrow MCO_3 + 2\ NaX$

$BaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow BaCO_3 + 2\ NaCl$
अवक्षेप विलेय

$2NH_4Cl + Na_2CO_3 \rightarrow (NH_4)_2CO_3 + 2\ NaCl$
अवक्षेप विलेय

$Ca(NO_3)_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + 2NaNO_3$
अवक्षेप विलेय

महत्त्पूर्ण बिन्दु

- उदासीन सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष तैयार करने के लिए सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष (1मिली) को तनु सल्फ्यूरिक अम्ल द्वारा उदासीन करो। ज्योंही विलयन उदासीन हो जाये, अम्ल का डालना रोक दो। अब विलयन में अम्ल के आधिक्य को अमोनियम हाइड्रॉक्साइड द्वारा नष्ट कर दो। अमोनिया के आधिक्य को

उबाल कर दूर करने के पश्चात् प्राप्त विलयन पूर्णतः उदासीन होगा।

- सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में Na_2CO_3 भी होता है, अतः इस निष्कर्ष का उपयोग कार्बोनेट के परीक्षण में नहीं करते।
- यह निष्कर्ष जल में अविलेय यौगिकों के अम्लीय मूलकों के परीक्षण में सहायक होता है, क्योंकि सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष बनाने में ये अम्लीय मूलक जल में विलेय सोडियम लवणों में परिवर्तित हो जाते हैं।
- सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष का उपयोग S^{2-}, SO_3^{2-}, SO_4^{2-}, Cl^- व I^- मूलकों के निश्चयात्मक परीक्षण में होता है।
- कुछ धातु आयन जैसे Cu^{2+}, As^{3+}, Sb^{3+}, Cr^{3+} आदि सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष से क्रिया कर विलेय रंगीन जटिल यौगिक बनाते हैं। इस रंगीन विलयन को रंगहीन करने के लिये विलयन में H_2S गैस प्रवाहित करते हैं। जिससे धातु आयनों के सल्फाइड अवक्षेपित हो जाते है, जिन्हें छानकर दूर करते हैं। छनित को उबालकर H_2S निकाल देते है। इसके पश्चात् प्राप्त होने वाले विलयन से Cl^-, S^{2-} तथा CO_3^{2-} को छोड़कर अन्य आयनों को परीक्षण करते हैं।
- पहले तनु H_2SO_4 के साथ परीक्षण करने चाहिए और बाद में सान्द्र H_2SO_4 के साथ।

4.2.1 प्रथम वर्ग : तनु सल्फ्युरिक अम्ल द्वारा अपघटित होने वाले ऋणायनों का परीक्षणः

कार्बोनेट (CO_3^{2-})मूलक का परीक्षण

क्रसं.	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	लवण में तनु H_2SO_4 डालने पर	तीव्र बुदबुदाहट के साथ रंगहीन और गंधहीन गैस (CO_2)मुक्त होती है।	कार्बोनेटCO_3^{2-}हो सकता है।
2.	निष्कासित गैस को ताजा बने चूने के पानी में प्रवाहित करने पर	चूने का पानी दूधिया हो जाता है।	CO_3^{2-} या SO_3^{2-} संभव है।
3.	निष्कासित गैस को अधिक देर तक चूने के पानी में प्रवाहित करने पर	चूने के पानी का दूधियापन समाप्त हो जाता है।	CO_3^{2-} निश्चित है।

सल्फाइट (SO_3^{2-})मूलक का परीक्षण

क्रसं.	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	लवण में तनु H_2SO_4 डालकर हल्का गर्म करने पर	रंगहीन , जलती हुई गंधक वाली तीक्ष्ण गंध युक्त गैस **SO_2** निकलती है।	सल्फाइट SO_3^{2-}हो सकता है।
2.	उक्त परखनली के मुंह पर तनु H_2SO_4 से अम्लीकृत किया हुआ पोटैशियम डाइक्रोमेट से भीगा फिल्टर पत्र ले जाने पर	फिल्टर पत्र का रंग क्रोमियम सल्फेट बनने के कारण हरा हो जाता है।	SO_3^{2-} निश्चित है।
3.	निकलने वाली गैस को चूने के पानी में प्रवाहित करने पर	चूने का पानी दूधिया हो जाता है।	CO_3^{2-} या SO_3^{2-} संभव है।
4.	गैस को अधिक देर तक चूने के पानी में प्रवाहित करने पर	चूने के पानी का दूधिया रंग समाप्त हो जाता हैं।	SO_3^{2-} निश्चित है। (यह परीक्षण CO_3^{2-} भी देता है अतः गैस को ध्यानपूर्वक सूंघना चाहिए।)
5.	निकलने वाली गैस को अम्लीय पोटैशियम परमैंगनेट विलयन में प्रवाहित करने पर	विलयन रंगहीन हो जाता है।	SO_3^{2-} निश्चित है।
6.	लवण के सोडियम कार्बोनेट	श्वेत अवक्षेप आता है।	SO_3^{2-} निश्चित है।

	निष्कर्ष को HCl से उदासीन करके इसमें $BaCl_2$ विलयन मिलाकर छानते है तथा छनित में ब्रोमीन जल डालकर गर्म करने पर		

सल्फाइड (S^{2-})मूलक का परीक्षण

क्रसं.	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	लवण में तनु H_2SO_4 डालकर हल्का गर्म करने पर	सड़े अण्डे जैसी गंध वाली रंगहीन गैस (H_2S) मुक्त होती है।	S^{2-}-हो सकता है।
2.	उपर्युक्त परखनली के मुंह पर लेड ऐसीटेट विलयन से भीगा फिल्टर पत्र ले जाने पर	फिल्टर पत्र चमकीला काला (PbS) हो जाता है।	S^{2-}निश्चित है।
3.	सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को ऐसीटिक अम्ल द्वारा अम्लीय करके उस्में कुछ बूंद लेड ऐसीटेट की मिलाने पर	काला अवक्षेप प्राप्त होता है।	S^{2-}निश्चित है।
4.	सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को अम्लीकृत करके उस्में कुछ बूंदे सोडियम नाइट्रोप्रुसाइड मिलाने पर	विलयन का रंग बैंगनी हो जाता है।	S^{2-}निश्चित है।
5.	सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को अम्लीकृत करके उस्में थोड़ा ठोस $CdCO_3$ मिलाकर हिलाने पर	पीला अवक्षेप (CdS) प्राप्त होता है।	S^{2-} निश्चित है।

नाइट्राइट (NO_2^-)मूलक का परीक्षण

क्रसं.	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	लवण में तनु H_2SO_4 डालकर हल्का गर्म करने पर	तीक्ष्ण गंधयुक्त हल्के भूरे रंग की गैस (NO_2)निकलती है।	NO_2^- हो सकता है।
2.	परखनली के मुंह पर तनु H_2SO_4,स्टार्च व पोटैशियम आयोडाइड से भीगा फिल्टर पत्र ले जाने पर	फिल्टर पत्र नीला हो जाता है।	NO_2^- निश्चित है।
3.	सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को अम्लीकृत करके उस्में ताजा $FeSO_4$ विलयन मिलाने पर	विलयन का रंग काला हो जाता है।	NO_2^- निश्चित है।
4.	सोडियम कार्बोनेट विलयन में अधिक मात्रा में CH_3COOH तथा KI विलयन मिलाने पर	विलयन का रंग पीला या भूरा हो जाता है।	NO_2^- निश्चित है।
5.	1मिली सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को तनु सल्फ्यूरिक अम्ल द्वारा अम्लीकृत करो। अब विलयन में **थायो यूरिया** के कुछ क्रिस्टल डालकर गरम करने के पश्चात् ठण्डा करो। तत्पश्चात् वियलन में फैंरिक क्लोराइड विलयन की 3–4 बूँदे डालो।	गाढ़े लाल रंग का विलयन प्राप्त होता है।	NO_2^- निश्चित है।

ऐसीटेट (CH_3COO^-)मूलक का परीक्षण

क्रसं.	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	लवण में तनु H_2SO_4 डालकर हल्का गर्म करने पर	सिरके (ऐसीटिक अम्ल) जैसी गंध आती है।	**CH_3COO^-** हो सकता है।
2.	लवण तथा ठोस ऑक्सेलिक अम्ल को हथेली पर लेकर 2–4 बूंद जल की डालकर अंगूठें से रगड़ने पर	सिरके जैसी गंध आती है।	**CH_3COO^-**निश्चित है।
3.	लवण के सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को तनु HCl से अम्लीकृत करके उदासीन $FeCl_3$विलयन मिलाने पर।	गहरा लाल रंग का विलयन प्राप्त होता हैं, जो गर्म करने पर भूरे अवक्षेप में परिवर्तित हो जाता है।	**CH_3COO^-** निश्चित है।
4.	लवण में थोड़ा सा C_2H_5OH और 5–.6 बूंदे सान्द्र H_2SO_4 डालकर गर्म करने पर	एस्टर बनने के कारण फलों जैसी गंध आती हैं।	**CH_3COO^-** निश्चित है।

नोट :– फेरिक क्लोराइड के जलीय–अपघटन के फलस्वरूप वियलन में हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की नगण्य मात्रा रहती है। अतः विलयन को उदासीन करने के लिए 1 मिली फेरिक क्लोराइड वियलन में 1 बूँद अमोनियम हाइड्रॉक्साइड मिलाओ। यदि कोई अवक्षेप बने तो उसे छान कर दूर कर दो तथा स्वच्छ छनित का उपयोग ऐसीटेट परीक्षण के लिए करो।

तनु H_2SO_4 द्वारा परीक्षण का प्रक्रम चित्र (Flow Sheet)

मिश्रण + तनु H_2SO_4

□ ठंडे विलयन में तीव्र बुदबुदाहट के साथ रंगहीन तथा गंधहीन गैस निकलती है, जो चूने के पानी को दूधिया कर देती है। CO_3^{2-} निश्चित।	□ हल्का गर्म करने पर

□ रंगहीन जलती हुई गंधक वाली तीक्षण गंध युक्त गैस निकलती है जो अम्लीय $K_2Cr_2O_7$से भीगे फिल्टर पत्र को हरा कर देती है।SO_3^{2-} निश्चित।	□ रंगहीन सडे अण्डे जैसी गंध वाली रंगहीन गैस निकलती है जो लेड ऐसीटेट से भीगे फिल्टर पत्र को काला कर देती है। S^{2-}निश्चित।	□ तीव्र गंधयुक्त हल्के भूरे रंग की गैस निकलती है जो स्टार्च और KI से भीगे फिल्टर पत्र को नीला कर देती है। NO_2^- निश्चित।	□ रंगहीन सिरके जैसी गंध निकलती है, जो उदासीन $FeCl_4$ विलयन को लाल कर देती है, जिसे गर्म करने पर भूरा अवक्षेप प्राप्त होता है। CH_3COO^- निश्चित।

महत्वपूर्ण बिन्दु

- ऐन्टिमनी सल्फाइड ($Sb_2\ S_3$) तनु अम्ल द्वारा विघटित नही हो पाता है। अतः इसके विच्छेदन के लिए सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल की आवश्यकता होती है।
- CO_2 या SO_2 गैस की मुडी हुई U आकार की नली द्वारा चूने के पानी में प्रवाहित करना चाहिए।

- ➢ प्रयुक्त चूने का पानी ताजा बना होना चाहिए।
- ➢ लेडऐसीटेट फिल्टर पत्र बनाने के लिए फिल्टर पत्र के टुकड़े को लेडऐसीटेट के विलयन में डुबोना चाहिए।
- ➢ स्टार्च आयोडाइड पत्र बनाने के लिए फिल्टर पत्र के टुकड़े पर 3-4 बूंदे तनु H_2SO_4 बूंदे KI विलयन व 3-4 बूंदे स्टार्च विलयन की डालनी चाहिए।

तनु H_2SO_4 द्वारा अपघटित होने वाले ऋणायनों का रसायन

कार्बोनेट (CO_3^{2-}) मूलक :–

(i) कार्बोनेट लवण की तनु H_2SO_4 के साथ क्रिया कराने पर तीव्र बुदबुदाहट के साथ CO_2 गैस उत्पन्न होती है

$Na_2CO_3 + H_2SO_4$ □ $Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$ □

(ii) इस प्रकार उत्पन्न CO_2 गैस को चूने के पानी में प्रवाहित करने पर अविलेय $CaCO_3$ बनने के कारण चूने का पानी दूधिया हा जाता है।

$Ca(OH)_2 + CO_2$ □ $CaCO_3 + H_2O$

अविलेय कैल्सियमकार्बोनेट

दूधिया

(iii) गैस को अधिक देर तक प्रवाहित करने पर अविलेय कैल्सियम कार्बोनेट, विलेय कैल्सियम बाइकार्बोनेट में परिवर्तन हो जाता है। जिसके कारण विलयन रंगहीन हो जाता है।

$CaCO_3 + H_2O + CO_2$ □ $Ca(HCO_3)_2$

विलेय कैल्सियमबाइकार्बोनेट

सल्फाइट (SO_3^{2-}) मूलक :–

(i) सल्फाइट लवण को तनु H_2SO_4 के साथ गर्म करने पर जलते हुए गंधक के समान गंध वाली SO_2 गैस निकलती है।

$Na_2SO_3 + H_2SO_4$ □ $Na_2SO_4 + H_2O + SO_2$ □

(ii) प्राप्त SO_2 गैस चूने के पानी को दूधिया कर देती है।

$Ca(OH)_2 + SO_2$ □ $CaSO_3 + H_2O$

अविलेय कैल्सियमसल्फाइट (दूधिया)

(iii) गैस को अधिक देर तक प्रवाहित करने पर अविलेय कैल्सियम सल्फाइट, विलेय कैल्सियम बाइसल्फाइट में परिवर्तित हो जाता है, जिसके कारण विलयण रंगहीन हो जाता है।

$CaSO_3 + H_2O + SO_2$ □ $Ca(HSO_3)_2$

विलेय कैल्सियमबाइसल्फाइट

(iv) निकलने वाली SO_2 गैस को अम्लीय $KMnO_4$ विलयन में प्रवाहित करने पर विलयन रंगहीन हो जाता है।

$2KMnO_4 + 2H_2O + 5SO_2$ □ $K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$

(v) परखनली के मुंह पर तनु H_2SO_4 तथा $K_2Cr_2O_7$ से भीगा फिल्टर पत्र ले जाने पर हरे रंग का क्रोमिक सल्फेट बनता है। इसी कारण अम्लीय $K_2Cr_2O_7$ से भीगा फिल्टर पत्र हरा हो जाता है।

$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3SO_2$ □ $K_2SO_4 + H_2O + Cr_2(SO_4)_3$

क्रोमिक सल्फेट हरा

(vi) सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को तनु HCl से उदासीन कर इसमें $BaCl_2$ मिलाने पर प्रारम्भ में बेरियम सल्फाइट का अवक्षेप बनता है जो तनु HCl में विलेय होने के कारण विलयन में ही रहता है।

$Na_2SO_3 + BaCl_2$ □ $BaSO_3 + 2NaCl$

(vii) बेरियम सल्फाइट ब्रोमीन जल द्वारा बेरियम सल्फेट में ऑक्सीकृत हो जाता है और श्वेत अवक्षेप प्राप्त होता है।

$BaSO_3 + Br_2 + H_2O \xrightarrow{[O]} BaSO_4$ □ $+ 2HBr$

बेरियम सल्फेट श्वेत अवक्षेप

सल्फाइड (S^{2-}) मूलक :–

(i) Ni, Co, As, Sb, Hg, Ag के सल्फाइडों के अतिरिक्त अन्य सल्फाइड लवण को तनु H_2SO_4 के साथ गर्म करने पर सडे अण्डे के समान गन्ध वाली H_2S गैस निकलती है।

$Na_2S + H_2SO_4$ □ $Na_2SO_4 + H_2S$ □

(ii) परखनली के मुंह पर लेड ऐसीटेट से भीगा फिल्टर पत्र ले जाने पर यह चमकीला काला हो जाता है।

$(CH_3COO)_2$ Pb + H_2S □ PbS + $2CH_3COOH$

लेड सल्फाइड

काला चमकीला

(iii) सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में ऐसीटिक अम्ल मिलाकर उसमें लेड ऐसीटेट विलयन मिलाने पर PbS का काला अवक्षेप बनता है।

Na_2S+ $(CH_3COO)_2$ Pb □ PbS □ + $2CH_3COONa$

काला अवक्षेप

(iv) अम्लीकृत सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में सोडियम नाइट्रोप्रुसाइड मिलाने पर बैंगनी रंग प्राप्त होता है।

Na_2S + Na_2 $[Fe(CN)_5NO]$ □ $Na_4[Fe(CN)_5NOS]$

सोडियम थायोनाइट्रोप्रुसाइड बैंगनी रंग

(v) अम्लीकृत सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में ठोस $CdCO_3$ मिलाकर हिलाने से पीला अवक्षेप प्राप्त होता है।

Na_2S+ $CdCO_3$ □ Na_2 CO_3 + CdS □

पीला अवक्षेप

नाइट्राइट (NO_2^-)मूलक :–

(i) नाइट्राइट लवण को तनु H_2SO_4 के साथ गर्म करने पर NO गैस बनती है जो वायु की ऑक्सीजन के साथ ऑक्सीकृत होकर भूरे रंग की NO_2 गैस बनाती है।

$2NaNO_2 + H_2SO_4$ □ $Na_2SO_4 + 2HNO_2$

$3HNO_2$ □ $HNO_3 + H_2O$ + 2NO (रंगहीन)

$2NO + O_2$ □ $2NO_2$

भूरे रंग की गैस

(ii) परखनली के मुंह पर H_2SO_4 स्टार्च और KI से भीगा फिल्टर पत्र ले जाने पर यह नीला हो जाता है।

$2KI + 2\ KNO_2 + 2H_2SO_4$ □ $2K_2SO_4 + H_2O + 2NO + I_2$

I_2 + स्टॉर्च □ संकुल यौगिक स्टॉर्च आयोडाइड (नीला)

(iii) मिश्रण में तनु H_2SO_4 डालने पर NO गैस बनती है। इसमें ताजा $FeSO_4$ विलयन मिलाने पर काला भूरा रंग प्राप्त होता है।

$FeSO_4 + NO$ □ $FeSO_4.NO$

नाइट्रोसोफेरस सल्फेट (काला भूरा)

(iv) थायोयूरिया परीक्षण की अभिक्रियाऐं :–

$HNO_2 + NH_2CS.NH_2$ □ N_2□ + HCNS + $2H_2O$

$2FeCl_3$ + 6HCNS □ $Fe[Fe(CNS)_6]$ + 6 HCl

(गहरा लाल)

नोट : इस परीक्षण में आयोडाइड बाधा उत्पन्न करता है।

ऐसीटेट (CH_3COO^-) मूलक :–

(i) ऐसीटेट लवण को तनु H_2SO_4के साथ गर्म करने पर ऐसीटिक अम्ल बनता है और सिरके जैसी गंध आती है।

$CH_3COONa + H_2SO_4$ □ $NaHSO_4 + CH_3COOH$

(ii) ऐसीटेट लवण ऑक्सलिक अम्ल के साथ सुगमता से क्रिया कर ऐसीटिक अम्ल बनाता है।

$2CH_3COONa + H_2C_2O_4$ □ $Na_2C_2O_4 + 2CH_3COOH$

सिरका

(iii) मिश्रण के सोडियम कोर्बोनेट निष्कर्ष में उदासीन $FeCl_3$ विलयन मिलाने पर गहरा लाल रंग उत्पन्न होता जो फेरिक ऐसीटेट बनने के कारण होता है।

$FeCl_3 + 3CH_3COONa$ □ $(CH_3COO)_3 Fe + 3NaCl$

इस विलयन के उबालने पर क्षारीय फेरिक ऐसीटेट का भूरा अवक्षेप बनता है।

$(CH_3COO)_3 Fe + 2H_2O$ □ $(CH_3COO) Fe(OH)_2 + 2CH_3 COOH$

क्षारीय फेरिक ऐसिटेट (भूरा अवक्षेप)

(iv) मिश्रण को सान्द्र H_2SO_4 और एथेनॉल के साथ गर्म करने पर एस्टर बनता है जिसकी फलों जैसी गंध होती है।

$2CH_3OONa + H_2SO_4$ □ $Na_2SO_4 + 2CH_3 COOH$

$CH_3COOH + C_2H_5OH$ □ $CH_3COOC_2H_5 + H_2O$

एथिल ऐसीटेट फलों जैसी गंध

4.2.2 द्वितीय वर्ग : सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल द्वारा अपघटित होने वाले ऋणायनों का परीक्षण :

क्लोराइड (Cl^-) मूलक का परीक्षण

क्रसं.	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	लवण में सान्द्र H_2SO_4 डालकर हल्का गर्म करने पर	तीक्ष्ण गंध युक्त रंगहीन गैस (HCl) निकलती है।	क्लोराइड Cl^- हो सकता है।
2.	परखनली के मुंह पर NH_4OH से भीगी छड़ ले जाने पर	श्वेत धुम बनते है।	Cl^- हो सकता है।
3.	परखनली में थोड़ा सा MnO_2 डालकर गर्म करने पर	पीले–हरे रंग की गैस Cl_2 निकलती है।	Cl^- हो सकता है।
4.	सिल्वर नाइट्रेट परीक्षण		
(i)	लवण के सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को तनु HNO_3 द्वारा अम्लीकृत करके $AgNO_3$विलयन मिलाने पर	श्वेत अवक्षेप आता है। जो NH_4OH में पूर्ण विलेय हो जाता है।	Cl^- निश्चित
(ii)	उपर्युक्त विलयन में HNO_3 मिलाने पर	श्वेत अवक्षेप पुनः आ जाता है।	Cl^- निश्चित
5.	क्रोमिल क्लोराइड परीक्षण		
(i)	परखनली में लवण और ठोस $K_2Cr_2O_7$ को 1:1 अनुपात में मिलाकर सान्द्र H_2SO_4 डालते है और गर्म करते है।	गहरे लाल रंग की क्रोमिल क्लोराइड की वाष्प बनती है।	Cl^- हो सकता है।
(ii)	निकलने वाली वाष्प को NaOH विलयन में प्रवाहित करने पर	विलयन का रंग पीला हो जाता है।	Cl^- हो सकता है।
(iii)	प्राप्त विलयन को एसीटिक अम्ल से अम्लीकृत कर लेड एसीटेट विलयन मिलाने पर	पीला अवक्षेप प्राप्त होता है।	Cl^- निश्चित

नोट :– Hg, Ag, Pb और Sn के क्लोराइड क्रोमिल क्लोराइड परीक्षण नहीं देते है। इसके लिए सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को शुष्क होने तक उबालते है और फिर प्राप्त अवक्षेप से उक्त परीक्षण करते है।

ब्रोमाइड (Br^-) मूलक का परीक्षण

क्र.सं.	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	लवण में सान्द्र H_2SO_4 डालकर हल्का गर्म करने पर	तीक्ष्ण गंध युक्त लाल भूरे रंग की गैस निकलती है।	Br^- ब्रोमाइड हो सकता है।
2.	उपर्युक्त विलयन में थोड़ा सा MnO_2 डालकर गर्म करने पर	अधिक मात्रा में लाल भूरे रंग की गैस (Br_2)निकलती है	Br^- ब्रोमाइड हो सकता है।
3.	**सिल्वर नाइट्रेट परीक्षण** लवण के सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को तनु HNO_3 द्वारा अम्लीकृत करके $AgNO_3$विलयन मिलाने पर	हल्का पीला अवक्षेप आता है जो NH_4OH में अल्प विलेय हो जाता है।	Br^- निश्चित
4.	**परत या क्लोरीन जल परीक्षण** उदासीन सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष (तनु HNO_3 द्वारा) में कुछ मात्रा में $CHCl_3$ या CCl_4 या CS_2 मिलाने के बाद धीरे–धीरे क्लोरीन जल मिलाकर हिलाने पर	कार्बनिक विलायक $CHCl_3$ या CCl_4 की परत पीली या भूरी हो जाती है।	Br^- निश्चित

नोट :– मिश्रण में स्टैनस (Sn^{2+}) उपस्थित होने की दशा में ब्रोमाइड विघटित नहीं होता ।

आयोडाइड (I^-) मूलक का परीक्षण

क्र.सं.	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	लवण में सान्द्र H_2SO_4 डालकर हल्का गर्म करने पर	तीक्ष्ण गंध युक्त बैंगनी रंग की वाष्प निकलती है।	आयोडाइड I^- हो सकता है।
2.	उपर्युक्त विलयन में थोड़ा सा MnO_2 डालकर गर्म करने पर	बैंगनी वाष्प (I_2) की मात्रा बढ़ जाती है।	आयोडाइड I^- हो सकता है।
3.	**सिल्वर नाइट्रेट परीक्षण** लवण के सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को तनु HNO_3 द्वारा अम्लीकृत करके $AgNO_3$विलयन मिलाने पर	पीला अवक्षेप आता है NH_4OH में अविलेय होता है।	I^- निश्चित
4.	उदासीन सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में तनु $HgCl_2$ मिलाने पर	सिंदूरी रंग का अवक्षेप प्राप्त होता है।	I^- निश्चित
5.	**परत या क्लोरीन जल परीक्षण** सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष तनु HNO_3 द्वारा अम्लीकृत करके कुछ मात्रा में $CHCl_3$ या CCl_4 या CS_2 मिलाने के बाद धीरे–धीरे क्लोरीन जल मिलाकर हिलाने पर	कार्बनिक विलायक $CHCl_3$ या CCl_4 की परत बैंगनी हो जाती है।	I^- निश्चित

नाइट्रेट (NO_3^-) मूलक का परीक्षण

क्रसं.	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	लवण में सान्द्र H_2SO_4 डालकर हल्का गर्म करने पर	तीक्ष्ण गंध युक्त हल्के भूरे रंग की गैस निकलती है।	NO_3^- नाइट्रेट हो सकता है।
2.	उपर्युक्त विलयन में तांबे की छीलन या फिल्टर पत्र का टुकड़ा डालकर गर्म करने पर	गहरे भूरे रंग की घनी गैस NO_2 निकलती है।	NO_3^- नाइट्रेट हो सकता है।
3.	लवण के सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में लगभग समान मात्रा में सान्द्र NH_4OH मिलाकर उबालते है फिर Zn चूर्ण के साथ उबालने पर	अमोनिया की गंध आती है।	NO_3^- निश्चित
4.	**वलय परीक्षण** लवण के जलीय विलयन में ताजा $FeSO_4$ का विलयन मिलाते है। परखनली को तिरछी करके इसकी दीवार के सहारे थोड़ा सा सान्द्र H_2SO_4 मिलाने पर	दोनो द्रवों के संगम पर काले–भूरे रंग का छल्ला (वलय) बनता है।	NO_3^- निश्चित

सान्द्र H_2SO_4 द्वारा परीक्षण का प्रक्रम चित्र (Flow Sheet)

मिश्रण + सान्द्र H_2SO_4
(हल्का गर्म करने पर)

(i) तीक्ष्ण गंधयुक्त रंगहीन गैस निकलती है।	(i) तीक्ष्ण गंध युक्त लाल–भूरे रंग की गैस निकलती है	(i) तीक्ष्ण गंध युक्त बैंगनी वाष्प निकलती है।	(i) तीक्ष्ण गंध युक्त हल्के भूरे रंग की वाष्प निकलती है
(ii) MnO_2 मिलाने पर गैस हरी–पीली (Cl_2) निकलती है।	(ii) MnO_2 मिलाने पर मात्रा बढ़ जाती है	(ii) MnO_2 मिलाने पर बढ़ जाती है	(ii) तांबे की छीलन या फिल्टर पत्र के टुकड़े मिलाने पर गैस की मात्रा बढ़ जाती है।
(iii) क्रोमिल क्लोराइड	(iii) परत परीक्षण–पीली– भूरी परत	(iii) परत परीक्षण–बैंगनी	(iii) वलय परीक्षण–भूरे

परीक्षण पीला अवक्षेप प्राप्त होता है।	बनती है।	परत बनती है।	रंग की वलय NO_3^- बनती है। निश्चित
(iv) सिल्वर नाइट्रेट परीक्षण श्वेत अवक्षेप जो NH_4OH में विलेय Cl^- निश्चित	(iv) सिल्वर नाइट्रेट परीक्षण हल्का पीला अवक्षेप जो NH_4OH में अल्प विलेय Br^- निश्चित	(iv) सिल्वर नाइट्रेट परीक्षण पीला अवक्षेप जो NH_4OH में अविलेय I^- निश्चित	

सान्द्र H_2SO_4 द्वारा अपघटित होने वाले ऋणायनों की रसायन :

क्लोराइड (Cl^-)मूलक

(i) क्लोराइड युक्त लवण को सान्द्र H_2SO_4 के साथ गर्म करने पर HCl के रंगहीन धूम बनते है –

$NaCl + H_2SO_4$ □ $NaHSO_4 + HCl$ □

$ZnCl_2 + H_2SO_4$ □ $ZnSO_4 + 2HCl$ □

(ii) परखनली के मुंह पर NH_4 OH से भीगी छड़ ले जाने पर श्वेत धूम बनते है।

$HCl + NH_4 OH$ □ NH_4Cl □ $+ H_2O$

श्वेत धूम

(iii) परखनली में मिश्रण को सान्द्र H_2SO_4 और ठोस MnO_2 के साथ गर्म करने पर हरी पीले रंग की गैस Cl_2 निकलती है।

$2NaCl + MnO_2 + 3H_2SO_4$ □ $2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Cl_2$□

या$4HCl + MnO_2$ □ $MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$□

(iv) सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में $AgNO_3$ विलयन मिलाने पर श्वेत अवक्षेप AgCl बनता है। जो NH_4OH के आधिक्य में विलेय है।

$NaCl + AgNO_3$ □ $AgCl$ □ $+ NaNO_3$

श्वेत अवक्षेप

$AgCl + 2NH_4OH$ □ $[Ag(NH_3)_2]\, Cl + 2H_2O$

विलेय डाइएम्मीन सिल्वर (I) क्लोराइड

उपयुक्त विलयन में HNO_3 डालने पर AgCl पुनः अवक्षेपित होता है।

$[Ag(NH_3)_2]Cl + 2HNO_3$ □ $AgCl$ □ $+ 2NH_4NO_3$

(v) क्रोमिल क्लोराइड परीक्षण

$4NaCl + K_2Cr_2O_7 + 6H_2SO_4$ □ $2KHSO_4 + 4NaHSO_4 + 3H_2O + 2CrO_2Cl_2$□

क्रोमिलक्लोराइड (गहरे लाल रंग की वाष्प)

$CrO_2Cl_2 + 4NaOH$ □ $2NaCl + Na_2CrO_4 + 2H_2O$

सोडियम क्रोमेट विलयन

$Na_2CrO_4 + (CH_3COO)_2\, Pb$ □ $PbCrO_4 + 2CH_3\, COONa$

लेड क्रोमेट (पीला अवक्षेप)

ब्रोमाइड (Br^-) मूलक

(i) ब्रोमाइड युक्त लवण को सान्द्र H_2SO_4 के साथ गर्म करने पर HBr बनता है जो H_2SO_4 से क्रिया कर लाल भूरे रंग की गैस HBr निकलती है।

$NaBr + H_2SO_4$ □ $NaHSO_4 + HBr$

$2HBr + H_2SO_4$ □ $2H_2O + SO_2 + Br_2$□ (लाल भूरी गैस)

(ii) उक्त विलयन में थोड़ा सा MnO_2 डालकर गर्म करने पर अधिक मात्रा में लाल–भूरे रंग की गैस निकलती है –

$2NaBr + MnO_2 + 3H_2SO_4$ □ $2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Br_2$□

(iii) सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष मे $AgNO_3$ मिलाने पर AgBr का हल्का पीला अवक्षेप प्राप्त होता है जो NH_4OH के आधिक्य में अल्प विलेय है।

$AgNO_3 + NaBr$ □ $NaNO_3 + AgBr$□

सिल्वर ब्रोमाइड हल्का पीला

(iv) परत परीक्षण – सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को तनु HNO_3 द्वारा अम्लीकृत कर थोड़ा $CHCl_3$ CCl_4 या CS_2 मिलाकर फिर क्लोरीन जल मिलाने पर कार्बनिक विलायक की परत पीली हो जाती है।

$2NaBr + Cl_2$ □ $2\, NaCl + Br_2$□

$Br_2 + CHCl_3$ □ $CHCl_3.Br_2$

क्लोरोफॉर्म — पीली या भूरी परत

सिद्धान्त : ब्रोमीन तथा आयोडीन की अपेक्षा क्लोरीन अधिक ऋण विद्युती है। अतः सोडियम ब्रोमाइड अथवा सोडियम आयोडाइड के विलयन में क्लोरीन जल मिलाने पर क्रमशः ब्रोमीन अथवा आयोडीन मुक्त हो जाती है जिनको उनके रंग से सुगमतापूर्वक पहचाना जा सकता है।

आयोडाइड (I^-)मूलक

(i) आयोडाइड युक्त लवण को सान्द्र H_2SO_4 के साथ गर्म करने पर HI उत्पन्न है जो H_2SO_4 से ऑक्सीकृत होकर I_2 की बैंगनी रंग की वाष्प देता है। यह वाष्प परखनली के ठण्डे भाग पर काले कणों के रूप में संघनित होती है।

$$NaI + H_2SO_4 \square\ Na_2SO_4 + 2HI$$

$$2HI + H_2SO_4 \square\ 2H_2O + SO_2 + I_2\square$$

(ii) उक्त विलयन में थोडा सा MnO_2 डालकर गर्म करने पर अधिक मात्रा में बैंगनी भाष्प निकलती है–

$$2NaI + MnO_2 + 3H_2SO \square\ 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2 \square$$

(iii) सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में $AgNO_3$ मिलाने पर गहरा पीला अवक्षेप बनता है जो NH_4OH में अविलेय है।

$$AgNO_3 + NaI \square\ NaNO_3 + AgI \square$$

सिल्वर आयोडाइड (पीला)

(iv) सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में $HgCl_2$ मिलाने पर सिंदूरी अवक्षेप प्राप्त होता है।

$$HgCl_2 + 2NaI \square\ 2NaCl + 2HgI_2\square$$

(v) सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष को तनु HNO_3 द्वारा अम्लीकृत कर $CHCl_3$, CCl_4 या CS_2 थोड़ा सा मिलाते है फिर क्लोरीन जल मिलाने पर कार्बनिक विलायक की सतह बैंगनी हो जाती है।

$$2NaI + Cl \square\ 2NaCl + I_2$$

$$I_2 + CHCl_3 \square\ CHCl_3.I_2$$

बैंगनी परत

नाइट्रेट (NO_3^-)मूलक के परीक्षण

(i) नाइट्रेट युक्त लवण को सान्द्र H_2SO_4 के साथ गर्म करने पर नाइट्रिक अम्ल की वाष्प बनती है। जो अधिक गर्म किए जाने पर अपघटित हो जाती है। NO_2 के लाल भूरे रंग के वाष्प बनते हैं।

$$2NaNO_3 + H_2SO_4 \square\ Na_2SO_4 + 2HNO_3$$

$$4HNO_3 \square\ 2H_2O + O_2 + 4NO_2\square \text{ (भूरी गैस)}$$

उक्त विलयन में तांबें की छीलन डालने पर अधिक गाढ़े भूरे धूम निकलते है–

$$4NaNO_3 + 2H_2SO_4 + Cu \square\ 2Na_2SO_4 + Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2\square$$

भूरे धूम

(ii) सभी नाइट्रेट लवण जल में विलेय होते हैं। अतः जब मिश्रण को जल के साथ हिलाकर छाना जाता है तो छनित में नाइट्रेट चले जाते है। इस विलयन में H_2SO_4 व $FeSO_4$ विलयन डालने पर NO बनती है, जो $FeSO_4$ से संयोग कर $FeSO_4.NO$की भूरे रंग की वलय बनाती है।

$$NaNO_3 + H_2SO_4 \square\ NaHSO_4 + HNO_3$$

$$6FeSO_4 + 2HNO_3 + 3H_2SO_4 \square\ 3Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 2NO$$

$$FeSO_4 + NO \square\ FeSO_4.\ NO$$

नाइट्रोसोफेरस सल्फेट (भूरा रंग)

(iii) सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में समान मात्रा में सान्द्र NaOH मिलाकर उबालते है। फिर जिंक चूर्ण मिलाकर पुनः उबालने पर अमोनिया की गंध आती है।

$$NaNO_3 + 4Zn + 7NaOH \square\ NH_3 \square + 4\ Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

4.2.3 तृतीय वर्ग : सामान्य या विशिष्ट अम्लीय मूलक

वे ऋणायन (अम्लीय मूलक) जो तनु या सान्द्र H_2SO_4 द्वारा अपघटित नहीं होते, उन्हें इस समूह में रखा गया है।

SO_4^{2-} मूलक का परीक्षण

क्र.सं.	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में कुछ बूंदे तनु HNO_3 मिलाकर थोड़ा सा $BaCl_2$ विलयन मिलाने पर	श्वेत अवक्षेप प्राप्त होता है।	सल्फेट SO_4^{2-} हो सकता है।
2.	उक्त अवक्षेप को छानकर इसके दो भाग करते है।		
(i)	प्रथम भाग में सान्द्र HNO_3 मिला कर उबालने पर	अवक्षेप अविलेय रहता है।	SO_4^{2-} निश्चित
(ii)	द्वितीय भाग में सान्द्र HCl मिलाकर उबालने पर	अवक्षेप अविलेय रहता है।	SO_4^{2-} निश्चित

सल्फेट SO_4^{2-} मूलक का रसायन :

सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष में तनु HNO_3 मिलाकर थोड़ा $BaCl_2$ विलयन मिलाने पर बेरियम सल्फेट का श्वेत अवक्षेप आता है।

$Na_2SO_4 + BaCl_2$ □ $BaSO_4$ □ $+ 2\ NaCl$

बेरियम सल्फेट (श्वेत अवक्षेप)

4.3 क्षारीय मूलकों के परीक्षण (Test for Basic Radicals)

लवण में धनायन की पहचान करने के लिए निम्न दो प्रकार के परीक्षण किये जाते है –

(i) शुष्क परीक्षण (Dry Tests)

(ii) आर्द्र परीक्षण (Wet Tests)

धनायन के गुणात्मक विश्लेषण में शुष्क परीक्षण बहुत महत्वपूर्ण होते हैं क्योंकि इसके द्वारा किसी लवण में उपस्थित धनायन का अनुमान लगाया जा सकता है। कुछ शुष्क परीक्षण तो इतने स्पष्ट होते है कि उनके द्वारा किसी धनायन का सही–सही अनुमान लगाया जा सकता है। शुष्क परीक्षण से प्राप्त जानकारी के आधार पर आर्द्र परीक्षण द्वारा धनायनों का निश्चयात्मक परीक्षण सरलता से किया जा सकता है। अतः धनायन का शुष्क परीक्षण आर्द्र परीक्षण से पहले करना चाहिए।

शुष्क परीक्षण कई प्रकार के होते है। इनमें निम्नलिखित परीक्षण प्रमुख एवं महत्वपूर्ण है –

(1) भौतिक गुण (Physical Properties)

(2) उष्मा का प्रभाव (Effect of Heat)

(3) ज्वाला परीक्षण (Flame Test)

(4) सुहागा मनका परीक्षण (Borax Bead Test)

(5) चारकोल गुहा परीक्षण (Charcoal Cavity Test)

(6) कोबाल्ट नाइट्रेट परीक्षण (Cobalt Nitrate Test)

(7) गलन मिश्रण परीक्षण (Fusion Mixture Test)

(1) भौतिक गुण (Physical Properties) लवण में उपस्थित धनायन का अनुमान लवण के कुछ भौतिक गुणों जैसे

रंग घनत्व विलयन का रंग आदि के आधार पर लगाया जा सकता है।

(i) रंग (Colour) - अकार्बनिक लवण का रंग उस्में उपस्थित धनायन के कारण होता है। अतः लवण के रंग के आधार पर उस्में उपस्थित धनायन का अनुमान लगाया जा सकता है। कुछ लवण रंग तथा अनुमानित धनायन को सारणी 4.3 में दिया गया है।

सारणी 4.3 – रंगीन यौगिक

रंग	अनुमानित धनायन
नीला	Cu^{2+}, Co^{2+}
हल्का हरा	Fe^{2+}
पीला–भूरा	Fe^{3+}
पीला	Cd^{+2}, As^{3+}
नारंगी	Sb^{3+}
हरा	Ni^{2+}
हल्का गुलाबी	Mn^{2+}
गहरा गुलाबी	Co^{2+}
पीला हरा या बैंगनी	Cr^{3+}
काला	Mn^{2+}, Pb^{2+}, Cu^{2+}, Ag^{1+}, Ni^{2+}, Co^{2+}

(ii) विलयन का रंग कुछ धातुओं के लवण जल अथवा तनु अम्ल में घोले जाने पर रंगीन विलयन बनाते है। अतः विलयन के रंग के आधार पर लवण में धनायन का अनुमान लगाया जा सकता है। सारणी 4.4 में कुछ विलयनों के रंग तथा अनुमानित धनायन को दिया गया है।

सारणी 4.4 – लवण के विलयन के रंग

विलयन का रंग	अनुमानित धनायन
नीला	Cu^{2+}
हरा	Cr^{3+} Ni^{2+}
हल्का हरा	Fe^{2+}
हल्का पीला	Fe^{3+}
हल्का गुलाबी	Mn^{2+}
गुलाबी	Co^{2+}

नोट :– धनायनों का अनुमान लगाने में निम्नलिखित प्रेक्षण भी सहायक होते हैं–

(1) यदि लवण श्वेत रंगहीन है तो उस्में Cu^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+} तथा Cr^{3+} अनुपस्थित होंगे।

(2) यदि लवण को सूंघने पर अमोनिया की गंध आती है तो उसमें NH_4^+ संभावित है।

(3) यदि लवण भारी हों तो उसमें Pb^{2+}, Hg^{2+}, Ba^{2+} हो सकता है।

(2) उष्मा का प्रभाव (Effect of Heat): कुछ पदार्थो को गर्म करने पर उनका उर्ध्वपातन, फूलना, रंगीन गैस निकलना या रंग परिवर्तन होता हैं पदार्थ के इस व्यवहार के आधार पर उनमें उपस्थित धनायन का अनुमान लगाया जा सकता हैं

इस परीक्षण को करने के लिए एक शुष्क परखनली में लवण की लगभग 0.5 ग्राम लेकर उसे क्षैतिज अवस्था में रखकर गर्म करो तथा होने वाले परिवर्तन को ध्यान पूर्वक देखो। सारणी 4.5 की सहायता से सम्भावित धनायन का अनुमान लगाओ।

सारणी 4.5 – ऊष्मा का प्रभाव

प्रेक्षण		अनुमान
लवण का ऊर्ध्वपातन (Sublimation)		
सफेद श्वेत ऊर्ध्वपातन		NH_4^+
स्लेटी ऊर्ध्वपातन		As^{3+}
पीला या काला ऊर्ध्वपातन		As^{3+}, Sb^{3+}
पदार्थ का रंग परिवर्तन		
गर्म करने से पूर्व	**गर्म करने के बाद**	
लाल	काला	Hg^{2+}, Pb^{2+}
लाल–भूरा	काला	Fe^{3+}
भूरा	भूरा	Cd^{2+}
पीला	नारंगी	Bi^{3+}
हल्का पीला	पीला–भूरा	Sn^{4+}
श्वेत	पीला	Cu^{2+}
नीला	श्वेत	Cu^{2+}
नीला	काला	Cu^{2+}
नीला	भूरा	Cu^{2+}
पीला	भूरा	Pb^{2+}
हल्का भूरा	काला	Mn^{2+}

(3) ज्वाला परीक्षण **(Flame Test)** कुछ धातुओं के क्लोराइड वाष्पशील होते हैं तथा बुन्सन बर्नर की ज्वाला के ताप पर वाष्पित हो जाते हैं। और ज्योतिहीन ज्वाला को विशिष्ट रंग प्रदान करते है। इस प्रकार इन विशिष्ट ज्वाला के रंगो द्वारा लवण में उपस्थित धनायन की पहचान की जा सकती है।

ज्वाला परीक्षण की विधि – ज्वाला परीक्षण के लिए प्लेटिनम के तार का उपयोग करते हैं। प्लेटिनम का तार एक कांच की छड़ के सिरे पर लगा रहता है। ज्वाला परीक्षण करने के लिए सबसे पहले प्लेटिनम तार को एक पेन्सिल की नोंक पर लपेट कर छल्ला बनाओ। फिर इसे स्वच्छ करो। इसके लिए वाच ग्लास में थोड़ा सान्द्र HCl लेकर Pt के तार के सिरे को HCl में डुबो कर बुन्सन बर्नर की ज्योतिहीन ज्वाला (ऊपरी रंगहीन ज्वाला) में गर्म करो। इस प्रक्रिया को तब तक दोहराओ जब तक कि Pt तार ज्वाला में गर्म करने पर कोई रंग नहीं दे।

अब लवण को सान्द्र HCl में मिलाकर पेस्ट (लेई) बनाओ। इससे लवण में उपस्थित धनायन क्लोराइड बना लेते है। अब उपरोक्त तार को इस पेस्ट में डुबोकर बर्नर की ज्योतिहीन ज्वाला में तेजी से गर्म करो। ज्वाला के रंग को सीधे आंख से अथवा नीले कांच द्वारा देखकर सारणी 4.6 की सहायता से सम्भावित आयन का अनुमान लगाओ।

सारणी 4.6 – ज्वाला के रंग

आंख द्वारा देखने पर	नीले कांच द्वारा देखने पर	सम्भावित आयन
गहरा हरा	नीला – हरा	Cu^{2+}
ईट जैसा लाल	हल्का – हरा	Ca^{2+}
गहरा लाल	बैंगनी –	Sr^{2+}
सेव जैसा हरा	नीला हरा	Ba^{2+}
स्लेटी या हल्का नीला या श्वेत	श्वेत	As^{3+}, Pb^{2+}, Sn^{2+}

नोट :–

(1) यदि लवण में Pb^{2+} Hg^{2+}, Sn^{2+}, Sb^{3+}, Bi^{3+} तथा As^{3+} आदि धनायन हो तो ज्वाला परीक्षण नहीं करना चाहिए क्योंकि ये Pt से संयोग कर मिश्रधातु बनाते हैं।

(2) ज्वाला परीक्षण के बाद Pt तार को साफ करके रखना चाहिए।

(3) कुछ लवण जल्दी रंग नहीं देते ऐसे में Pt तार को लवण के पेस्ट में बार–बार डुबोकर ज्वाला परीक्षण करना चाहिए।

(4) सुहागा (बोरेक्स) मनका परीक्षण (Borax Bead Test) – यह परीक्षण रंगीन लवण में धनायन की पहचान करने के लिए किया जाता है। इस परीक्षण का सिद्धान्त यह है कि जब बोरेक्स को गर्म किया जाता है तो इसमें से क्रिस्टलन जल निकल जाता है और यह फूल जाता है। अधिक गर्म करने पर यह सोडियम मेटाबोरेट तथा बोरिक ऐनहाइड्राइड में बदल जाता है और स्वच्छ, पारदर्शक कांच के समान मनका गोले जैसा बन जाता है।

$$\underset{\text{बोरेक्स (सुहागा)}}{Na_2B_4O_7 . 10H_2O} \xrightarrow{\Delta} Na_2B_4O_7 + 10H_2O$$

$$Na_2B_4O_7 \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{सोडियम मेटाबोरेट}}{2NaBO_2} + \underset{\text{बोरिक एनहाइड्राइड}}{B_2O_3}$$

सुहागा मनका में उपस्थित कम वाष्पशील बोरिक एनहाइड्राइड रंगीन लवण के साथ क्रिया करके धात्विक मेटाबोरेट बनाता है, जो मनका को रंग प्रदान करता है। प्रत्येक धातु के मेटाबोरेट का विशिष्ट रंग होता है। अतः इन विशिष्ट रंगों के कारण उन्हें आसानी से पहचाना जा सकता है।

कुछ धातुओं के मेटाबोरेट अपचायक ज्वाला (जिसमें कार्बन रहता है) में गर्म करने पर अपचयित हो जाते हैं। इसलिए उनके मनका का ऑक्सीकारक तथा अपचायक ज्वाला में भिन्न–भिन्न रंग होता है। सारणी 4.7 में इस प्रकार से प्राप्त मनका के रंग दिये गये है।

सारणी 4.7 बोरेक्स मनका का रंग

ऑक्सीकारक ज्वाला में	अपचायक ज्वाला में	अनुमान सम्भावित धातु
गहरा नीला	नीला	कोबाल्ट
हरा	हरा	क्रोमियम
नीला–हरा	लाल अपारदर्शी	कॉपर
बैंगनी	रंगहीन	मैंगनीज
हल्का पीला	हरा	आयरन

धातुओं के मेटाबोरेट बनने की अभिक्रियाएं –

(1) कॉपर (Cu)

ऑक्सीकारक ज्वाला में $\underset{\text{लवण}}{CuSO_4} + B_2O_3$ □ $\underset{\text{नीला –हरा}}{Cu(BO_2)_2} + SO_3$□

अपचायक ज्वाला में $Cu(BO_2)_2 + C$ □ $\underset{\text{लाल अपारदर्शी}}{Cu} + B_2O_3 + CO$ □

(2) क्रोमियम (Cr)

ऑक्सीकारक ज्वाला में $\underset{\text{लवण}}{Cr_2(SO_4)_3} + 3B_2O_3$ □ $\underset{\text{नीला –हरा}}{2Cr(BO_2)_3} + 3SO_3$□

अपचायक ज्वाला में □ कोई परिवर्तन नहीं होता

(3) आयन (Fe)

ऑक्सीकारक ज्वाला में $\underset{\text{लवण}}{Fe_2(SO_4)_3} + 3B_2O_3$ □ $\underset{\text{पीला}}{2Fe(BO_2)_3} + 3SO_3$□

$\underset{\text{लवण}}{FeSO_4} + B_2O_3$ □ $\underset{\text{हरा}}{Fe(BO_2)_2} + SO_3$ □

अपचायक ज्वाला मे $2Fe(BO_2)_3 + C \rightarrow 2Fe(BO_2)_2 + CO \uparrow$

(4) निकल (Ni)

ऑक्सीकारक ज्वाला में $NiSO_4 + B_2O_3 \rightarrow 2Ni(BO_2)_2 + SO_3 \uparrow$

लवण भूरा

अपचायक ज्वाला में $Ni(BO_2)_2 + C \rightarrow Ni + B_2O_3 + CO \uparrow$

काला – स्लेटी

(5) कोबाल्ट (Co)

ऑक्सीकरण ज्वाला में $2Co(NO_3)_2 + 2B_2O_3 \rightarrow 2Co(BO_2)_2 + 4NO_2 + O_2 \uparrow$

लवण गहरा नीला

अपचायक ज्वाला में → कोई परिवर्तन नहीं होता है।

(6) मैंगनीज (Mn)

ऑक्सीकरण ज्वाला में $Mn_2O_3 + 2B_2O_3 \rightarrow 2Mn(BO_2)_3$

बैंगनी

अपचायक ज्वाला में $2Mn(BO_2)_3 + 2B_2O_3 + C \rightarrow 2Mn(BO_2)_2 + B_2O_3 + CO_2 \uparrow$

रंगहीन

विधि : – प्लेटिनम तार के सिरे को पेन्सिल की नोंक पर लपेट कर एक छोटा सा लूप (छल्ला) बनाकर इसे बुन्सन ज्वाला में गर्म करों। अब इसे चूर्ण किये बोरक्स में डुबोकर फिर तेजी से गर्म करों इससे बोरेक्स फूल जाता है और अन्त में पिघलकर रंगहीन पारदर्शक मनका बनता है। इसे स्वच्छ गर्म मनका को लवण से छुआकर पहले ऑक्सीकरण ज्वाला में गर्म करो तथा मनका का रंग देखों। इसके बाद इसे अपचायक ज्वाला में गर्म करो। तथा मनका का रंग देखों। मनका के रंग को देखकर सारणी 4.7 के अनुसार धनायन का अनुमान लगाओ।

(5) चारकोल गुहा (केविटी) परीक्षण (Charcoal Cavity Test) कुछ धातुओं के लवण को जब अकेले या गलन मिश्रण 1.1 (ठोस KNO_3 + Na_2CO_3) के साथ चारकोल ब्लॉक या गड्ढे में अपचायक ज्वाला में गर्म किया जाता है तो वे ऑक्साइड या धातु में अपचयित हो जाते है। ये धातु अथवा ऑक्साइड चारकोल पर एक परत अथवा पपड़ी के रूप में जमा हो जाते है। जिन्हें इनके विशिष्ट रंग के आधार पर आसानी से पहचाना जा सकता है। कभी–कभी पपड़ी का रंग ठण्डा होने पर बदल भी जाता है।

इस परीक्षण में धातु लवण को गलन मिश्रण के साथ गर्म करने पर पहले धातु कार्बोनेट प्राप्त होता है। जिसका बाद में अपचयन होता है। कुछ लवण के परीक्षण में होने वाले अभिक्रिया निम्न है।

(1) $ZnSO_4 + Na_2CO_3 \xrightarrow{KNO_3/\Delta} ZnCO_3 + Na_2SO_4$

$ZnCO_3 \xrightarrow{\Delta} ZnO + CO_2 \uparrow$

गर्म में पीला, ठण्डे में सफेद

(2) $CdCl_2 + Na_2CO_3 \xrightarrow{KNO_3/\Delta} CdCO_3 + 2NaCl$

$CdCO_3 \xrightarrow{\Delta} CdO + CO_2 \uparrow$

लाल – भूरा

(3) $CuSO_4 + Na_2CO_3 \xrightarrow{KNO_3/\Delta} CuCO_3 + Na_2SO_4$

लवण

$CuCO_3 \xrightarrow{\Delta} CuO + CO_2$

$CuO + C \xrightarrow{\Delta} Cu + CO$

लाल

(4) $PbCO_3 \xrightarrow{\Delta} PbO + CO_2$

$$PbO + C \xrightarrow{\Delta} Pb + CO$$

गर्म में भूरा, ठण्डे में पीला,

विधि – एक स्वच्छ चारकोल के आयताकार टुकड़े को लेकर उसमें चाकू की सहायता से छोटा सा गड्ढ़ा बनाकर इसमें लवण तथा लगभग दुगुनी मात्रा में अर्नाद्र Na_2CO_3 या गलन मिश्रण ($Na_2 CO_3 + KNO_3$) भरो। इस मिश्रण को 1–2 बूंद पानी डालकर नम करो। अब चारकोल को बर्नर के निकट लाकर फूँकनी (Blow pipe) की सहायता से बर्नर की अपचायक ज्वाला पर इस प्रकार से फूँक मारो कि वह गड्ढे में रखे मिश्रण को गर्म कर सके इस प्रकार गर्म करने से होने वाले परिवर्तन जैसे मनका बनना, परत बनना, अवशेष बचना आदि को देखकर सारणी के अनुसार धनायन का अनुमान लगाओ।

सारणी 4.8 चारकोल केविटी परीक्षण

प्रेक्षण			अनुमान
अवशेष का रंग		मनका	
गर्म में	ठण्डे		
पीला	श्वेत	–	Zn^{2+}
भूरा	पीला	भूरा जो कागज पर निशान छोड़ता है।	Pb^{2+}
–	–	लाल	Cu^{2+}
श्वेत जो चमकता है		–	Ba^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+}
–	–	भूरा चूर्ण	Fe^{3+}, Mn^{2+}, CO^{2+}

(6) कोबाल्ट नाइट्रेट परीक्षण (Cobalt Ntrate Test) – यह परीक्षण उन यौगिकों (लवणों) के लिए किया जाता है जो चारकोल कैविटी परीक्षण में श्वेत अवशेष बनाते है। इस परीक्षण का सिद्धान्त यह है कि कोबाल्ट नाइट्रेट को गर्म करने पर यह अपघटित होकर कोबाल्ट ऑक्साइड देता है जो कुछ धातु ऑक्साइडो (चारकोल केविटी में बने श्वेत अवशेष वाले धातु ऑक्साइडों) के साथ क्रिया करके विभिन्न रंगों के द्विक ऑक्साइड बनाता है। जिन्हें विशिष्ट रंगों के आधार पर पहचान करके धनायन का अनुमान लगया जा सकता है। जैसे –

$$2Co(NO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} 2CoO + 4NO_2 + O_2$$

$$CoO + MgO \xrightarrow{\Delta} CoO.MgO$$

गुलाबी

$$CoO + Al_2O_3 \xrightarrow{\Delta} CoO.Al_2O_3$$

नीला

$$CoO + ZnO \xrightarrow{\Delta} CoO.\ ZnO$$

हरा

विधि – कोबाल्ट नाइट्रेट परीक्षण निम्न विधियों द्वारा किया जा सकता है–

1. चारकोल की सहायता से – चारकोल के टुकड़े में एक छोटा सा गड्ढ़ा बनाओ। इसमें थोड़ा लवण रख कर एक दो बूंद पानी डालो तथा फूँकनी की सहायता से बुन्सन बर्नर की ऑक्सीकारक ज्वाला से गर्म करो। प्राप्त अवशेष में 1–2 बूंद कोबाल्ट नाइट्रेट विलयन की डालकर पुनः गर्म करों तथा अवशेष का रंग देखकर सारणी 4.9 के अनुसार धनायन का अनुमान लगाओ।

सारणी 4.9 – कोबाल्ट नाइट्रेट परीक्षण

अवशेष का रंग	अनुमान
नीला	Al
हरा	Zn
हल्का गुलाबी	Mg
गंदला नीला	Sn

2. **फिल्टर पत्र की सहायता से** – फिल्टर पत्र के टुकड़े पर थोड़ा लवण लेकर उस पर 2–3 बूंदे कोबाल्ट नाइट्रेट विलयन की डालकर इसे चिमटी की सहायता से बर्नर के ऑक्सीकरण ज्वाला में धीरे– धीरे सुखाओं और फिर जलाकर राख को एकत्रित करो। राख का रंग देखकर सारणी 4.9 के अनुसार धनायन का अनुमान लगाओ।

नोट :– 1. इस परीक्षण में कोबाल्ट $Co(NO_3)_2$ नाइट्रेट को गर्म करके कोबाल्ट ऑक्साइड में बदलना होता है। अतः कोबाल्ट नाइट्रेट का विलयन डालने के बाद अधिक गर्म करना चाहिए।

2. कोबाल्ट नाइट्रेट की थोड़ी मात्रा ही प्रयोग करनी चाहिए अन्यथा कोबाल्ट ऑक्साइड का काला रंग अवशेष के रंग को दबा देता है जिससे अवशेष के रंग को पहचानने में कठिनाई होती है।

3. **गलन मिश्रण परीक्षण (Fusion Mixture Test)** – यह परीक्षण केवल रंगीन लवण विशेष रूप से क्रोमियम तथा मैंगनीज की पहचान करने में सहायक है। ये दोनों धातु गलन मिश्रण (ठोस KNO_3 + ठोस Na_2CO_3 या ठोस NaOH) के साथ क्रिया करके रंगीन क्रोमेट तथा मैंगनेट बनाते हैं। जैसे –

$$Cr_2O_3 + (3KNO_3 + 4NaOH) \xrightarrow{\Delta} 2Na_2CrO_4 + 3KNO_2 + 2H_2O$$

$$MnCl_2 + (2KNO_3 + 4NaOH) \xrightarrow{\Delta} Na_2MnO_4 + 2KNO_2 + 2H_2O$$

विधि :– एक पोर्सिलीन की प्याली में लगभग 0.5 ग्राम लवण,0.5 ग्राम पोटैशियम नाइट्रेट तथा 0.5 ग्राम सोडियम कार्बोनेट (या सोडियम हाइड्रॉक्साइड) लो तथा तेजी से गर्म करो। प्राप्त अवशेष के रंग को देखकर सारणी 4.10 के अनुसार धनायन का अनुमान लगाओ।

सारणी 4.10 – गलन मिश्रण परीक्षण

अवशेष का रंग	अनुमान
पीला	क्रोमियम (Cr)
हरा या नीला	मैंगनीज (Mn)

नोट :– बुन्सन बर्नर से अपचायक ज्वाला लाने के लिए इसके हवा छिद्र बन्द रखकर बर्नर को जलाओ। फिर फूँकनी के किनारे ज्वाला की निचली सतह पर रखकर फूंक मारो। अपचायक ज्वाला एक तरफ हो जायेगा। इसी प्रकार ऑक्सीकारक (ज्योतिहीन) ज्वाला लाने के लिए हवा छिद्र खोल दो तथा फूंकनी के सिरे को ज्वाला में रखकर फूंक मारो

(ब) आर्द्र परीक्षण (Wet Test)

क्षारीय मूलकों का वर्गीकरण :– शुष्क परीक्षणों जैसे ऊष्मा का प्रभाव, ज्वाला परीक्षण, चारकोल कैविटी परीक्षण, कोबाल्ट नाइट्रेट परीक्षण, आदि से लवण में उपस्थित धनायन का अनुमान लगाया जा सकता है। क्षारीय मूलकों का निश्चयात्मक परीक्षण क्रमबद्ध रूप से आर्द्र परीक्षण द्वारा ही किया जाता है।

क्षारीय मूलकों का सही एवं क्रमबद्ध आर्द्र परीक्षण करने के लिए उन्हे सात समूहों में बांटा गया है। प्रत्येक समूह के लिए एक विशिष्ट अभिकर्मक का प्रयोग करते है जिसे समूह अभिकर्मक कहते है। क्षारीय मूलकों को यह वर्गीकरण इस सिद्धान्त पर आधारित है कि किसी विशेष समूह में सम्मिलित धनायन ही उस समूह के समूह अभिकर्मक से क्रिया करके अघुलनशील पदार्थ (अवक्षेप) बनाते है अन्य समूहों के धनायन इस परिस्थिति में घुलित पदार्थ (अवक्षेप) बनाते है अन्य समूहों के धनायन इस परिस्थिति में घुलित अवस्था में ही रहते हैं। जैसे प्रथम समूह में सम्मिलित धनायनों के क्लोराइड जल में अविलेय (अघुलनशील) होते है जबकि अन्य सूमहों क धनायनों के क्लोराइड जल में विलेय होते है। अतः जब लवण के मिश्रण के विलयन में तनु HCl मिलाते है तो केवल प्रथम समूह के धनायनों के क्लोराइड अवक्षेपित हो जाते है शेष समूहों के धनायन विलयन में ही रहते है। इस प्रकार समूह अभिकर्मक की सहायता से किसी समूह के धनायन को अवक्षेपित करके उसका निश्चयात्मक परीक्षण अवक्षेप से करते है।

क्षारीय मूलकों के सात समूहों में से छः समूहों को रोमन अंको I-VI से व्यक्त करते है। जबकि सातवें समूह को शून्य समूह कहते है तथा इसका कोई समूह अभिकर्मक नहीं है। क्षारीय मूलकों के समूह में वर्गीकरण को समूह अभिकर्मकों के साथ सारणी 4.11 में दिया गया है।

सारणी : 4.11 – क्षारीय मूलकों का वर्गीकरण

समूह	समूह अभिकर्मक	धातु आयन	अवक्षेप का सूत्र
I	तनु HCl	Pb^{2+}	क्लोराइड – $PbCl_2$
II	तनु HCl की उपस्थिति में गैस H_2S	Pb^{2+}, Cu^{2+}, As^{3+}, Bi^{3+}, Cd^{2+},Sb^{3+}	सल्फाइड PbS, CuS, As_2S_3, Bi_2S_3, CdS, Sb_2S_3
III	NH_4Cl की उपस्थिति में NH_4OH	Fe^{3+}, Al^{3+}, Cr^{3+}	हाइड्रॉक्साइड $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$
IV	NH_4Cl तथा NH_4OH की उपस्थिति में H_2S गैस	Zn^{2+},Mn^{2+}, Ni^{2+},Co^{2+}	सल्फाइड– ZnS MnS, NiS, CoS
V	NH_4Cl तथा NH_4OH की उपस्थिति में $(NH_4)_2CO_3$	Ba^{2+} ,Sr^{2+}, Ca^{2+},	कार्बोनेट $BaCO_3$, $SrCO_3$, $CaCO_3$
VI	NH_4Cl तथा NH_4OH की उपस्थिति में Na_2HPO_4	Mg^{2+},	फास्फेट $Mg(NH_4)PO_4$
0	....	NH_4^+	....

लवण का मूल विलयन बनाना (Preparation of Original Solution (OS) of the Salt) क्षारीय मूलकों का क्रमबद्ध आर्द्र परीक्षण वियलन में किया जाता है। अतः क्षारीय मूलकों के निश्चयात्मक परीक्षण के लिए सबसे पहले उनका मूल विलयन (OS) बनाना आवश्यक है। मूल विलयन बनाने के लिए विभिन्न विलायकों को निम्न क्रम में उपयोग में लाया जाता है –

(i) आसुत जल (ठण्डा एवं गर्म)
(ii) तनु HCl
(iii) सान्द्र HCl
(iv) तनु HNO_3
(v) सान्द्र HNO_3
(vi) अम्ल राज (तीन भाग सान्द्र HCl + एक भाग सान्द्र HNO_3)

नोट :– आपको जल या तनु HCl में विलेय लवण दिया जायेगा। अतः अन्य विलायकों में विलयन बनाने का प्रयत्न नहीं करना चाहिए।

मूल विलयन बनाने की विधि :– लवण का मूल विलयन बनाने के लिये एक परखनली में थोड़ा लवण का चूर्ण लेकर इसमें आसुत जल मिलाकर अच्छी तरह हिलाओ। यदि लवण घुल जाता है तो अधिक लवण लेकर तथा अधिक आसुत जल मिलाकर अच्छी तरह से हिलाकर ज्यादा विलयन बनाओ। यही विलयन लवण का मूल विलयन है। यदि लवण ठण्डे जल में नहीं घुलता है तो इसे कुछ समय तक गर्म करो। यदि गर्म करने पर भी लवण अविलेय रहता है तो ठण्डा करके

इसी परखनली में थोड़ा सान्द्र HCl मिलाकर विलयन बनाओ। सान्द्र HCl जल से मिलकर तनु हो जाता है। यदि लवण ठण्डे में विलेय न हो तो इसे कुछ समय तक गर्म करो।

नोट :– (i) मूल विलयन पारदर्शी होना चाहिए तथा एक बार में ही अधिक मात्रा में मूल विलयन बनाकर रख लेना चाहिए।

(ii) यदि विलयन बनाते समय कोई गैस निकलती है तो गैस को गर्म करके पूर्ण रूप से निकाल देना चाहिए।

(iii) यदि विलयन तनु HCl में बना हो तो लवण में प्रथम समूह के क्षारीय मूलक अनुपस्थित है।

(iv) यदि लवण गर्म जल में घुलनशील है और ठण्डा होने पर श्वेत अवक्षेप बनता है तो लवण में लैड क्लोराइड हो सकता है।

(v) अमोनियम मूलक का परीक्षण सबसे पहले करना चाहिए, क्योंकि इसके परीक्षण में कोई दूसरा मूलक बाधा नहीं डालता।

विभिन्न क्षारीय मूलकों का परीक्षणः– क्षारीय मूलकों का परीक्षण उनके समूह के क्रम में ही करते है। यहॉ पर विभिन्न समूहों के उन्हीं क्षारीय मूलकों के परीक्षण दिये जा रहे हैं जो आप के पाठ्यक्रम में सम्मिलित हैं।

शून्य समूह के क्षारीय मूलक का परीक्षण :– NH_4^+ **का परीक्षण**

क्षारीय मूलकों के आर्द्र परीक्षण में कई परीक्षणों में NH_4Cl तथा NH_4OH मिलाते है इसलिए NH_4^+ का परीक्षण प्रारम्भ में ठोस लवण से करते है।

विधि :– NH_4^+ का परीक्षण करने के लिए एक शुष्क परखनली में थोड़ा लवण लेकर इसमें 2–3 सेमी^{3} सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन डालकर गर्म करो तथा निकलने वाली गैस को सावधानी पूर्वक सूंघो। यदि गैस में अमोनिया (NH_3) की गन्ध आती है तो लवण में NH_4^+ मूलक उपस्थित है। अमोनियम गैस को निम्न परीक्षणों के आधार पर निश्चित करो –

(i) परखनली के मुँह पर सान्द्र HCl से भीगी कांच की छड़ को रखों, श्वेत धूम्र निकलते है।

(ii) परखनली के मुँह पर मर्क्यूरस नाइट्रेट के विलयन से भीगा फिल्टर पत्र ले जाओ, फिल्टर पत्र काला पड़ जाता है।

(iii) उत्पन्न गैस को दूसरी परखनली में लिये गये नैसलर अभिकर्मक में प्रवाहित करो, लाल भूरा अवक्षेप प्राप्त होता है।

(iv) परखनली के मुँह पर कॉपर सल्फेट से भीगा फिल्टर पत्र ले जाओ, फिल्टर पत्र गहरा नीला हो जाता है।

NH_4^+ का परीक्षण के रासायनिक अभिक्रियाऐं –

NaOH परीक्षण – $NH_4Cl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O + NH_3$□
(लवण)

$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$ (श्वेत धूम)

मर्क्यूरस नाइट्रेट परीक्षण

$Hg_2(NO_3)_2 + 2NH_3 \rightarrow Hg(NH_2)NO_3 + Hg + NH_4NO_3$
(काला)

नैसलर परीक्षण

$2K_2[HgI_4] + NH_3 + 3KOH \rightarrow H_2NHgO.HgI + 7KI + 2H_2O$
(भूरा)

कॉपर सल्फेट परीक्षण

$CuSO_4 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3]_4SO_4$
(गहरा नीला)

प्रथम समूह के क्षारीय मूलकों का परीक्षण – Pb^{2+} का परीक्षण :–

विधि :– एक परखनली में लवण के ठण्डे जल में बने मूल विलयन (OS) की थोड़ी मात्रा लेकर इसमें तनु HCl मिलाओ। यदि श्वेत अवक्षेप बनता है तो Pb^{2+} हो सकता है। इसे निम्न परीक्षणों से निश्चित करो –

उपर्युक्त अवक्षेप को छान कर जल से अच्छी तरह धोकर।(छनित + धोवन–द्वितीय समूह के लिये) फिर इसमें थोड़ा आसुत जल मिलाकर उबालो तथा प्राप्त विलयन को तीन भागों में अलग–अलग परखनलियों में लेकर निम्न प्रयोग करो।

(i) एक परखनली को नल के नीचे जल से ठण्डा करो, श्वेत अवक्षेप बनता है।

(ii) दूसरी परखनली में पोटैशियम आयोडाइड विलयन डालो, पीला अवक्षेप प्राप्त होता है।

(iii) तीसरी परखनली में पोटैशियम क्रोमेट विलयन डालो, पीला अवक्षेप बनता है।

Pb^{2+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाएँ –

$$Pb(NO_3)_2 + 2\,HCl \rightarrow PbCl_2 \downarrow + 2HNO_3$$

मूल विलयन — श्वेत

गर्म करने पर $PbCl_2$ जल में घुल जाता है क्योंकि यह गर्म जल में विलेय है लेकिन ठण्डा करने पर श्वेत अवक्षेप देता है क्योंकि ठण्डे जल में यह कम घुलनशील है।

पोटैशियम आयोडाइड परीक्षण – $PbCl_2 + 2\,KI \rightarrow PbI_2 \downarrow + 2KCl$

गर्म विलयन — पीला अवक्षेप (लेड आयोडाइड)

पोटैशियम क्रोमेट परीक्षण – $PbCl_2 + K_2CrO_4 \rightarrow PbCrO_4 \downarrow + 2KCl$

गर्म विलयन — पीला (लेड क्रोमेट)

द्वितीय समूह के क्षारीय मूलकों का परीक्षण

Pb^{2+}, Cu^{2+}, As^{3+} Bi^{3+}, Cd^{2+},Sb^{3+} का परीक्षण –

विधि :– एक परखनली में थोड़ा लवण का मूल विलयन लेकर इसे तनु HCl से अम्लीय करने के बाद इसमें H_2S गैस प्रवाहित करो। यदि अवक्षेप बनता है तो द्वितिय समूह के मूलको मे से कोई एक मूलक हो सकता है यदि अवक्षेप नहीं बनता है तो छनित को तृतीय समूह के परीक्षण के लिए रखें। द्वितीय समूह के धातु सल्फाइडों के अवक्षेप को उनकी पीले अमोनियम सल्फाइड में विलेयता के आधार पर दो उप समूहों में विभक्त किया गया है। द्वितीय 'अ' उपसमूह के धातु सल्फाइड पीले अमोनियम सल्फाइड में अविलेय है जबकि द्वितीय 'ब' उप समूह के सल्फाइड इसमें घुल जाते है।

अवक्षेप :– Pbs (काला), Bi_2S_3 (गहरा भूरा), CuS (काला), Cds (पीला), As_2S_3(पीला), Sb_2S_3(नारंगी), अवक्षेप का थोड़ा सा अंश लकर पीले अमोनियम सल्फाइड के साथ गर्म करो। अवक्षेप पीले अमोनियम सल्फाइड में नहीं घुलता है तो – द्वितीय 'अ' समूह उपस्थित अवक्षेप का शेष भाग – PbS, Bi_2S_3,CuS,CdS सम्भव है।

रासायनिक अभिक्रियाएँ –

$Pb(NO_3)_2 + H_2S \rightarrow PbS \downarrow + 2HNO_3$ (मूल विलयन — काला) ; $CuCl_2 + H_2S \rightarrow CuS \downarrow + 2HCl$ (मूल विलयन — काला)

$2BiCl_3 + 3H_2S$ □ Bi_2S_3 □ $+ 6HCl$ (मूल विलयन — (पीला)) ; $CdCl_2 + H_2S$ □ CdS □ $+ 2HCl$ (मूल विलयन — (गहरा भूरा))

द्वितीय 'अ' समूह की सारणी

<table>
<tr><td colspan="4">अवक्षेप को लगभग 5 मिली 50% HNO_3 के साथ गर्म करो अवक्षेप नाइट्रिक अम्ल में घुल जाता है। विलयन Pb^{2+}, Bi^{3+}, Cu^{2+} तथा Cd^{2+} में से कोई एक हो सकता है। विलयन के 1 मिली भाग में तनु H_2SO_4 की कुछ बूँद तथा स्प्रिट मिलाओ।</td></tr>
<tr><td rowspan="2">श्वेत अवक्षेप – बनता है ($PbSO_4$) शेष विलयन – दो भागों मे विभक्त करो –
(क) प्रथम भाग + कुछ बूँद K_2CrO_4 विलयन – $PbCrO_4$ का पीला अवक्षेप Pb^{2+} की उपस्थिति को निश्चित</td><td colspan="3">कोई अवक्षेप नही बनता है, इस भाग को फेंक दो। शेष विलयन को गर्म करने के पश्चात् धीरे–धीरे NH_4OH मिलाओ, जब तक कि NH_3 की गंध न आने लगे। धीरे–धीरे गर्म करो।</td></tr>
<tr><td>हल्का श्वेत अवक्षेप $[Bi(OH)_3]$, Bi^{3+} की उपस्थिति दर्शाता है अवक्षेप को छानकर धोने के पश्चात् तनु HCl की न्यूनतम मात्रा में घोलो।
विलयन को तीन भागों में</td><td>कॉपर–उपर्युक्त विलयन में NH_4OH मिलाने पर कोई अवक्षेप नहीं बनता परन्तु विलयन $Cu(NH_3)_4(NO_3)_4$ बनने के कारण नीला हो जाता है। विलयन में ऐसीटिक अम्ल मिलाओ जब तक कि सिरके की गंध न आने लगे (विलयन) रंगीन हो जाता है।</td><td>केडमियम – उपर्युक्त विलयन में NH_4OH मिलाने पर न कोई अवक्षेप बनता है और न ही विलयन नीला होता है – (इस दशा में मूल अवक्षेप जो</td></tr>
</table>

करता है। (ख) द्वितीय भाग + KI विलयन की कुछ बूँदें – PbI_2 का पीला अवक्षेप Pb^{2+} की उपस्थिति की पुष्टि करता है।	विभक्त करो। (क) प्रथम भाग + सोडियम स्टैनाइट विलयन – Bi का स्लेटी अवक्षेप बनता है। (ख) द्वितीय भाग को आधी परखनली तनु HCl अम्ल में उड़ेलो BiOCl का श्वेत अवक्षेप दृष्टिगोचर होता है। (ग) तृतीय भाग +3–4 बूंद तनु HNO_3 +1–2 बूँद थायो–यूरिया विलयन की डालो–पीले रंग का बनना Bi^{3+} की उपस्थिति निश्चित करता है।	(क) अब विलयन के एक भाग में 3–4 बूंद $K_4Fe(CN)_6$ विलयन मिलाओ–$Cu_2[Fe(CN)_6]$ का चाकलेटी रंग का अवक्षेप बनता है जो Cu^{2+} की उपस्थिति निश्चित कर देता है। (ख) विलयन के दुसरे भाग में पौटेशियम आयोडाइड विलयन मिलाने पर भूरे विलयन में श्वेत अवक्षेप बनता है। **शुष्क परीक्षण** – बोरेक्स मनका परीक्षण में अपचायक ज्वाला में लाल मनका बनती है।	विलयन में H_2S प्रवाहित करने पर प्राप्त होता है पीला होता है। उपर्युक्त रंगहीन अमोनियाकृत विलयन में H_2S प्रवाहित करो–CdS का पीला अवक्षेप बनता है जो Cd^{2+} की उपस्थिति प्रमाणित करता है।

सोडियम स्टैनाइट – विलयन बनाने के लिये 1 मिली $SnCl_2$ विलयन में धीरे–धीरे NaOH का घोल मिलाओ, प्रारम्भ में श्वेत अवक्षेप बनता हे जो NaOH के आधिक्य में घुलकर सोडियम स्टैनाइट का विलयन बनाता है।

लैड : Pb^{2+} का परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाएं –

$$3PbS + 8HNO_3 \xrightarrow{\Delta} 3Pb(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO\uparrow + 3S\downarrow$$

अवक्षेप विलेय

H_2SO_4 **परीक्षण** –

(i) $$Pb(NO_3)_2 + H_2SO_4 \xrightarrow{\Delta} PbSO_4\downarrow + 2HNO_3$$

अवक्षेप श्‍वेत

(ii) $$PbSO_4 + 2CH_3COONH_4 \rightarrow (CH_3COO)_2Pb + (NH_4)_2SO_4$$

अवक्षेप विलेय

KI **परीक्षण** –

(iii) $$(CH_3COO)_2Pb + 2KI \rightarrow PbI_2\downarrow + 2CH_3COOK$$

पीला

K_2CrO_4 **परीक्षण** –

(i) $$(CH_3COO)_2Pb + K_2CrO_4 \rightarrow PbCrO_4\downarrow + 2CH_3COOK$$

पीला

(ii) $$PbCrO_4 + 4NaOH \rightarrow Na_2PbO_2 + Na_2CrO_4 + 2H_2O$$

अवक्षेप विलेय

कॉपर : Cu^{2+} परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाएँ

$3CuS + 8HNO_3$ □ $3Cu(NO_3)_2 + 2NO$□ $+ 3S$□$+ 4H_2O$

NH_4OH **परीक्षण** –

$Cu(NO_3)_2 + 4NH_4OH$ □ $[Cu(NH_3)_4](NO_3)_2 + 4H_2O$

नीला विलयन (ट्रेटाएमीनक्यूप्रिक नाईट्रेट)

$K_4[Fe(CN)_6]$ परीक्षण –

(i) $[Cu(NH_3)_4](NO_3)_2 + 4CH_3COOH \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 4CH_3\ COONH_4$

(iii) $2Cu(NO_3)_2 + K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow Cu_2\ [Fe(CN)_6]$ □ $+ 4KNO_3$

चाकलेटी रंग(क्यूप्रिकफेरोसायनाइड)

KI परीक्षण –

$2Cu(NO_3)_2 + 4KI \rightarrow Cu_2\ I_2$□ $+ I_2 + 4KNO_3$

श्वेत   भूरा

(क्यूप्रसआयोडाइड)

बिस्मथ : Bi^{3+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रिया :

$Bi_2S_3 + 8HNO_3$ □ $2Bi(NO_3)_3 + 2NO$ □ $+ 3S$ □$+ 4H_2O$

$BiCl_3 + 3NH_4OH$ □ $Bi(OH)_3$ □ $+ 3NH_4Cl$

(श्वेत)

$2\ BiCl_3 + 3Na_2\ SnO_2 + 6NaOH$ □ $2Bi$ □ $+ 3Na_2\ SnO_3 + 3H_2O + 6NaCl$

(स्लेटी)

$BiCl_3 + H_2O$ □ $BiOCl$□ $+ 2HCl$

(श्वेत)

केडमियम : Cd^{2+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रिया:

$3CdS + 8HNO_3$ □ $3Cd(NO_3)_2 + 2NO$ □ $+ 3S$ □$+ 4H_2O$

$Cd(NO_3)_2 + 4NH_3$ □ $[Cd(NH_3)_4\ ]\ (NO_3)_2$

(टेट्रा ऐमीन कैडमियम नाइट्रेट)

(रंगहीन)

$[Cd(NH_3)_4\ ]\ (NO_3)_2 + H_2S$ □ CdS□ $+ 2NH_4NO_3 + 2NH_3$ □

द्वितीय 'ब' समूह

यदि द्वितीय समूह में प्राप्त अवक्षेप पीले अमोनियम सल्फाइड में विलय है तो द्वितीय ब समूह का कोई भस्मीय मूलक उपस्थित है। शेष अवक्षेप :– As_2S_3 (पीला), Sb_2S_3 (नारंगी), में से कोई एक सल्फाइड हो सकता है। अवक्षेप को गर्म जल से धोने के पश्चात् 3–4 मिली सान्द्र HCl के साथ उबालो।

द्वितीय 'ब' समूह की सारणी

पीला अवक्षेप, जो सान्द्र HCl में नहीं घुलता –	अवक्षेप जो सान्द्र HCl में घुल जाता है उस विलयन में ऐण्टिमनी अथवा टिन हो सकते है।
आर्सेनिक : अवक्षेप के कुछ भाग को 3–4 मिली सान्द्र HNO_3 के साथ उबालो तथा विलयन में अमोनियम मोलिब्डेट का घोल मिलाओ। $(NH_4)_3\ AsO_4.\ 12MoO_3$ का पीला अवक्षेप बनता है जो आर्सेनिक की उपस्थिति निश्चित करता है। वैकल्पिक विधि : As_2S_3 के शेष अवक्षेप को गर्म	**ऐण्टिमनी** : (H_2S प्रवाहित करने पर बना अवक्षेप नारंगी होता है) विलयन को जल द्वारा तनु करने के पश्चात् दो भागों में विभक्त करो– (क) प्रथम भाग $+H_2S \rightarrow Sb_2S_3$ का नारंगी अवक्षेप । (ख) द्वितीय भाग को आधी परखनली जल में उड़ेलो – $SbOCl$ का श्वेत अवक्षेप बनता है। दोनो परीक्षण

NH_4OH में घोलकर 3–4 मिली H_2O_2 मिलाओ। विलयन में $Mg(NO_3)_2$ का घोल मिलाने पर $Mg(NH_4)AsO_4, 6H_2O$ का श्वेत अवक्षेप बनता है जो आर्सेनिक की उपस्थिति की पुष्टि करता है। इस अवक्षेप को छानकर इसके ऊपर $AgNO_3$ का घोल तथा फिर ऐसीटिक अम्ल डालने पर वह Ag_3AsO_4 बनने के कारण लाल हो जाता है।	ऐण्टिमनी की उपस्थिति निश्चित करते है।

Sb^{3+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाऐं

$2SbCl_3 + 3H_2S$ □ Sb_2S_3 □ $+ 6HCl$; $2SbCl_5 + 5H_2S$ □ Sb_2S_3 □ $+ 10HCl + 2S$□
(नारंगी)

$Sb_2 S_3 + 6HCl$ □ $2SbCl_3 + 3H_2S$□ ; $SbCl_3 + H_2O$ □ $SbOCl$ □ $+ 2HCl$
(श्वेत)

नोट :– (i) कभी–कभी लवण में ऑक्सीकरण मूलक जैसे NO_3^-, SO_3^{2-} आदि उपस्थित होने पर विलयन H_2S गैस प्रवाहित करने पर सल्फर का हल्का पीला अवक्षेप प्राप्त होता है। जो H_2S के ऑक्सीकरण से प्राप्त होता है। इसे As_2S_3 का अवक्षेप नहीं समझना चाहिए। यह छानने पर प्रायः फिल्टर पत्र से निकल जाता है।

(ii) लैड प्रायः बदलते हुए रंगों में अवक्षेपित होता है। पहले लाल–भूरे, फिर भूरे और अन्त में काले रंग के अवक्षेप के रूप में अवक्षेपित होता है।

(iii) लैड का परीक्षण प्रथम समूह में हो जाता है तो दूसरे समूह में परीक्षण करने की आवश्यकता नहीं है।

तृतीय समूह के मूलकों का परीक्षण :– $Fe^{3+}Cr^{3+}$ तथा Al^{3+} का परीक्षण –

विधि – द्वितीय समूह से प्राप्त छनित को उबालकर H_2S निकाल दो तत्पश्चात् विलयन में दो बूँद सान्द्र HNO_3 डालकर उबालो ताकि Fe^{2+}, Fe^{3+} में ऑक्सीकृत हो जाये। इस विलयन में ठोस NH_4Cl तथा NH_4OH आधिक्य में मिलाऐं। यदि कत्थई या भूरा जिलेटिनी अवक्षेप प्राप्त हो तो Fe^{3+}, श्वेत जिलेटिनी अवक्षेप प्राप्त हो तो Al^{3+}, और हरा अवक्षेप प्राप्त होतो Cr^{3+} हो सकता है। अवक्षेप को छान लें छनित को चतुर्थ समूह के परीक्षण के लिए रखें

रासायनिक अभिक्रियाएं :–

$$FeCl_3 + 3NH_4OH \xrightarrow{NH_4Cl} Fe(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl$$
मूल विलय न — कत्थई – भूरा

$$AlCl_3 + 3NH_4OH \xrightarrow{NH_4Cl} Al(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl$$
मूल विलय न — श् वेत – जलेटिनी

$$CrCl_3 + 3NH_4OH \xrightarrow{NH_4Cl} Cr(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl$$
मूल विलय न — हरा

यदि NH_4Cl तथा NH_4OH मिलाने पर अवक्षेप न आये तो इसे चतुर्थ समूह के आयनों के परीक्षण के लिये उपयोग में लिया जा सकता है।

तृतीय समूह की सारणी

अवक्षेप : $Fe(OH)_3$(लाल भूरा), $Al(OH)_3$(श्वेत जिलेटिनस), $Cr(OH)_3$(हरा), मे से कोई एक हो सकता है। अवक्षेप को ठंडे जल से धोओ। अवक्षेप की तत्पश्चात् तीन भागों में बाँटा कर निम्न प्रकार परीक्षण करो :–		छनित तथा धोवन चतुर्थ समूह के लिए
आयरन : (लाल भूरा अवक्षेप) अवक्षेप को तनु HCl में घोलकर विलयन को दो भागों में विभक्त करो–	ऐल्यूमिनियम : (श्वेत जिलेटिनस अवक्षेप)	क्रोमियम : (हरा अवक्षेप)
क. प्रथम भाग + कुछ बूँद विलयन $K_4Fe(CN)_6$ विलयन – $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$	क. अवक्षेप थोड़े से भाग को तनु HCl में घोलकर विलयन में	क. अवक्षेप को लगभग 0.5 ग्राम उपचायक मिश्रण (1 भाग KNO_3+

बनने के कारण प्रशियन नीला रंग बनता है जो की Fe^{3+} उपस्थिति निश्चित करता है।	धीरे–धीरे NaOH विलयन डालो – प्रारम्भ में श्वेत अवक्षेप बनता है जो अधिक NaOH मिलने पर $NaAlO_2$ बनने के कारण घुल जाता है। इस विलयन में ठोस NH_4Cl मिलाने पर पुनः $Al(OH)_3$ का श्वेत जिलेटिनस अवक्षेप बनता है जो Al^{3+} की उपस्थिति निश्चित करता है।	2 भाग Na_2CO_3) के साथ मिलकर पोर्सिलेन, टुकड़े पर संगलित करो। Na_2CrO_4 का पीला अवक्षेप बनता है। अवक्षेप को जल में घोलकर ऐसीटिक अम्ल मिलाओ ताकि विलयन अम्लीय हो जाये। विलयन में लेड ऐसिटेट विलयन मिलाने पर $PbCrO_4$ का पीला अवक्षेप बनता है जो Cr^{3+} की उपस्थित निश्चित करता है।
ख. द्वितीय भाग + कुछ बूँद KCNS विलयन $[Fe(CNS)_3]$ बनने के कारण गाढ़ा लाल रंग बनता है जो Fe^{3+}की उपस्थिति की पुष्टि करता है। ग. **शुष्क परीक्षण** बोरेक्स मनका परीक्षण द्वारा Fe की पुष्टि करो। पीला हरा मनका बनता है।	ख. **शुष्क परीक्षण** अवक्षेप के शेष भाग से कोबाल्ट नाइट्रेट परीक्षण करने पर नीला अवक्षेप प्राप्त होता है।	ख. **शुष्क परीक्षण** $Cr(OH)_3$ के अवक्षेप से बोरेक्स मनका परीक्षण करने पर हरा मनका बनता है।

Fe^{3+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाऐं

$$\underset{\text{अवक्षेप}}{Fe(OH)_3} + 3HCl \rightarrow \underset{\text{विलेय}}{FeCl_3} + 3H_2O$$

$K_4[Fe(CN_6)$ परीक्षण

$$4FeCl_3 + 3K_4[Fe(CN)_6 \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6] + 12KCl$$

प्रुशियन नीला (फेरिक फैरोसाइनाइड)

KCNS परीक्षण

$$FeCl_3 + 3KCNS \rightarrow \underset{\text{गहरा लाल रंग}}{Fe(CNS)_3} + 3KCl$$

Al^{3+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाऐं –

$$\underset{\text{अवक्षेप}}{Al(OH)_3} + NaOH \rightarrow \underset{\text{विलेय}}{NaAlO_2} + 2H_2O$$

NH_4Cl परीक्षण

$$NaAlO_2 + NH_4Cl + H_2O \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{श्वेत}}{Al(OH)_3} \uparrow + NaCl + NH_3 \downarrow$$

Cr^{3+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाएँ

$2Cr(OH)_3 + 2Na_2CO_3 + 3KNO_3 \rightarrow 2Na_2CrO_4 + 3KNO_2 + 2CO_2 + 3H_2O$

$Na_2CrO_4 + (CH_3COO)_2Pb \rightarrow PbCrO_4 \downarrow + 2CH_3COONa$

(पीला)

$Cr(OH)_3$ के अवक्षेप से बोरेक्स मनका परीक्षण करने पर हरा मनका बनता है।

नोट :– (1) NH_4Cl ठोस मिलाना चाहिये।

(2) NH_4OH आधिक्य में मिलाना चाहिए जिससे अमोनिया की गन्ध आने लगे।

(3) NH_4OH मिलाने से पहले NH_4Cl मिलाना चाहिए अन्यथा चतुर्थ समूह के मूलकों के Zn^{2+} Mn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, हाइड्रॉक्साइड अवक्षेपित हो सकते है।

(4) गर्म विलयन में NH_4OH नहीं डालना चाहिये क्योंकि गर्म विलयन में यह H_2O व NH_3 में अपघटित हो जाता है। जिससे तृतीय समूह के मूलक Al^{3+} या Fe^{3+} का पूर्ण अवक्षेपण नहीं हो सकता है।

(5) NH_4Cl तथा NH_4OH मिलाने से पहले मूल विलयन को सान्द्र HNO_3 के साथ अच्छी तरह उबालना चाहिये इससे फैरस आयन का (Fe^{2+}) का ऑक्सीकरण फैरिक आयन में हो जाता है।

चतुर्थ समूह के मूलकों का परीक्षण – Zn^{2+}, Mn^{2+}, CO^{2+}, Ni^{2+} का परीक्षण –

विधि – तृतीय समूह के छनित में H_2S प्रवाहित करने पर इस समूह के सल्फाइड अवक्षेपित हो जाते है अथवा एक परखनली में थोड़ा मूल विलयन लेकर इसमें पहले NH_4Cl तथा फिर NH_4OH अधिक मात्रा में मिलाकर H_2S गैस प्रवाहित करो। यदि अवक्षेप प्राप्त होता है तो चतुर्थ समूह का मूलक का अनुमान निम्न प्रकार से लगाया जा सकता है। अवक्षेप को छान लें छनित को पंचम समूह के परीक्षण के लिए रखें।

श्वेत या हल्का स्लेटी अवक्षेप	Zn^{2+}
हल्का गुलाबी अवक्षेप	Mn^{2+}
काला अवक्षेप	Co^{2+} , Ni^{2+}

रासायनिक अभिक्रियाएं –

$$\underset{\text{लवण}}{ZnCl_2} + 2NH_4OH \xrightarrow{NH_4Cl} \underset{\text{विलेय}}{Zn(OH)_2} + 2NH_4Cl$$

$$\underset{\text{लवण}}{MnCl_2} + 2NH_4OH \xrightarrow{NH_4Cl} \underset{\text{विलेय}}{Mn(OH)_2} + 2NH_4Cl$$

$$\underset{\text{लवण}}{NiCl_2} + 2NH_4OH \xrightarrow{NH_4Cl} \underset{\text{विलेय}}{Ni(OH)_2} + 2NH_4Cl$$

$$\underset{\text{लवण}}{CoCl_2} + 2NH_4OH \xrightarrow{NH_4Cl} \underset{\text{विलेय}}{Co(OH)_2} + 2NH_4Cl$$

$$Zn(OH)_2 + H_2S \rightarrow \underset{\text{श्वेत या स्लेटी}}{ZnS\downarrow} + 2H_2O$$

$$Mn(OH)_2 + H_2S \rightarrow \underset{\text{गुलाबी}}{MnS\downarrow} + 2H_2O$$

$$Co(OH)_2 + H_2S \rightarrow \underset{\text{काला}}{CoS\downarrow} + 2H_2O$$

$$Ni(OH)_2 + H_2S \rightarrow \underset{\text{काला}}{NiS\downarrow} + 2H_2O$$

चतुर्थ समूह की सारणी

<table>
<tr><td colspan="3">अवक्षेप : ZnS (श्वेत), MnS (हल्का गुलाबी), CoS (काला), तथा NiS (काला), में से कोई एक हो सकता है। अवक्षेप को 5 मिली तनु HCl में अच्छी प्रकार मथो –</td><td>छनित एवं धोवन पंचम समूह के लिए</td></tr>
<tr><td colspan="3">काला अवक्षेप जो HCl में अविलेय है– CoS अथवा Nis । अवक्षेप को अम्लराज की न्यूनतम मात्रा में धोलकर विलयन को पोर्सिलेन प्याली में उबाल कर शुष्क कर दो। अवक्षेप को जल में धोलकर छान लो। विलयन (अ) को कुछ भागों में विभक्त करो।</td><td>अवक्षेप HCl में घुल जाता है– $ZnCl_2$ अथवा $MnCl_2$ विलयन को चार भागों में बांट लो–</td></tr>
<tr><td>कोबाल्ट :
क. विलयन (अ) का पहला भाग + ऐसीटिक अम्ल + KNO_2 के कुछ क्रिस्टल– $K_3[Co(NO_2)_6]$ का पीला अथवा जैतुन हरित (Olive green) अवक्षेप बनता है।
ख. विलयन (अ) का दूसरा भाग + 1–2 ग्राम ठोस NH_4CNS + 3–4 बूँद ऐथिल ऐल्कोहॉल–नीला रंग उत्पन्न होता है।
ग. विलयन (अ) का दूसरा</td><td>निकल :
क. विलयन (अ) को NH_4OH द्वारा क्षारीय करने के पश्चात् कुछ डाइमेथिल ग्लाइऑक्सिम अभिकर्मक मिलाओ–निकल डाइ–मेथिल ग्लाई–आक्सिनेट का लाल–गुलाबी अवक्षेप बनता है जो निकल की निश्चित उपस्थिति</td><td>जिंक :
क. प्रथम भाग + कुछ बूँद $K_4Fe(CN)_6$ विलयन की डालों $K_2Zn[Fe(CN)_6]$ का श्वेत अथवा नीलिमायुक्त श्वेत अवक्षेप बनता है।
ख. दूसरे भाग में धीरे–धीरे NaOH विलयन डालो। प्रारम्भ में श्वेत अवक्षेप बनता है जो NaOH के आधिक्य में घुल जाता है – इस विलयन में H_2S प्रवाहित करने पर पुनः Zns का श्वेत अवक्षेप</td><td>मैंगनीज :
(यदि जिंक अनुपस्थित है उपर्युक्त विलयन का चौथा भाग + 2–3 बूँद ब्रोमीन जल उबालो– MnO_2 का काला भूरा अवक्षेप बनता है। अवक्षेप को छानकर अलग कर लो।
क. अवक्षेप के कुछ भाग को 2 मिली सान्द्र HNO_3 में घोलकर 1 ग्राम ठोस लेड</td></tr>
</table>

भाग +सोडियम बाइ कार्बोनेट + ब्रोमीन जल + गरम करने पर हरा अवक्षेप $Na_3[Co(CO)_3]$ बनता है। घ. **शुष्क परीक्षण** बोरेक्स मनका परीक्षण करने पर नीले रंग की मनक प्राप्त होती है।	का प्रमाण है। ख. विलयन (अ) का दूसरा भाग +सोडियम बाइ कार्बोनेट + ब्रोमीन जल + गरम करने पर काला अवक्षेप Ni_2O_3 का बनता है। ग **शुष्क परीक्षण** बोरेक्स मनका परीक्षण काली–स्लेटी मनका बनती है	बनता है। ग. **शुष्क परीक्षण** तीसरे भाग से कोबाल्ट नाइट्रेट परीक्षण करने पर हरे रंग का अवशेष प्राप्त होता है।	परॉक्साइड डालो तथा विलयन को उबालो –ठंडा होने पर बैगनी गुलाबी $KMnO_4$ बनता है। ख. अवक्षेप के दूसरे भाग को ठोस NaOH तथा KNO_3 के साथ मिलाकर पोर्सिलेन के टुकड़े पर संगलित करो Na_2MnO_4 का हरा अवक्षेप बनता है जिसको तनु H_2SO_4 में घोलने पर , परमैगनेट बनाने के कारण गुलाबी विलयन मिलता है। ग. **शुष्क परीक्षण** बोरक्स मनका परीक्षण भी करो।

Zn^{2+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाएँ

HCl के परीक्षण $ZnS + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2S\uparrow$

NaOH के साथ परीक्षण (i) $ZnCl_2 + 2NaOH \rightarrow Zn(OH)_2\downarrow + 2NaCl$

श्वेत

$Zn(OH)_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + 2H_2O$

विलेय(सोडियम जिंकेट)

H_2S के साथ परीक्षण :–

$Na_2ZnO_2 + H_2S \rightarrow ZnS\downarrow + 2NaOH$

श्वेत

पोटैशियम फैरोसायनाइड परीक्षण –

$ZnCl_2 + K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow K_2Zn[Fe(CN)_6]\downarrow + 2KCl$

श्वेत या आसमानी नीला

(डाइ पोटैशियम जिंक फैरो सायनाइड)

Mn^{2+}के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाएँ –

$MnS + 2HCl \rightarrow MnCl_2 + H_2S$

अवक्षेप — विलेय

NaOH के साथ परीक्षण

(i) $MnCl_2 + 2NaOH \rightarrow Mn(OH)_2\downarrow + 2NaCl$

श्वेत

(ii) $Mn(OH)_2 + Br_2 + NaOH \rightarrow MnO_2\downarrow + 2H_2O + 2\,NaBr$

काला भुरा

मैंगनीज डाइऑक्साइड

PbO_2 के साथ परीक्षण

(i) $2MnO_2 + 4HNO_3 \rightarrow 2Mn(NO_3)_2 + 2H_2O + O_2$

(ii) $2Mn(NO_3)_2 + 5PbO_2 + 6\,HNO_3 \rightarrow 2\,HMnO_4$ (गुलाबी रंग) $+ 5Pb(NO_3)_2 + 2H_2O$

परमैगनीक अम्ल

$NaBiO_3$ के साथ परीक्षण

$2Mn(NO_3)_2 + 5NaBiO_3 + 16\,HNO_3 \rightarrow 2HMnO_4$ (गुलाबी रंग) $+ 5Bi(NO_3)_3 + 5NaNO_3 + 7H_2O$

Co^{2+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाएँ –

$3CoS + (6\,HCl + 2HNO_3) \rightarrow 3CoCl_2 + 2NO\uparrow + 3S + 4H_2O$

अवक्षेप अम्लराज विलेय

पोटैशियम के परीक्षण

$CoCl_2 + 7KNO_2 + 2CH_3COOH \rightarrow K_3(Co(NO_2)_6]$ □+ $2CH_3COOK + 2KCl + NO$□ $+ 2H_2O$

(पीला) पौटेशियम कोबाल्ट नाइट्राइट

अमोनियम थायोसायनेट के परीक्षण

$$CoCl_2 + 4NH_4CNS \xrightarrow{\text{ईथर}} (NH_4)_2[Co(CNS)_4] + 4NH_4Cl$$

नीलारंग

अमोनियम कोबाल्ट थायोसाइनेट

सोडियम बाइकार्बोनेट परीक्षण

(i) $CoCl_2 + 2NaHCO_3 \rightarrow CoCO_3 + 2NaCl + H_2O + CO_2$

(ii) $CaCO_3 + 4NaHCO_3 \rightarrow Na[Co(CO_3)_3] + 2CO_2 + H_2O$

(iii) $Br_2 + 2NaHCO_3 \rightarrow 2NaBr + H_2O + 2CO_2 + O$

(iv) $2Na_4[Co(CO_3)_3] + 2NaHCO_3 + O \rightarrow 2Na_3[Co(CO_3)_3]\downarrow$ हरा $+ 2Na_2CO_3 + H_2O$

Ni^{2+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाएं

$Ni(s) + 2HNO_3 + 6HCl \rightarrow 2NiCl_2 + 2NO$□ $+ 3S$□ $+ 4H_2O$

अम्लराज

(i) $$NiCl_2 + 2NH_4OH + 2\begin{matrix} CH_3 - CH = NOH \\ CH_3 - CH = NOH \end{matrix} \rightarrow 2NH_4Cl + 2H_2O + (C_4H_7N_2O_2)_2Ni\downarrow$$

निकल डाइमेथिल ग्लाइओक्सिमेट

(लाल गुलाबी अवक्षेप)

(ii) $NiCl_2 + 2NaHCO_3 \rightarrow NiCO_3 + 2NaCl + H_2O + CO_2$

$Br_2 + H_2O \rightarrow 2HBr + O$

$2NiCO_3 + O \rightarrow Ni_2O_3 + 2CO_2$

निकिलिस ऑक्साइड (काला अवक्षेप)

पंचम समूह के मूलकों का परीक्षण – Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+} का परीक्षण –

विधि – चतुर्थ समूह का छनित उबालकर H_2S निकाल दो। विलयन को उबालकर सान्द्रित करों पुनः NH_4OH मिलाओं तथा फिर $(NH_4)_2CO_3$ का विलयन मिलाओं जब तक की अवक्षेपण पूर्ण न हो जाऐं। श्वेत अवक्षेप प्राप्त हो तो पंचम समूह के मूलकों में से कोई एक मूलक उपस्थित हो सकता है। अवक्षेप को दो–तीन मिनट गर्म करने के पश्चात् छानलों छनित को षष्ठ समूह के परीक्षण के लिए रखें।

रासायनिक अभिक्रियाएं –

$$BaCl_2 + (NH_4)_2CO_2 \xrightarrow{NH_4OH} BaCO_3\downarrow + 2NH_4Cl$$

लवण श्वेत

$$SrCl_2 + (NH_4)_2CO_3 \xrightarrow{NH_4OH} SrCO_3\downarrow + 2NH_4Cl$$

लवण श्वेत

$$CaCl_2 + (NH_4)_2CO_3 \xrightarrow{NH_4OH} CaCO_3\downarrow + 2NH_4Cl$$

लवण श्वेत

पंचम समूह की सारणी

श्वेत अवक्षेप : $BaCO_3$, $SrCO_3$ तथा $CaCO_3$ में से किसी एक का हो सकता है। अवक्षेप को जल से धोने के पश्चात् उसका कुछ भाग ऐसीटिक अम्ल की न्यूनतम मात्रा में घोलो। विलयन (अ) को तीन भागों में बाँट लो।	छनित एवं धोवन छठे समूह के लिए

बेरियम : विलयन (अ) का प्रथम भाग+ K_2CrO_4 के घोल की कुछ बूँदे–$BaCrO_4$ का पीला अवक्षेप Ba^{2+} की उपस्थिति निश्चित करता है।	**स्ट्रॉन्शियम** : विलयन (अ) का द्वितीय भाग + $(NH_4)_2 SO_4$ विलयन की कुछ बूँदे, काँच की छड़ से रगड़ो – $SrSO_4$ को श्वेत अवक्षेप Sr^{2+} की उपस्थिति निश्चित करता है।	**कैल्शियम** : विलयन (अ) का तृतीय भाग + $(NH_4)_2C_2O_4$ (कुछ बूँदे) गर्म करो– CaC_2O_4 का श्वेत अवक्षेप Ca^{2+} की उपस्थिति निश्चित करता है।
ज्वाला परीक्षण : बेरियम कार्बोनेट के शेष अवक्षेप से ज्वाला परीक्षण करो जबकि पीत–हरी ज्वाला दृष्टि गोचर होती है।	**ज्वाला परीक्षण** : शेष अवक्षेप से ज्वाला परीक्षण करो जबकि गहरी लाल ज्वाला दृष्टिगोचर होती है	**ज्वाला परीक्षण** : शेष अवक्षेप से ज्वाला परीक्षण करने पर ईंट के सदश्य लाल (कम समय के लिए) ज्वाला दिखाई देती है

Ba^{2+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियांए –

$BaCO_3 + 2CH_3COOH \rightarrow (CH_3COO)_2 Ba + CO_2 + H_2O$

अवक्षेप विलेय

$(CH_3COO)_2 Ba + K_2CrO_4 \rightarrow BaCrO_4 + 2CH_3COOK$

बेरियमक्रोमेट (पीला)

Sr^{2+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाएं –

$SrCO_3 + 2CH_3 COOH \rightarrow (CH_3COO)_2 Sr + CO_2 + H_2O$

अवक्षेप विलेय

$(CH_3COO)_2 Sr + (NH_4)_2 SO_4 \rightarrow SrSO_4 \downarrow + 2CH_3COONH_4$

स्ट्रोन्शियम सल्फेट (श्वेत)

Ca^{2+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाऐं –

$CaCO_3 + 2CH_3 COOH \rightarrow (CH_3COO)_2 Ca + CO_2 + H_2O$

अवक्षेप विलेय

$(CH_3COO)_2Ca + (NH_4)_2 C_2O_4 \rightarrow CaC_2O_4 \downarrow + 2CH_3 COONH_4$

कैल्शियम ऑक्सलेट (श्वेत)

नोट :– (1) अमोनियम क्लोराइड की उचित मात्रा का उपयोग करना चाहिए। अमोनियम क्लोराइड की मात्रा अधिक होने पर पंचम समूह के मूलक का पूर्ण अवक्षेपण नहीं हो पाता तथा कम होन पर मैग्नीशियम कार्बोनेट अवक्षेपित हो जाता है।

(2) पंचम समूह के श्वेत अवक्षेप को ऐसीटिक अम्ल की न्यून मात्रा में ही घोंलना चाहिए। अधिक ऐसीटिक अम्ल में बेरियम क्रोमेट का अवक्षेपण कठिनाई से होता है।

(3) पंचम समूह के धनायनों का परीक्षण Ba^{2+}, Sr^{2+} तथा Ca^{2+} के क्रम में ही करना चाहिए। पहले Ba^{2+} का परीक्षण करना चाहिए, यदि Ba^{2+}अनुपस्थित हो तभी Sr^{2+} का और Ba^{2+} तथा Sr^{2+} दोनों अनुपस्थित हो तभी Ca^{2+} का परीक्षण करना चाहिए।

(4) बेरियम क्रोमेट, स्ट्रान्शियम सल्फेट तथा कैल्सियम ऑक्जेलेट की विलेयता गुणनफल में अन्तर कम होता है। अतः इनका शुष्क परीक्षण अवश्य करना चाहिए।

षष्ठम् समूह के मूलकों का परीक्षण – Mg^{2+} का परीक्षण

विधि – पंचम समूह के छनित में $(NH_4)_2SO_4$ तथा $(NH_4)_2C_2O_4$ डालकर उबालों यदि कोई अवक्षेप बने तो उसे छानकर दूर करों स्वच्छ विलयन में NH_4OH मिलाओं ताकि अमोनिया की गंध आने लगे अब विलयन में डाइसोडियम हाइड्रोजन फास्फेट का विलयन मिलाकर परखनली की दीवार को कांच की छड़ से रगड़ो। श्वेत अवक्षेप प्राप्त हो तो Mg^{2+} हो सकता है।

रासायनिक अभिक्रिया –

$MgCl_2 + Na_2HPO_4 + NH_4OH \rightarrow Mg(NH_4)PO_4 \downarrow (श्वेत) + 2NaCl + H_2O$

अवक्षेप मेग्निशियम अमोनियम फॉस्फेट

Mg^{2+} का निश्चयात्मक परीक्षण – उपर्युक्त श्वेत अवक्षेप को छानकर एक परखनली में लेकर इसे तनु HClकी न्यून मात्रा में घोलकर सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन मिलाकर क्षारीय करो तथा बराबर–बराबर दो परखनलियों में लो –

(1) प्रथम परखनली में कुछ बूंदे टाइटैन येलो डालकर गर्म करो, लाल गुलाबी विलयन या अवक्षेप प्राप्त होता है।

(2) दूसरी परखनली में थोड़ा 'मैग्नेसॉन II' अभिकर्मक मिलाओ, नीले रंग की लेक (Blue Lake) बनती है।

शुष्क परीक्षण – कोबाल्ट नाइट्रेट परीक्षण (राख परीक्षण) – गुलाबी अवशेष

Mg^{2+} के परीक्षण की रासायनिक अभिक्रियाएं –

$Mg(NH_4)PO_4 + 3HCl \rightarrow MgCl_2 + H_3PO_4 + NH_4Cl$

अवक्षेप विलेय

$MgCl_2 + 2NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + 2NaCl$

$Mg(OH)_2$ + टाइटैन यलो $\rightarrow$ गुलाबी अवक्षेप

$Mg(OH)_2$ + मैग्नेसॉन $\rightarrow$ नीला लेक

कार्बनिक यौगिकों में तत्त्वों की पहचान
(Detection of Elements in Organic Compounds)

किसी कार्बनिक यौगिक में उपस्थित तत्त्वों की पहचान होने से यह पता लगाया जा सकता है कि दिया हुआ यौगिक किस वर्ग का है या इसमें कौन सा क्रियात्मक समूह उपस्थित है।

कार्बन, हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन के अलावा किसी कार्बनिक पदार्थ में उपस्थित तत्त्वों को ''अतिरिक्त तत्त्व'' कहते है। ये अतिरिक्त तत्त्व साधारण तया नाइट्रोजन, सल्फर तथा हैलोजन होते हैं।

कार्बनिक यौगिक में सह संयोजक बन्ध होने के कारण इनका सीधा गुणात्मक विश्लेषण (परीक्षण) नहीं किया जा सकता क्योंकि ये जल में आयनीकृत नहीं होते। अतः इनका परीक्षण करने हेतु इन तत्त्वों को उनके आयनिक यौगिकों में बदलने के लिये लैसाने (Lassaigne test) विधि काम में ली जाती है।

इस विधि में दिये गये कार्बनिक यौगिक को सोडियम धातु के साथ गलित (Fuse) किया जाता है, जिससे यौगिक में उपस्थित N,S, Cl, Br एवं I क्रमशः सोडियम सायनाइड, सोडियम सल्फाइड, सोडियम क्लोराइड, सोडियम ब्रोमाइड, सोडियम आयोडाइड के रूप में परिवर्तित हो जाते है। ये यौगिक आयनिक होते है तथा जल में घोलने पर सम्बन्धित आयन देते है। इनका परीक्षण सरलता पूर्वक उपलब्ध विधियों से किया जा सकता है। गलित पदार्थ का जलीय विलयन ''सोडियम निष्कर्ष'' या ''लेसाने विलयन'' कहलाता है। इनमें निम्न अभिक्रियाएं होती है :

$$Na + C + N \longrightarrow \underset{\text{सोडियम सायनाइड}}{NaCN} \qquad 2\,Na + S \longrightarrow \underset{\text{सोडियम सल्फाइड}}{Na_2S}$$

$$2Na + X_2 \longrightarrow \underset{\text{सोडियम हेलाइड}}{2NaX}$$

यहाँ X = Cl, Br, या I हैं।

जब नाइट्रोजन तथा सल्फर दोनों ही उपस्थित होते है तो सोडियम सल्फोसायनाइड या सोडियम थायो सायनेट बनता है।

$$Na+C+N+S \longrightarrow NaCNS$$

सोडियम निष्कर्ष (Sodium Extract) या लैसाने विलयन (Lassiaigne Solution) बनाने की विधि :

ताजा कटा हुआ, करीब चावल के दाने के बराबर सोडियम धातु का एक टुकड़ा लेकर उसे फिल्टर पत्र के बीच रखकर शुष्क कर लिया जाता है। शुष्क सोडियम धातु के टुकड़े को एक शुष्क ज्वलन नली मे डाल दिया जाता है। ज्वलन नली को थोड़ा सा गर्म करते है जिससे वह पिघलकर वह चमकदार मोती के दाने सा दिखने लगे। इस समय ज्वलन नली को ठंडा करके बराबर मात्रा या 2–3 बूदें (अगर कार्बनिक पदार्थ द्रव है) डालते हैं। नली को पहले तो धीरे धीरे, फिर तेज लो में इतना गर्म करते है कि ज्वलन नली लाल तप्त हो जाय। अब इस नली को एक बड़ी परखनली या पोर्सिलीन की प्याली में, जिसमें करीब 10–12 मिली आसुत जल हो, डल दिया जाता है। इससे नली तड़क कर टूट जाती है। अगर नही टूटे तो कॉंच की छड़ की सहायता से इसे तोड़ दिया जाता है। इसे प्याली या परखनली के विलयन को उबालकर छान लिया जाता है। इस प्रकार प्राप्त छनित को ''सोडियम निष्कर्ष'' या ''लेसाने विलयन'' कहते है।

नाइट्रोजन का परीक्षण :

एक परखनली में करीब 2 मि.ली. सोडियम निष्कर्ष लेकर इसमें 2 मिली फेरस सल्फेट का ताजा संतृप्त विलयन मिलाया जाता है। अगर हरे अवक्षेप नहीं आये तो 2–3 बूँदे सोडियम हाइड्रोक्साइड की डालनी चाहिये। विलयन को उबाल कर ठंडा कर लिया जाता है तथा इससे 50 प्रतिशत H_2SO_4 या सॉंद्र HCl की बूँदे डाली जाती है। प्रुसियन नीला रंग (नीले तथा हरे के बीच) नाइट्रोजन की उपस्थिति प्रदर्शित करता है। अगर आवश्यकता हो तो एक–दो बूँद $FeCl_3$ की डालनी चाहिये।

परीक्षण का रसायन :

सोडियम निष्कर्ष में उपस्थित सोडियम सायनाइड, फेरस सल्फेट से क्रिया करके सोडियम फेरोसाइनाइड बनाता है, जो कि फेरिक आयन से क्रिया कर फेरी फेरो साइनाइड का प्रशियन नीला (Prussian blue) रंग देता है।

$$2\,NaCN + FeSO_4 \longrightarrow Fe(CN)_2 + Na_2SO_4$$

$$Fe(CN)_2 + 4Na \longrightarrow Na_4[Fe(CN)_6]$$

$$3Na_4[Fe(CN)_6] + 2Fe_2(SO_4)_3 \longrightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 6Na_2SO_4$$

सल्फर का परीक्षण :

1. लेड ऐसीटेट परीक्षण : 2 मिली सोडियम निष्कर्ष को ऐसीटिक अम्ल द्वारा अम्लीकृत किया जाता है जिसमें लेड ऐसीटेट का विलयन डालने पर लेड सल्फाइड का काला अवक्षेप प्राप्त होता है जो सल्फर की उपस्थिति प्रमाणित करता है।

$$Na_2S + (CH_3COO)_2Pb \longrightarrow \underset{\text{काला}}{PbS\downarrow} + 2CH_3COONa$$

2. सोडियम नाइट्रोप्रसाइड परीक्षण : एक परखनली में 1 मिली सोडियम निष्कर्ष लेकर ताजा बना हुआ सोडियम नाइट्रोप्रूसाइड विलयन की कुछ बूँदे मिलाने पर बैंगनी रंग प्राप्त होता है। यौगिक में सल्फर की उपस्थिति सिद्ध होती है।

$$Na_2S + Na_2[Fe(CN)_5NO] \longrightarrow \underset{\text{बैंगनी रंग}}{Na_4[Fe(CN)_5NOS]}$$

नाइट्रोजन एवं सल्फर का एक साथ परीक्षण :

यदि यौगिक में नाइट्रोजन एवं सल्फर दोनों एक साथ उपस्थित हो तो N व S के उपरोक्त परीक्षण सफल नहीं भी हो सकते है। ऐसी स्थिति में सोडियम निष्कर्ष में फेरिक क्लोराइड मिलाने पर लाल रंग आये तो यौगिक में N एवं S की एक साथ उपस्थिति प्रमाणित होती है।

$$NaCNS + FeCl_3 \longrightarrow Fe(CNS)_3 + 3NaCl$$

हैलोजनों का परीक्षण :

हैलोजनों की उपस्थिति निम्न परीक्षणों द्वारा दर्शायी जाती है।

1. लेसाने परीक्षण : **अगर नाइट्रोजन एवं सल्फर अनुपस्थित हो** : 2–3 मि.ली सोडियम निष्कर्ष को नाइट्रिक अम्ल से अम्लीकृत करके सिल्वर नाइट्रेट का विलयन डालते है तथा प्राप्त अवक्षेप का निरीक्षण करते है। यदि सफेद (दही जैसा) अवक्षेप जो कि अमोनियम हाइड्रोक्साइड के आधिक्य में घुलनशील हो क्लोरीन की उपस्थिति इंगित करते हैं।

$$NaCl + AgNO_3 \longrightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$$

$$AgCl + NH_4OH \longrightarrow [Ag(NH_3)_2]\,Cl + 2H_2O$$

यदि हल्के पीले रंग का अवक्षेप, जो कि अमोनियम हाइड्रोक्साइड की अधिक मात्रा में अर्धविलेय या कठिनता से विलेय हो, ब्रोमीन की उपस्थिति को प्रदर्शित करता है।

$$NaBr + AgNO_3 \longrightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$$

$$AgBr + NH_4OH \longrightarrow [Ag(NH_3)_2]\,Br + 2H_2O$$

यदि पीले रंग का अवक्षेप, जो कि अमोनियम हाइड्रोक्साइड में अविलेय होता हो, आयोडाइड की उपस्थिति बताता हैं।

$$NaI + AgNO_3 \longrightarrow AgI\downarrow + NaNO_3$$

अगर नाइट्रोजन एवं सल्फर उपस्थित हो :

हैलोजन के साथ यदि नाइट्रोजन एवं सल्फर या दोनों ही उपस्थित है तो उपरोक्त विधि द्वारा हैलोजन का परीक्षण नहीं किया जा सकता है क्योंकि सोडियम निष्कर्ष में उपस्थित NaCN व Na_2S सिल्वर नाइट्रेट विलयन के साथ AgCN (सफेद अवक्षेप) व Ag_2S (काले अवक्षेप) बनायेंगे। इससे हैलोजन परीक्षण में बाधा आती है।

अतः N व S की उपस्थिति में हैलोजन का परीक्षण करने हेतु सर्वप्रथम सोडियम निष्कर्ष को सांद्र HNO_3 के साथ करीब 10 मिनिट तक (या सूखने तक) उबाला जाता है। इससे NaCN तथा Na_2S अपघटित होकर HCN(g) तथा $H_2S(g)$ के रूप में वाष्पित हो जाते हैं।

$$NaCN + HNO_3 \longrightarrow NaNO_3 + HCN(g)\uparrow$$

$$Na_2S + HNO_3 \longrightarrow NaNO_3 + H_2S(g)\uparrow$$

इसके पश्चात् हैलोजनों का $AgNO_3$ परीक्षण कर लिया जाता है।

कार्बनिक परत परीक्षण :

2 मिली सोडियम निष्कर्ष को एक परखनली में लेकर तनु H_2SO_4 या HNO_3 द्वारा अम्लीकृत कर लिया जाता है। फिर इसमें क्लोरोफार्म या कार्बन टेट्रा क्लोराइड की कुछ बूंदें डालने पर नीचे एक अलग परत दिखाई देती है। इसके पश्चात इसमें क्लोरीन जल धीरे धीरे मिलाकर हिलाया जाता है। क्लोरोफार्म या कार्बन टेट्राक्लोराइड की परत को देखने पर अगर पीली या भूरी दिखाई दे तो ब्रोमीन उपस्थित है। बैगनी दिखाई दे तो आयोडीन उपस्थित है, रंगहीन ही रहे तो दोनों अनुपस्थित हैं।

क्लोरीन जल की अधिक मात्रा डालने पर यदि बैंगनी परत का रंग पीला या भूरा हो जाय तो यौगिक में ब्रोमीन एवं आयोडीन साथ–साथ उपस्थित हैं।

(नोट– हालांकि पाठ्यक्रम के अनुसार दो हैलोजन एक साथ नही दिये जा सकेंगे।)

$$2NaBr + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl + Br_2$$

$CHCl_3 + Br_2 \longrightarrow CHCl_3.Br_2$ पीला या भूरा विलयन (परत)

$$2NaI + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl + I_2$$

$CHCl_3 + I_2 \longrightarrow CHCl_3.I_2$ बैंगनी विलयन (परत)

बेलेस्टाइन परीक्षण (Beitstein test)

हैलोजनों की उपस्थिति का संकेत एक सुविधा जनक एवं सामान्य परीक्षण से प्राप्त किया जा सकता है। इसमें तांबे के एक तार को ज्वाला में तब तक गर्म किया जाता है जब तक वह ज्वाला को हरा रंग प्रदान करना बंद कर दे। इसके पश्चात तार पर पदार्थ की थोडी मात्रा लेकर पुनः ज्वाला में गर्म करते है। यदि ज्वाला का रंग पुनः हरा हो जाता है तो हैलोजनों की उपस्थिति प्रदर्शित होती है। यह परीक्षण पूर्ण प्रमाणिक नहीं है क्योंकि अन्य कुछ यौगिक जैसे यूरिया आदि भी हरे रंग की ज्वाला उत्पन्न करते है जिसमें हैलोजन नहीं होता।

खाद्य पदार्थो में मिलावट की जाँच

Adulteration in Food Products

उद्देश्यः– भिन्न–भिन्न खाद्य सामग्री के नमूनों में मिलावट की जाँच का अध्ययन करना।

खाद्य पदार्थो में मिलावटः–

मिलावट (अपमिश्रण) :– प्राकृतिक तत्त्वों व खाद्य पदार्थों में सस्ता एवं घटिया किस्म का कोई भी मिलता–जुलता पदार्थ मिलाने से खाद्य पदार्थ की गुणवत्ता एवं शुद्धता में कमी आने को **मिलावट या अपमिश्रण** कहते है।

आजकल प्रायः देखा गया है कि बाजार में शायद ही कोई वस्तु शुद्ध मिलती है पहले तो हम केवल दूध में पानी व शुद्ध धी में चर्बी या वनस्पति धी के मिलाने की बात सुना करते थे। आजकल स्वार्थी लोग सीमेंट में राख, चाय में रंगा हुआ लकड़ी का बुरादा, जीरे में धोड़े की लीद खाने के रगों में लाल पीली मिटट्री यहाँ तक कि अब तो सरसों व अन्य खाद्य तेलों में दूसरे अखाद्य तेल मिलाये जाने लगे है। जिन्हें खा कर हजारों लोग अन्धे, रोगी व अपंग बन चुके है खाद्य पदार्थ में मिलावट से उसकी गुणवत्ता पर कुप्रभाव पड़ता है। अतः यहाँ कुछ सामान्य खाद्य पदार्थो में मिलावट व उनकी जाँच के परीक्षण दिए गए है।

आवश्यक साम्रगीः–स्प्रिट लैम्प, बीकर, परखनली अभिकर्मक, परखनली स्टैण्ड, स्प्रिट आदि।

क्र सं	खाद्य पदार्थ	अपमिश्रण पदार्थ	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	दूध	स्टार्च	परखनली में 10 मिली दूध लेकर उसमें कुछ बूँदे टिंचर आयोडीन की मिलाकर हिलाइए।	विलयन का रंग नीला हो जाता है।	स्टार्च की मिलावट है।
		सप्रेटा चूर्ण	परखनली में 20 मिली दूध लेकर उसमें कुछ बूँदे नाइट्रिक अम्ल HNO_3 की डालकर हिलाइए	दूध का रंग जामुनी हो जाता है।	सप्रेटा की मिलावट है।
		यूरिया	परखनली में 10 मिली दूध लेकर थोड़ा –सा सोयाबीन या अरहर पाउडर डालते है। इस विलयन को 5 मिनट तक हल्दी –पत्र को भिगोइए। लाल हल्दी–पत्र में एक–दो बूँदे अमोनिया की डालने पर	हल्दी –पत्र का रंग लाल हो जाता है। हल्दी पत्र का लाल रंग हरा हो जाता है।	यूरिया की मिलावट है।
		सोडियम बाइकार्बोनेट	परखनली में 4 मिली दूध लेकर उसमें 5 मिली एल्कोहॉल एवं 10 मिली बूँदे रोसेलिक अम्ल डालने पर	दूध का रंग गुलाबी हो जाता है।	सोडियम बाइकार्बोनेट की मिलावट है।
		वनस्पति घी	परखनली में 5 मिली दूध लेकर उसमें 10 बूँदे सान्द्र HCl अम्ल तथा आधा चम्मच शक्कर मिलाकर हिलाइए तथा 15 मिनट रखिए।	दूध लाल रंग का हो जाता है।	वनस्पति घी की मिलावट है।
		पानी	(i) किसी चिकनी सतह पर दूध की एक बूँद रखिए	दूध तुरन्त बहता है।	दूध में पानी की मिलावट है।

			(ii) लेक्टोमीटर द्वारा जाँच की जाती है।	अगर आपेक्षिक धनत्व 1.028 से कम आता है।	दूध में पानी की मिलावट है।
2.	**घी**	वनस्पति घी/पशु चर्बी/मोम	परखनली में पिघला हुआ 5 मिली घी, नमूने से लेकर उसमें 2–3 बूँदे सान्द्र HNO_3 अम्ल की डालकर हल्का गर्म करने पर	रंग पीला हो जाता है। रंग नारंगी हो जाता है। रंग लाल हो जाता है। मिश्रित रंग दिखाई देता है।	वनस्पति घी की मिलावट है। पशु चर्बी की मिलावट है। मोम की मिलावट है। वनस्पति घी, चर्बी मोम सभी की मिलावट है
			परखनली में एक चम्मच घी एवं बराबर मात्रा में हाइड्रोक्लोरीक अम्ल लेकर उसमें 2–3 बूँदे फरफ्यूरल अम्ल की मिलाकर एक मिनट तक हिलाइए एवं 5 मिनट के लिए छोड़ दीजिए	गुलाबी–रंग आता है।	वनस्पति घी की मिलावट है।
		वनस्पति तेल	परखनली में पिघला हुआ 5 मिली घी, नमूने से लेकर उसमें एक–चौथाई चम्मच शक्कर तथा सान्द्र HCl अम्ल डालकर गर्म करने पर	गुलाबी–रंग आता है।	वनस्पति तेल की मिलावट है।
		उबला आलू	परखनली में पिघला हुआ 5 मिली. घी, नमूने से लेकर उसमें 2–3 बूँदे टिंचर आयोडीन डालने पर	नीला–काला रंग आता है।	उबले आलू की मिलावट है।
3.	**लाल–मिर्च चूर्ण**	लाल–रंग	परखनली में थोड़ा–सा मिर्च का चूर्ण लेकर पानी डालकर हिलाने पर	लाल रंग आता है।	लाल रंग की मिलावट है।
		अन्य पदार्थ	परखनली में थोड़ा–सा मिर्च चूर्ण लेकर पानी में घोलते है तथा 2–3 बूँदे टिंचर आयोडीन डालने पर	नीला –काला रंग आता है।	अन्य खाद्य पदार्थ की मिलावट है।
4.	**मावा व उससे बने पदार्थ**	स्टार्च	परखनली में मावा या उससे बने पदार्थ की थोड़ी मात्रा में पानी मिलाकर उबालते है एवं ठण्डा कर लेते है। इस ठण्डे विलयन में कुछ बूँदे आयोडीन विलयन की मिलाते है।	विलयन का रंग नीला हो जाता है।	स्टार्च की मिलावट है।
5.	**खाद्य तेल**	निषेध रंग	5 मिली खाद्य तेल को परखनली में लेकर उसमें 5 मिली सान्द्र HCl मिलाकर हिलाइए अब इस विलयन को 5 मिनट रखिए।	निषेध रंग विलयन की ऊपरी सतह पर आ जाता है।	निषेध रंग की मिलावट है।
6.	**हल्दी पाउडर**	कृत्रिम रंग	परखनली में हल्दी पाउडर लिजिए उसमें सान्द्र HCl की कुछ बूँदे मिलाइए।	तुरन्त गुलाबी रंग आता है जो कि जल के साथ तनु करने पर विलुप्त नहीं होता है।	निषेध मेटानिल येलों कृत्रिम रंग उपस्थित है।

प्रयोग 1

1. **उद्देश्य** :— दूध के दिये गये नमूने में मिलावट की जाँच करना।
2. **उपकरण** :— स्वच्छ टाईल, पॉच परखनलियाँ,
3. **रसायन** :— हल्दी पत्र, टिन्चर आयोडीन, नाइट्रिक अम्ल, सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल, रोसैलिक अम्ल, सोयाबीन पाउडर,
4. **विधि** :— पॉच स्वच्छ एवं शुष्क परखनलियों को परखनली स्टैण्ड में रखते है तथा इन्हें 1–5 अंक देते है। एक से तीन नम्बर वाली परखनलियों में 10–10 mL दूध के नमूने को लेते है। चार व पॉच नम्बर की परखनली में पॉच–पॉच mL दूध के नमूने को लेते है। तत्पश्चात् निम्नलिखित परीक्षण करते है

5. **प्रेक्षण सारणी** :—

क्र.सं	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	परखनली एक में थोड़ा–सा टिंचर आयोडीन डालकर हिलाइए	विलयन का रंग अपरिवर्तित रहता है।	स्टार्च की मिलावट नही है।
2.	परखनली दो में कुछ बूँदे नाइट्रिक अम्ल HNO_3 डालने पर	दूध का रंग अपरिवर्तित रहता है।	सप्रेटा की मिलावट नहीं है।
3.	परखनली तीन में थोड़ा–सा सोयाबीन पाउडर डालते है। इस विलयन में 5 मिनट तक हल्दी–पत्र को भिगोइए लाल हल्दी–पत्र में एक–दो बूँदे अमोनिया की डालने पर	हल्दी–पत्र का रंग लाल हो जाता है। लाल पत्र का रंग हरा हो जाता है।	यूरिया की मिलावट है।
4.	परखनली चार में 5 mL परिशोधत स्प्रिट व 5 mL रोसैलिक अम्ल डालने पर	दूध का रंग अपरिवर्तित रहता है।	सोडियम बाइ कार्बोनेट की मिलावट नही है।
5.	परखनली पॉच में 10 बूँदे सान्द्र HCl अम्ल तथा आधा चम्मच शक्कर मिलाकर हिलाते है, तथा 15 मिनट रखने पर	दूध का रंग अपरिवर्तित रहता है।	वनस्पति घी की मिलावट नहीं है।
6.	किसी चिकनी सतह पर दूध की एक बूँद रखिए	दूध तुरन्त बहता है।	दूध में पानी की मिलावट है।

6. **परिणाम** :— दिये गये दूध के नमूने में यूरिया तथा पानी मिलावट पायी गई ।

प्रायोजनाएं एवं सत्रीय कार्य
Projects and Sessional Work

7.1 प्रायोजनाएं (Projects)

परियोजना 1 – पीने के पानी में सल्फाइड आयन विधि से बैक्टीरिया की उपस्थिति का परिक्षण।

उपकरण – परखनली, परखनली स्टैण्ड, सोडियम नाइट्रोप्रुसाइड घोल, बीकर।

सिद्धान्त – पीने के पानी के जीवाणु संदूषण का मुख्य कारण दुर्घटनात्मक सीवरेज के पीने के पानी के साथ मिलना है। ऐसा जल हमें प्रदूषित नदियों, झीलों आदि से भी प्राप्त होता है।

सीवरेज में वायवीय और अवायवीय जीवाणु उपस्थित होते हैं, जो इसमें उपस्थित जैविक यौगिकों का ऑक्सीकरण करते हैं। ऑक्सीजन की अच्छी मात्रा में वायवीय जीवाणु द्वारा ऑक्सीकरण हो जाता है और ऑक्सीकरणीय उत्पाद अबदबूदार और नाईट्राईट, नाईट्रेट, सल्फेट, फोस्फेट आदि का मिश्रण होता है। इस प्रकार की सीवेज की ऑक्सीकरण प्रक्रिया को वायवीय ऑक्सीकरण कहते है। इस प्रकार के पानी में जीवाणुओं की मात्रा ज्यादा नहीं होती। इस तरह के पानी से आसानी से प्रयोग करने वाला शुद्ध पानी पर्याप्त मात्रा में प्राप्त किया जा सकता है।

जब दूषित जल में ऑक्सीजन की मात्रा कम हो तो अवायवीय जीवों द्वारा सड़ाव आ जाता है और मिथेन (CH_4), हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S), अमोनिया सल्फाइड [$(NH_4)_2S$), और फॉस्फीन (PH_3) आदि गैसे बनती है जो बदबूदार होती है। इस प्रकार के ऑक्सीकरण को अवायवीय ऑक्सीकरण कहते हैं। इस प्रकार के ऑक्सीकरण में जीवाणु उस ऑक्सीजन का प्रयोग करते हैं जो कि जैविक पदार्थ में या नाइट्रेट, नाईट्राइट, सल्फेट, जो कि सीवरेज में उपस्थित होते हैं, में होती है। इस तरह के सीवरेज के पानी में भारी मात्रा में जीवाणु होते हैं और यह जब थोड़ी मात्रा में भी शुद्ध पानी में मिल जाएं तो बहुत हानिकारक होता है। पानी में इस तरह की गन्दगी को सल्फाइड आयन की जांच द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। सल्फाइड आयन का परीक्षण करने के लिए लैड ऐसिटेट परीक्षण नाईट्रोप्रुसाइड परीक्षण तथा फैरस सल्फेट परीक्षण उपयुक्त है। जिनमें से नाईट्रोप्रुसाइड परीक्षण उत्तम है।

सल्फाइड आयन का परीक्षण जीवाणु सन्दूषण के लिए प्रयुक्त करते है क्योंकि ऑक्सीजन की कमी के कारण सल्फाइड आयन हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) तथा अमोनिया सल्फाइड [$(NH_4)_2S$), में परिवर्तित हो जाता है। हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) तथा अमोनिया सल्फाइड [$(NH_4)_2S$) का आयनन निम्न प्रकार से होता है :–

$$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$$
$$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$$
तथा $$(NH_4)_2S \rightleftharpoons 2NH_4^+ + S^{2-}$$

इनका आयनन सर्वाधिक pH 10 पर होता है क्योंकि यह दोनों ही दुर्बल वैद्युत अपघट्य है। अम्लीय माध्यम में ये दोनों अवियोजित रहते है। यहाँ प्राप्त H_2S HS^- तथा S^{2-} जलीय जीव जन्तुओं के लिए घातक है। इनकी जल में 0.01 मिली ग्राम प्रति लिटर की मात्रा जलीय जीवों के लिए घातक होती है। इनकी उपस्थिति से जल दुर्गन्ध युक्त तथा गन्दला हो जाता है।

विधि –
1. 5 पानी के नमूने अलग–अलग स्थानों से एकत्र करो जैसे कि कुआं, नल, नदी, झील आदि और उन्हें A,B,C,D,E आदि से अंकित करो।
2. परखनली में से 2–5 mL पानी लो। अब इसमें 1–2 बूंदे नाईट्रोप्रुसाइड घोल की मिलाओ। बदलते हुए रंग को देखो। इस घटक के साथ सल्फाइड आयन, अगर उपस्थित है तो बैंगनी रंग के देते हैं।
3. इसी तरह नमूनों की भी जांच करो और टिप्पणी को लिखों।

टिप्पणी सारणी

क्रम संख्या	पानी के नमूने	रंग उत्पन्न	जीवाणु अशुद्धता
1.	नमूना A	कोई रंग नहीं	शुद्ध
2.	नमूना B	बैंगनी रंग	अशुद्ध
3.	नमूना C	कोई रंग नहीं	शुद्ध
4.	नमूना D	बैंगनी रंग	अशुद्ध

परिणाम – पानी के नमूने B और D में बैक्टीरियल गन्दगी है।

परियोजना – 2 जल शुद्धिकरण की विभिन्न विधियों का अध्ययन करना।

सिद्धान्त – एक व्यस्क मनुष्य को एक दिन 3 से 5 लिटर जल की आवश्यकता होती है। पीने योग्य पानी, जो कि मनुष्य के उपयोग के लिए अच्छा है, को नीचे लिखी हुई जरूरी मांगों को पूरा करना चाहिए।

(i) रंगहीन और गन्धहीन होना चाहिए।

(ii) यह बीमारी फैलाने वाले सूक्ष्म जीवाणुओं रहित होना चाहिए।

(iii) यह विभिन्न जहरीले भारी धातुओं के आयन रहित होना चाहिए।

(iv) इसकी मृदुता उचित मात्रा में होनी चाहिए।

(v) इसमें कुल घुले हुए ठोस पदार्थो की मात्रा से अधिक नहीं होनी चाहिए।

नदियों, झीलों, झरनों या कुंओं से मिलने वाला प्राकृतिक पानी प्रायः पीने योग्य पानी की मांगों को पूरा नहीं करते। विभिन्न प्रकार की अशुद्धियों को दूर करने के लिए हम प्रायः निम्नलिखित विधियों का प्रयोग करते है।

1. **तैरती अशुद्धियों को दूर करना –**

(i) छानना (Screening) अशुद्ध पानी कई प्रकार के छिद्रों वाली जालियों में से गुजारा जाता है। तैरती अशुद्धियां इन जालियों द्वारा रोक ली जाती है।

(ii) अवसादन (Sedimentation) – इसमें तैरती हुई या कोलाइडी (Colloidal) अशुद्धियों को दूर किया जाता है। छने हुए पानी को लगभग 50 m गहरे बड़े टैंक में बिना छेडे रहने दिया जाता है। तैरती हुई अधिकतर अशुद्धियां गुरूत्वाकर्षण बल के कारण तल पर बैठ जाती है। तब साफ पानी पंपों की सहायता से निकाल लिया जाता है। अवसादन की पूरी प्रकिया में 2 से 6 घण्टे लग जाते हैं।

पानी के शुद्धिकरण में स्कदकों (Coagulants) का योगदान –जब पानी में बारीक मिट्टी के कण और कोलाइडी पदार्थ होता है तो अवसादन स्कंदन के साथ करना जरूरी हो जाता है। इसके लिए इसमें आवश्यक मात्रा में कुछ रसायन, जिन्हें स्कंदन कहते हैं, को डाल कर बारीक कोलाइडी और तैरते हुए कणों को निकाला जाता है। कोग्यूलेण्टस जैसे फिटकरी या फेरस सल्फेट (जो कि ऑक्सीकरण होने पर फेरिक आयन देता है।) Al^{3+} या Fe^{3+} आयन देते है, जो कोलाइडी (Colloidal) और मिट्टी के कणों के ऋणात्मक आवेश को उदासीन करते है। उदासीनीकरण के पश्चात छोटे मिट्टी के कण एक दूसरे के नजदीक आते हैं और इस प्रकार एक बड़ा कण बनाते हैं, जो कि अधिक तीव्रता से नीचे बैठ जाता है।

(iii) छनाई (Filtration) – यह पानी को बारीक रेत और अन्य उचित प्रकार के दानेदार पदार्थों की तहों के बीच से गुजार कर किया जाता है। यह स्कंदित (Coagulated) या तैरते हुए पदार्थों को पानी में मौजूद बैक्टीरिया और सूक्ष्म जीवों के साथ निकाल देता है। छनाई प्रायः रेत फिल्टर द्वारा की जाती है।

2. **सूक्ष्म जीवाणुओं को मारना** – रेत फिल्टर से आने वाले पानी में अब भी कुछ रोगजनक जीवाणु बैक्टीरिया होते हैं। बीमारी फैलाने वाले जीवाणु या अन्य सूक्ष्म जीवों को खत्म करने या मारने की प्रक्रिया को विसंक्रमण (Disinfection) कहते है। रसायनिक पदार्थ, जो कि जीवाणु या अन्य सूक्ष्म जीवों को मारने के प्रयोग में लाया जाता है, को रोगाणु–नाशक (Disinfections) कहलाते हैं। पानी में रोगाणुओं को नाश करने की कुछ प्रक्रियाएं अग्रलिखित है।

(क) उबालना – पानी को लगभग 10 से 15 मिनट तक उबालने से पानी में मौजूद लगभग सभी जीवाणु और अन्य सभी सूक्ष्म जीवों को मारा जा सकता है। क्योंकि यह विधि बहुत मंहगी और एक बार रोगाणु–नाशन के बाद पानी अधिक देर तक सुरक्षित नहीं रहता, इसलिए यह विधि नगरों के पानी को साफ करने में नहीं अपनाई जाती है।

(ख) विरंजक चूर्ण (Bleaching powder) के मिलाने से – यदि विधि ज्यादातर छोटे स्तर पर पानी शुद्ध करने के काम में लाई जाती है। इस विधि में, 1000 kL पानी में लगभग 1 kL विरंजक चूर्ण मिलाया जाता है और पानी को कई घण्टों के लिए बिना छेड़े पड़ा रहने दिया जाता है। पानी के विरंजक चूर्ण से क्रिया करने पर हाइपोक्लोरस अम्ल बनता है जो कि पानी में मौजूद सभी जीवाणु और अन्य सभी सूक्ष्म जीवों को नष्ट कर देता है।

$$CaOCl_2 + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + Cl_2$$

विरंजक चूर्ण

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + HOCl$$

हाइपोक्लोरस अम्ल

(ग) क्लोरोनीकरण के द्वारा (Chlorination) – पूरे विश्व में ज्यादातर क्लोरीन को ही बड़े स्तर पर रोगाणु–नाशक के रूप में प्रयोग किया जाता है। इसके लिए, इसे गैस या द्रवीय रूप में या सांद्रित घोल के रूप में प्रयोग किया जाता है। क्लोरीन पानी के सम्पर्क में आने से हाइपोक्लोरस अम्ल पैदा करती है, जो कि एक शक्तिशाली जीव–नाशक है।

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$$

क्लोरीन गैस हाइपोक्लोरस अम्ल

ऐसा माना जाता है कि क्लोरीन (Cl_2) की रोगाणु–नाशक प्रक्रिया HOCl के बनने के कारण है जो कि सूक्ष्म जीवों में मौजूद कुछ आवश्यक एन्जाइम (enzymes) को निष्क्रिय करता है जिससे ये सूक्ष्म–जीव क्षण भर में मर जाते है। pH का मान 6.5 अर्थात अम्लीय कर के HOCl (जो कि हाइपोक्लोराइड आयन पैदा करता है) के आयनन को रोका जाता है। ऐसा इसलिए करते है कि क्योंकि हाइपोक्लोराइड आयन अपने आप में रोगाणुनाशक के रूप में प्रभावशील नहीं है।

$$HOCl \rightleftharpoons H^+ + OCl^-$$

हाइपोक्लोराइड आयन

(घ) क्लोरऐमीन के द्वारा – जब क्लोरीन और अमोनिया आयतन के 2 : 1 अनुपात में मिलाए जाते है तो एक यौगिक क्लोरमाईन (Chloramine) बनता है।

$$Cl_2 + NH_3 \square ClNH_2 + HCl$$

क्लोरऐमीन

क्लोर ऐमीन की रोगाणु –नाशक क्रिया क्लोरीन से कहीं ज्यादा देर तक रहने वाली है, इसलिए इसे एक अच्छा रोगाणु–नाशक माना जाता है। इसके अतिरिक्त पानी में क्लोरऐमीन की अधिक मात्रा कोई खराब स्वाद व गन्ध भी नहीं छोड़ती। इसलिए आजकल अकेले क्लोरीन के अपेक्षा क्लोरऐमीन को पीने वाले पानी के रोगाणुनाशन हेतु बेहतर माना जाता है।

(ड.) ओजोन के द्वारा – ओजोन एक बढ़िया रोगाणुनाशक है जो कि अवशेष के रूप में कोई स्वाद व गन्ध नहीं छोड़ती। ओजोन अत्यधिक अस्थिर होने के कारण विघटित होकर नवजात ऑक्सीजन देती है। नवजात ऑक्सीजन एक शक्तिशाली ऑक्सीकारक होने के कारण पानी में मौजूद किसी जैविक पदार्थ (सूक्ष्म जीवों को सम्मिलित कर) को ऑक्सीकृत कर देती है। क्योंकि ओजोन अत्यधिक अस्थिर है, सो पानी में जरूरत से अधिक ओजोन शीघ्र विघटित होकर अहानिकारक, स्वादहीन और गन्ध रहित ऑक्सीजन में बदल जाती है। इस विधि में सम्पर्क काल 10 से 15 मिनटों का होता है और प्रायः ओजोन की मात्रा 2–3 ppm होती है।ओजोन का रोगाणु–नाशक के रूप में प्रयोग करने में केवल एक बाधा है कि यह बहुत मंहगी है।

छोटे स्तर पर पानी की शुद्धीकरण की विधिया (घरेलू जल शुद्धीकरण)

1. प्रतीप परासरण (Reverse Osmosis) – एक अर्ध–पारगम्य झिल्ली में से विलायक के शुद्ध विलायक (या कम सान्द्रता वाला विलयन) से विलयन (ज्यादा सान्द्रता वाला विलयन) की तरफ का बहाव परासरण कहलाता है। प्रकृति या मानव द्वारा बनाया गया वह पर्दा या झिल्ली जो घोलने वाले पदार्थ को अपने में से गुजरने दे परन्तु घुलने वाले पदार्थ को नहीं, अर्ध–पारगम्य झिल्ली कहलाती है। वह अतिरिक्त द्रवस्थैतिक दाब (Hydrostatic Pressure) जिसे एक अर्ध–पारगम्य (Osmotic Pressure) झिल्ली में से विलायक के बहाव को विलयन में जाने से रोकने के लिए विलयन पर लगाया जाए, उसे परासरण दाब (Osmotic Pressure) कहते हैं। यदि विलयन की तरफ लगने वाला दबाव परासरण दाब से अधिक हो तो परासरण की प्रक्रिया प्रतीप हो जाती है। अर्थात विलायक विलयन की तरफ विलायक की तरफ बहना शुरू कर देता है। इसे प्रतीप परासरण (Reverse Osmosis) कहते हैं।

विलायक का अर्ध–पारगम्य झिल्ली से विलयन की तरफ से शुद्ध विलायक की तरफ का बहाव, जब द्रव स्थैतिक दाब परासरण दाब से ज्यादा हो, प्रतीप परासरण कहलाता है। इस प्रक्रिया में शुद्ध पानी में से अशुद्धियों को निकालने की बजाए, शुद्ध पानी को अशुद्धियों से निकाला जाता है।

इस विधि में, समुद्री पानी (अशुद्ध पानी) पर 15.40 kg/cm^2 का दबाव डाला जाता है। यह बल शुद्ध पानी को अर्ध–पारगम्य झिल्ली से बाहर निकाल देता है और घुलनशील अशुद्धियों। (दोनो आयनिक व अनायनिक) को पीछे छोड़ देता है। इस विधि में प्रयोग में लाई जाने वाली अर्ध–पारगम्य (Semi-permeable) झिल्ली को एक सैलूलोज ऐसीटेट की पतली परत या एक पॉलीमेथैक्रिलेट की झिल्ली या एक पॉलीऐमाइड झिल्ली से बनाया जाता है। इस परत या झिल्ली को छिद्रित नलियों के ऊपर सहारा दिया जाता है।

इस विधि को प्रायः R.O. पर आधारित घरेलू जल शुद्धिकरण यन्त्रों में प्रयोग किया जाता है। इन घरेलू जल शुद्धिकरण यन्त्रों में पानी को पहले छाना किया जाता है, फिर सक्रिय चारकोल के ऊपर से गुजारा जाता है जिससे रंग और हानिकारक घुली गैसें जैसे Cl_2, H_2S आदि को हटाया जा सके। अब इस पानी को R.O. की प्रक्रिया द्वारा जल में उपस्थित सूक्ष्म जीवों और घुलनशील अशुद्धियों से अलग किया जा सकता है।

इस प्रक्रिया की मुख्य हानि यह है कि यह प्राकृतिक पानी में घुले हुए लाभकारी लवणों को ही अलग कर देता है।

2. पराबैंगनी विकिरण पर आधारित जल शुद्धिकरण – इन शुद्धिकरण यन्त्रों में पहले पानी को फिल्टरित किया जाता है और फिर इसको सक्रिय चारकोल के ऊपर से गुजारा जाता है, जैसा कि R.O. पर आधारित शुद्धिकरण यन्त्रों में किया जाता है। यहां पर पानी में मौजूद सूक्ष्म जीवों को मारने के के लिए पराबैंगनी किरणों का प्रयोग किया जाता है। यह विधि तब ही प्रयोग में लाई जाती है कि जब नल का पानी हानिकारक घुलनशील अशुद्धियों जैसे भारी धातुओं के आयनों आदि से मुक्त हो।

परियोजना –3 पीने के पानी में मौजूद कठोरता एंव फ्लोराइड की जाँच।

सिद्धान्त – पीने योग्य पानी को दो भागों तलीय जल और भूमिगत जल में विभक्त कर अध्ययन करते है।
(क) तलीय जल : तलीय जल के प्रमुख प्रकार है :
(i) वर्षा का पानी (ii) नदियों का पानी (iii) झीलों का पानी (iv) समुद्री पानी।

(i) वर्षा जल – प्राकृतिक पानी का यह शुद्धतम रूप है। ऐसा इसलिए है, क्योंकि पृथ्वी तल से वाष्पीकरण और फिर संघनन के फलस्वरूप यह जल प्राप्त होता है। हालांकि आकाश से नीचे गिरने के दौरान यह जल कई गैसों (CO_2, SO_2 और नाइट्रोजन के ऑक्साइड) की कुछ मात्रा और हवा में तैरते ठोस पदार्थ के कणों (दोनों अजैविक व जैविक) को घोल लेता है।

(ii) नदियों का पानी – नदियों में जल वर्षा द्वारा पहुंचता है और बर्फ के पिघलने व झरनों का पानी से भी इसमें पहुंचता है। इन स्त्रोतों से बहने वाला पानी धरातल के ऊपर से गुजरता है और क्लोराइड, सल्फेट, सोडियम, पोटैशियम, कैल्सियम, मैग्नीशियम इत्यादि के बाइकार्बोनेटस और धरातल के ऊपर मिलने वाले खनिजों को घोल देता है। नदियों के पानी में कुछ जैविक पदार्थों के साथ बारीक रेत और चट्टानों के कण भी होते हैं।

(iii) झीलों का पानी – इसमें प्रायः कुंओ के पानी की अपेक्षा कम मात्रा में खनिज पदार्थ घुले होते हैं। हालांकि, कुछ झीलों के पानी में विभिन्न प्रकार के लवण भी बड़ी मात्रा में घुले हो सकते हैं।

(iv) समुद्री पानी – प्राकृतिक पानी का यह सबसे अशुद्धतम रूप है। इसमें लगभग 33% लवण घुले हुए होते हैं जिसमें से 26% सोडियम क्लोराइड होता है। अन्य मौजूद लवणों में सोडियम के सल्फेट, मैग्नीशियम और कैल्सियम के बाईकार्बोनेट, सल्फेट व क्लोराइड और पोटैशियम और मैग्नीशियम के ब्रोमाइड भी है।

(ख) भूमिगत जल – भूमिगत जल के मुख्य स्त्रोत झरने और कुएं है। वर्षा के जल का कुछ भाग जो धरातल पर पहुंचता है धरती में रिसता है। जैसे–जैसे पानी नीचे जाता है वह मिट्टी में मौजूद कई खनिजों के सम्पर्क में आता है और इनमें से कुछ को घोल लेता है।

झरनों और कुओं का पानी, सामान्यतः दिखने में साफ होता है। ऐसा मिट्टी और रेत की छानने प्रक्रिया के द्वारा होता है। फिर भी भूमिगत जल में कुछ हालातों में, लवण भी घुले हो सकते हैं। भूमिगत जल प्रायः ज्यादा जैविक शुद्धता वाले होते हैं।

पीने योग्य पानी में लोहा, क्लोराइड आदि के मौजूद होने के कारण –
जब पानी मिट्टी के ऊपर से बहता है या मिट्टी में रिसता है तो वह निम्नलिखित भौतिक व रासायनिक परिवर्तनों के कारण दूषित हो जाता है।

(i) घुलनशील लवणों का जल में घुलना–सोडियम क्लोराइड (NaCl) मैग्नीशियम क्लोराइड ($MgCl_2$) कैल्सियम व मैग्नीशियम के सल्फेट ($CaSO_4$, $2H_2O$ या जिप्सम, $MgSO_4$, $2H_2O$) जैसे चट्टानों के घुलने योग्य यौगिक जल में शीघ्रता से घुल जाते है।

(ii) जल से संयोग द्वारा – कुछ खनिज जैसे $CaSO_4$, Mg_2SiO_4 इत्यादि पानी से तुरन्त क्रिया कर बढे हुए आयतन वाले उत्पाद बनाते है। इससे चट्टानों में पाए जाने वाले ऐसे खनिज टूटने लगते है और कुछ हालातों में घुलने लगते है।

$$CaSO_4 + 2H_2O \square \quad \underset{\text{जिप्सम}}{CaSO_4 . 2H_2O}$$

$$Mg_2SiO_4 + xH_2O \square \quad \underset{\text{सर्पेन्टाइन}}{Mg_2SiO_4 . xH_2O}$$

(iii) पानी में घुली हुई CO_2 की क्रिया द्वारा – पानी में घुली हुई कार्बन डाइऑक्साइड, कैल्सियम व मैग्नीशियम के अघुलनशील कार्बोनेटों को घुलनशील बाइकार्बोनेटों में बदल देती हैं।

$$\underset{\text{अघुलनशील}}{CaCO_3(s)} + CO_2(g) + H_2O(I) \square \quad \underset{\text{घुलनशील}}{Ca(HCO_3)_2(aq)}$$

(iv) घुली हुई ऑक्सीजन की क्रिया द्वारा – घुली हुई ऑक्सीजन खनिजों का ऑक्सीकरण और पानी से संयोग करवाती है जिससे ये पानी में घुलने योग्य बन जाते है।

$$\underset{\text{मैग्नेटाइट}}{2Fe_3O_4 + 1\square 2O_2} \quad \overset{\text{ऑक्सीकरण}}{\square} \quad \underset{\text{हेमेटाइट}}{3Fe_2O_3} \quad \overset{2H_2O}{\square} \quad \underset{\text{जलयोजन} \quad \text{लिमोनाइट}}{3Fe_2O_3.2H_2O}$$

$$2FeS_2 + 2H_2O + 7O_2 \quad \overset{\text{ऑक्सीकरण}}{\square} \quad Fe_2(SO_4)_3.2H_2O + SO_2$$

जलयोजन

घुले लवण, बारीक मिट्टी व सिलिका अन्त में पानी में आ जाती हैं।

पानी की कठोरता – पानी की कठोरता पानी का वह गुण है जिससे यह पानी को साबुन से झाग बनाने से रोकता है। ऐसा पानी में मौजूद कैल्सियम, मैग्नीशियम के घुलनशील लवण या अन्य भारी धातु के लवणों के कारण होता है। कठोर–पानी का नमूना साबुन (फैटी ऐसिड के सोडियम व पोटैशियम लवण) से जल्दी झाग नहीं बनाता। यह प्रायः पानी में मौजूद कैल्सियम व मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेटों, सल्फेटों व क्लोराइडों के कारण होता है। कठोर पानी में मौजूद लवण व साबुन की क्रिया निम्नलिखित है –

$$2C_{17}H_{35}COONa + CaCl_2 \rightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2Ca + 2NaCl$$

सोडियम स्टीरेट (साबुन) (घुलनशील) — कठोर पानी से — कैल्सियम स्टीरेट (अघुलनशील)

$$2C_{17}H_{35}COONa + MgSO_4 \rightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2Mg + 2Na_2SO_4$$

सोडियम स्टीरेट (साबुन) (घुलनशील) — कठोर पानी से — मैग्नीशियम स्टीरेट (अघुलनशील)

इस प्रकार वह पानी जो साबुन से झाग आसानी से नहीं बनाते, को कठोर पानी कहते है। दूसरी तरफ, वह पानी जो आसानी से साबुन के साथ झाग बना लेते हैं, को मृदुजल कहते हैं।

पानी की कठोरता दो प्रकार की होती है।

(i) अस्थाई कठोरता।

(ii) स्थाई कठोरता।

(i) **अस्थाई कठोरता** – यह पानी मे मौजूद कैल्सियम व मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेटो के कारण होती है और इस सामान्यतः उबालने से ही दूर किया जा सकता है। इसलिए इसे अस्थाई कठोरता कहते है। कठोर पानी में उपस्थित कैल्सियम व मैग्नीशियम बाइकार्बोनेटो के गर्म करने पर ये विघटित होकर संगत कार्बोनेटों में बदल जाते है जो कि अघुलनशील है और ऐसे ही बर्तन में नीचे बैठ जाते हैं या पपड़ी के रूप में जमा हो जाते हैं।

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 \uparrow + H_2O$$

कैल्सियम बाइकार्बोनेट (कठोर पानी से)

$$Mg(HCO_3)_2 \rightarrow MgCO_3 + CO_2 \uparrow + H_2O$$

मैग्नीशियम बाइकार्बोनेट (कठोर पानी से)

(ii) **स्थायी कठोरता** – यह सामान्यतः कैल्सियम, मैगनीशियम के सल्फेटों और क्लोराइडों या किसी अन्य धातु जैसे लोहा, ऐलुमिनियम, तांबा, जिंक आदि की उपस्थिति के कारण होता है। प्राकृतिक पानी की स्थायी कठोरता प्रायः कैल्सियम, मैग्नीशियम के सल्फेटों व क्लोराइडों के कारण होती है।

$CaSO_4$	$CaCl_2$	$MgSO_4$	$MgCl_2$
कैल्सियम सल्फेट	कैल्सियम क्लोराइड	मैग्नीशियम सल्फेट	मैग्नीशियम क्लोराइड

विधि –

1. **पानी की कठोरता की जांच करनी** – साबुन के घोल से पानी की कठोरता आसानी से जांची जा सकती है। जांच के लिए साबुन का घोल प्राप्त करने के लिए 80 mL ऐल्कोहॉल व 20 mL पानी में 1g. शुद्ध सूखा हुआ कैस्टील (Castile) साबुन घोलो। दो समान रूप वाली 20 mL की परखनलियां लो। एक परखनली में जांचने के लिए 10 mL पानी लो। दूसरी परखनली में 10 mL आसवित (Distilled) जल या वर्षा जल या विआयनित (Deionised) जल) लो। प्रत्येक परखनली में दो–दो बूंदे साबुन के घोल की डालो। दो मिनट के लिए प्रत्येक परखनली को हिलाओ और बने हुए झाग का अध्ययन करो। यदि प्रयोग के दौरान बना हुआ झाग, आसुत (Distilled) जल में झाग के लगभग बराबर हो तो प्रयोग वाला पानी मृदु (Soft) जल है और यदि दूसरी तरफ,बना हुआ झाग कम है तो वह कठोर (Hard) जल है।
2. **फ्लुओराइड आयन की जांच** – परखनली में लगभग 1 mL पानी का नमूना लो। जिर्कोनियम एलिजरिन के मिश्रण की 1–2 बूंदे डालो। यदि डाला गया मिश्रण रंगहीन हो जाता है तो यह पानी में फ्लुओराइड आयन का होना दर्शाता है।

फ्लुओराइड आदि की अधिकतम सीमा इंडियन स्टैंडर्ड इंस्टीटयूस (ISI) के अनुसार पीने योग्य पानी में फ्लुओराइड आयन की अधिकतम सीमा 3.0 ppm है।

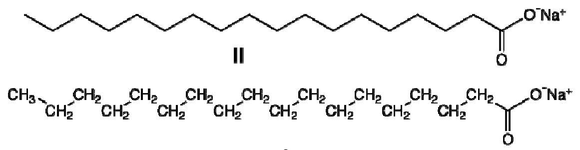
परियोजना – 4 विभिन्न साबुनों द्वारा झाग उत्पन्न करने की क्षमता की तुलनात्मक अध्ययन।

उपकरण – 100 mL वाले 5 शंक्वाकार फ्लास्क, पांच परीक्षण नली, स्टैण्ड, विराम घड़ी (Stop Watch)

सामग्री – (a) साबुन के पांच विभिन्न नमूने (b) आसुत जल।

सिद्धान्त – साबुन के विभिन्न नमूनों का विलयन उनकी समान मात्राओं को आसुत जल की समान मात्रा में घोलकर बनाया जाता है। विलयन को तेजी से हिलाकर स्थिर होने दिया जाता है। प्रत्येक नमूने की झाग को गायब होने में लगने वाला समय को नोट किया जाता है। किसी झाग के गायब होने में जितना अधिक समय लगता है, उस साबुन के

नमूने की झाग बनाने की क्षमता उतनी ही अधिक होती है।



साबुन की संरचना

विधि :– (i) 100mL के पांच स्वच्छ शुष्क शंक्वाकार फ्लास्क लीजिए। उन पर 1 से 5 तक निशान लगाइए।

(ii) साबुन के विभिन्न नमूनों का 10 ग्राम वजन कीजिए।

(iii) प्रत्येक शंक्वाकार फ्लास्क में इन वजन किये गये नमूनों को स्थानान्तरित कीजिए। प्रत्येक फ्लास्क में 50 mL आसुत जल मिलाइए। घोलने एवं स्वच्छ विलयन प्राप्त करने के लिए गर्म कीजिए।

(iv) पांच परीक्षण नलियों को स्टैण्ड पर व्यवस्थित करके 1,2,3,4 एवं 5 का निशान लगाइए।

(v) प्रत्येक फ्लास्क से साबुन के विलयन का 1mL लेकर संगत परीक्षण नली में डालिए।

(vi) तब प्रत्येक परीक्षण नली में 5mL आसुत जल मिलाइए।

(vii) परीक्षण नली संख्या में कार्क लगाइए और इसे 1 मिनट तक तेज हिलाइए। नली को स्टैण्ड पर रखिए और तत्काल विराम घड़ी को चालू कीजिए। झाग के गायब होने में लगे समय को नोट कीजिए।

(viii) यही प्रक्रिया नली संख्या 2,3,4 एवं 5 के लिए दोहराए। प्रत्येक परीक्षण नली को समान बल से एक मिनट तक हिलाइए और झाग को गायब होने में लगे समय को नोट कीजिए।

(ix) प्रेक्षणों को दर्ज कीजिए।

प्रेक्षण :– लिये गये साबुन के प्रत्येक नमूने का भार = 10 ग्राम

प्रत्येक नमूने का विलयन बनाने के लिए ली गयी आसुत जल की मात्रा = 50 mL

नली संख्या	साबुन का व्यापारिक नाम	झाग गायब होने में लगा समय
1.	....	.... सेकेण्ड
2.	....	.... सेकेण्ड
3.	....	.... सेकेण्ड
4.	....	.... सेकेण्ड
5.	....	.... सेकेण्ड

परिणाम – ....साबुन सर्वोत्तम गुणवत्ता का है। क्योंकि यह अधिकतम झाग देता है।

निष्कर्ष – प्रेक्षण से यह पाया गया है कि उस साबुन की झाग बनाने की क्षमता अधिकतम है जिसके झाग के गायब होने में लिया गया समय अधिकतम है।

सावधानियाँ – (i) तौलना एवं आयतन का मापन सही होना चाहिए।

(ii) प्रत्येक नमूने के लिए समान आसुत जल का प्रयोग करना चाहिए क्योंकि झाग बनाने की क्षमता लिये गये जल पर भी निर्भर करती है।

(iii) प्रत्येक परीक्षण नली को समान तरह से समान बार हिलाइए।

(iv) झाग गायब होने में लगे समय का यथार्थता के साथ मापन कीजिए।

परियोजना –5 विभिन्न साबुनों द्वारा झाग उत्पन्न करने की क्षमता का सोडियम कार्बोनेट पर प्रभाव

उपकरण – तीन नलियां, शंक्वाकार फ्लास्क, स्टैण्ड, विराम घड़ी (Stop Watch)।

सामग्री – (a) साबुन का विलयन (b) नल का जल (c) आसुत जल (d) M/10 Na_2CO_3 विलयन।

सिद्धान्त – आसुत जल में कोई Ca^{2+} या Mg^{2+} आयन नहीं होता है और यह साबुन के साथ आसानी से झाग बनाता है। नल के जल में Ca^{2+} या Mg^{2+} होता है जो साबुन की झाग बनाने की क्षमता में हस्तक्षेप करता है। ये आयन साबुन से अन्तर्क्रिया करके उच्चवसीय अम्लों के अविलेय कैल्सियम या मैग्नीशियम लवण बनाते हैं जो कि अवक्षेपित हो जाते हैं

$2C_{17}H_{35}COONa \quad + \quad Ca^{2+}$ □ $(C_{17}H_{35}COO)_2Ca \quad + \quad 2Na^{+}$

सोडियम स्टिएरेट (साबुन) नल के जल से (अवक्षेप) (जल में)

अतः इस प्रकार के आयनो की उपस्थिति में साबुन की झाग बनाने की क्षमता घटती है।

यदि नल के जल में सोडियम कार्बोनेट मिलाया जाता है तो कैल्सियम और मैग्नीशियम के आयन अपने संगत कार्बोनेट के रूप में अवक्षेपित हो जाते है।

$Ca^{2+} + Na_2CO_3$ □ $CaCO_3$□ $+ \quad 2Na^{+}$

(नल के जल से) (अवक्षेप) (जल में)

Mg^{2+} + Na_2CO_3 □ $MgCO_3$□ + $2Na^+$
(नल के जल से) (अवक्षेप) (जल में)
अतः सोडियम कार्बोनेट की उपस्थिति में नल के जल की झाग बनाने की क्षमता बढ़ जाती है।

विधिः— (i) तीन स्वच्छ परीक्षण नलियां लीजिए एवं उन पर 1, 2 या 3 निशान लगाइए।

(ii) साबुन के दिये गये नमूने के 0.5g को तोलिए और इसे 100mL के शंक्वाकार फ्लास्क में लीजिए। इसमे 50mL आसुत जल मिलाइए और स्पष्ट विलयन प्राप्त करने के लिए गर्म कीजिए। विलयन को ठण्डा कीजिए।

(iii) तीनों नलियों में से प्रत्येक में 1mL साबुन का विलयन डालिए।

(iv) परीक्षण नली 1 में 10mL आसुत जल, परीक्षण नली 2 में 10 मि.ली. नल का जल एवं परीक्षण नली 3 में 5 mL नल का जल और 5mL M/10 Na_2CO_3 विलयन मिलाइए।

(v) नली संख्या 1 में कार्क लगाइए एवं पांच बार तेजी से हिलाइए। इसे स्टैण्ड पर रख दीजिए।

(vi) विराम घड़ी (स्टॉप वाच) को तत्काल चलाकर उत्पन्न झाग को गायब होने में लगे समय को नोट कीजिए।

(vii) इसी प्रकार से अन्य दोनों नलियों को भी समान बल से पांच बार हिलाइए और प्रत्येक दशा में झाग को गायब होने में लगे समय को नोट कीजिए।

(viii) प्रेक्षणों को लिखिए।

प्रेक्षण — लिये गये साबुन का भार = 0.5 g
लिये गये आसुत जल का आयतन = 50 mL

परीक्षण नली संख्या	प्रयुक्त जल	साबुन के विलयन का आयतन	झाग के गायब लगा समय
1.	10 mL आसुत जल	1. mL	.... सेकैंड
2.	10 mL नल का पानी	1. mL	.... सेकैंड
3.	5 mL नल का पानी +5 mL M/10 Na_2CO_3 का विलयन	1. mL	.... सेकैंड

परिणाम — जल के विभिन्न नमूनों की झाग बनाने की क्षमता.............के क्रम में है।
निष्कर्ष — परिणाम से यह स्पष्ट है कि साबुन की झाग बनाने की अधिकतम क्षमता आसुत जल में है। सोडियम कार्बोनेट मिलाने पर नल के जल की झाग बनाने की क्षमता बढ़ जाती है।
सावधानियाँ — (i) आयतन एवं समय का मापन यथार्थतः कीजिए।
(ii) प्रत्येक परीक्षण नली को समान तरह के अर्थात् समान बल और समान बार हिलाएं।

परियोजना —6 चाय पत्ती के विभिन्न नमूनों की अम्लता का अध्ययन ।

उपकरण — चीनी मिट्टी के प्याले या बीकर, काँच की छड़।
सामग्री — चाय की पत्ती के विभिन्न नमूने, सार्वत्रिक सूचक या pH पत्र, जल।
विधि :— (i) चाय के प्रत्येक नमूने के 2.5 ग्राम को पृथक—पृथक चीनी मिट्टी के प्याले या बीकर में लीजीए। प्रत्येक कप में उबलते हुए जल की लगभग समान मात्रा (लगभग 150 mL) डालिए और ढ़क्कन से ढँक दीजिए। इसे पांच मिनट पड़ा रहने दीजिए।

(ii) प्रत्येक प्याले से एक—एक घूंट मुंह में लेकर इसका स्वाद लीजिए और स्वाद लेकर थूक दीजिए।

(iii) अब कांच की छड़ की सहायता से एक कप में द्रव की एक बूंद को सूचक पत्र के टुकड़े पर रखिए। उत्पन्न रंग को देखिए और कलर चार्ट के संगत रंग से इसकी तुलना कीजिए। सूचक पत्र के रंग से मिलने वाले रंग का चार्ट से pH मान देख कर नोट कीजिए।

(iv) इसी प्रकार से अन्य प्यालों के द्रवों का pH मान भी ज्ञात कीजिए।

प्रेक्षण —

नमूना संख्या	शुष्क पत्ती का रंग	द्रव का रंग	गंध	स्वाद	द्रव का pH
1. 2. 3.					

निष्कर्ष — विभिन्न स्वाद की पत्तियों की अम्लता अर्थात उपस्थित टेनिन की मात्रा भिन्न—भिन्न है।
सावधानियॉं — 1. प्रत्येक प्याले में समान उबलते जल की समान मात्रा मिलाइए। 2. प्रत्येक नमूने की चाय को समान समय तक बनने दीजिए। 3. अन्य द्रव के लिए प्रयोग करने से पहले कांच की छड़ को अच्छी तरह से साफ कीजिए। 4. द्रव का pH सावधानीपूर्वक नोट कीजिए। 5. प्रयुक्त चाय की पत्ती को सिंक (sink) में न डालकर कूडादान में

डालिए।

परियोजना – 7 विभिन्न द्रवों के वाष्पन वाष्पीकरण दरों का अध्ययन करना।

सिद्धान्त – यदि चार द्रवों की समान मात्रा समान आकार एवं आकृति के पात्र में लेकर समान ताप पर समान समय के लिए रखा जाय तो उनके आयतन में कमी को उनके वाष्पन दर से सहसम्बन्धित किया जा सकता है। द्रव के आयतन में जितनी ही कमी होती है, उस द्रव के वाष्पन की दर उतनी ही अधिक होती है।

उपकरण – समान आकार के चार पेट्रीडिस, 10 mL का मापक सिलिंडर, विराम घड़ी।

रसायन – बैंजीन, मेथिल ऐल्कोहॉल, ऐथिल ऐसीटेट एवं ऐसीटोन।

विधि :– (i) समान आकार की चार पेट्रीडिश लेकर उनको 1 से 4 तक नामांकित कीजिए।

(ii) मापक सिलिंडर की सहायता से सावधानीपूर्वक 1, 2, 3 एवं 4 अंकित पेट्रीडिशों में क्रमशः ऐसीटोन, मेथिल ऐल्कोहॉल, बैंजीन एवं एथिल ऐसीटेट की 10 mL मात्रा डालिए।

(iii) सभी पेट्रीडिशों को धूम्रशीर्ष पर रखिए और विराम घड़ी या सामान्य घड़ी से लगे हुए समय को नोट कीजिए।

(iv) पन्द्रह मिनट बाद प्रत्येक पेट्रीडिश का आयतन मापक सिलिंडर की सहायता से मापिए एवं नोट कीजिए।

(v) प्रत्येक दशा में वाष्पन दर की गणना कीजिए। तुलना कीजिए और द्रव के क्वथनांक से इसको सहसंबंधित कीजिए।

प्रेक्षण – कमरे का ताप = ...°C जितने समय, के लिए द्रव को रखा गया = 60 मिनट

द्रव	क्वथनांक °C	द्रव का प्रारम्भिक आयतन mL	60 मिनट का पश्चात् द्रव का बचा आयतन mL	आयतन में कमी (x) mL	वाष्पन की दर x/60 mL प्रति मिनट
बैंजीन	80	10	....	....	....
मेथिल एल्कोहॉल	64.5	10	....	....	....
ऐसीटोन	56.2	10	....	....	....
एथिल ऐसीटेट	77.0	10	....	....	....

परिणाम – उपरोक्त द्रवों के वाष्पीकरण का क्रम .... है।

सावधानियॉं –

(i) उपरोक्त द्रवों की वाष्प को श्वास द्वारा ग्रहित नही करना चाहिए।
(ii) पेट्रीडिश मे रखें द्रव को एक समान स्थिति में स्थिर रखना चाहिए।

7.2 सत्र का प्रायोगिक कार्य (Practical Work of the Session)

सामान्यतः प्रयोग लिखने की विधि निम्न प्रकार की होती है।

प्रयोग क्रमांक .... **दिनांक ....**

1. उद्देश्य –
2. उपकरण (चित्र)
3. रसायन –
4. सिद्वान्त (अभिक्रिया)
5. विधि
6. प्रेक्षण (व गणना)
7. परिणाम
8. सावधानियाँ

नोट :– 1. चित्र व गणना का कार्य बांयी ओर के पृष्ठ पर करें तथा सम्भव हो तो परिणाम दशमलव के बाद चार अंकों तक ज्ञात करें।

2. प्रयोगो की सूची को दिनाँक सहित रिकार्ड के प्रारम्भ में लिखकर शिक्षक को दिखाये।

प्रयोग 1.

1. उद्देश्य :– लाल मिंच चूर्ण के दिये गये नमूने में मिलावट की जाँच करना।
2. उपकरण :– दो परखनलियाँ,
3. रसायन :– टिन्चर आयोडिन,
4. विधि :– दो स्वच्छ एवं शुष्क परखनलियों को परखनली स्टैण्ड में रखते है तथा इन्हें 1–2 अंक देते है। परखनलियों में 1–1 ग्राम लाल मिंच पाउडर के नमूने को लेते है। तत्पश्चात् निम्नलिखित परीक्षण करते है

5.प्रेक्षण सारणी :–

क्र.सं	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1.	परखनली एक में पानी डालकर हिलाइए।	लाल रंग आता है।	लाल रंग की मिलावट है।
2.	परखनली दो में कुछ बूँदे टिन्चर आयोडिन HNO_3 डालने पर	नीला काला रंग आता है।	अन्य पदार्थ की मिलावट है।

1. परिणाम :– दिये गये लाल मिंच पाउडर के नमूने में लाल रंग तथा अन्य पदार्थ की मिलावट पायी गई ।

मौखिक प्रश्न (Oral Questions)

प्रश्न 1. मूलक किसे कहते है?

उत्तर : परमाणु या परमाणुओं का समूह जिस पर आवेश उपस्थित हो, मूलक कहलाता है। जैसे K^+, Na^+, Cl^-,Br^-

प्रश्न 2. अम्लीय मूलक किसे कहते है?

उत्तर : जब किसी विद्युत अपघट्य या लवण को जल में घोला जाता है तो प्राप्त ऋणायन को अम्लीय मूलक कहते है। जैसे Cl^-,NO_2^-, आदि।

प्रश्न 3. क्षारीय मूलक किसे कहते है।

उत्तर : वैद्युत अपघट्य को जल में घोलने पर प्राप्त धनायन को क्षारीय मूलक कहते है। जैसेः Na^+, Mg^{2+},Al^{3+} आदि

प्रश्न 4. सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष क्यों बनाया जाता है?

उत्तर : लवणों के अम्लीय मूलकों को पूर्णतः विलेयशील बनाने के लिए सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष बनाया जाता है।

प्रश्न 5. सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष से कौन–से ऋणायन का परीक्षण नहीं किया जा सकता है?

उत्तर : कार्बोनेट (CO_3^{2-}) आयन का परीक्षण सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष से नहीं किया जाता है।

प्रश्न 6. तनु H_2SO_4 से पहचाने जाने वाले अम्लीय मूलक कौन–कौन से है?

उत्तर : CO_3^{2-}, S^{2-}, NO_2^-, CH_3COO^-, SO_3^{2-}

प्रश्न 7. सान्द्र H_2SO_4 से पहचाने जाने वाले अम्लीय मूलक कौन–कौन से है?

उत्तर : Cl^-, Br^-, I^-, NO_3^-,

प्रश्न 8. जलीय विलयन से परीक्षण किए जाने वाले अम्लीय मूलक का नाम बताइए।

उत्तर : सल्फेट (SO_4^{2-}),

प्रश्न 9. ज्वाला परीक्षण के लिए प्लेटिनम का तार कौन–से अम्ल से साफ किया जाता है?

उत्तर : सान्द्र HCl से प्लेटिनम के तार को साफ किया जाता है

प्रश्न 10. नाइट्रेट के वलय परीक्षण में $FeSO_4$ का ताजा विलयन क्यों मिलाया जाता है?

उत्तर : $FeSO_4$ विलयन अधिक समय तक रखा होने पर $Fe_2(SO_4)_3$ में ऑक्सीकृत हो जाता है जो परीक्षण में बाधा उत्पन्न करता है।

प्रश्न 11. नाइट्रेट के परीक्षण में काला–भूरा छल्ला किस पदार्थ के बनने के कारण होता है?

उत्तर : काला–भूरा छल्ला नाइट्रोसोफेरस सल्फेट ($FeSO_4.NO$) बनने के कारण बनता है।

प्रश्न 12. $AgNO_3$ के विलयन को रंगीन बोतल में क्यों रखा जाता है?

उत्तर : $AgNO_3$ के सूर्य के प्रकाश द्वारा अपघटित हो जाता है। अतः अपघटन को रोकने के लिए रंगीन बोतल में रखा जाता है।

प्रश्न 13. जलते गन्धक के समान गंध वाली गैस कौनसी है?

उत्तर : सल्फर–डाइ–ऑक्साइड (SO_2) गैस जलते गंधक के समान गंध वाली गैस है।

प्रश्न 14. मिश्रण में सान्द्र H_2SO_4 मिलाकर गर्म करने पर भूरे रंग की गैस निकलने पर, कौन–से ऋणायन उपस्थित हो सकते है?

उत्तर : NO_3^- या Br^- ऋणायन उपस्थित हो सकते है?

प्रश्न 15. शून्य समूह का समूह अभिकर्मक लिखिए।

उत्तर : इनका कोई समूह अभिकर्मक नहीं है, इसलिए इसका सबसे पहले परीक्षण कर लेना चाहिए।

प्रश्न 16. शून्य समूह में कौनसे मूलक सम्मिलित किए गए है?

उत्तर : NH_4^+, Na^+, K^+

प्रश्न 17. क्रोमिल क्लोराइड का सूत्र बताइए।

उत्तर : CrO_2Cl_2

प्रश्न 18. AgCl का श्वेत अवक्षेप NH_4OH विलयन क्यों घुल जाता है?

उत्तर : AgCl का श्वेत अवक्षेप NH_4OH विलयन में जटिल यौगिक बनता है जो घुलनशील है।

$$AgCl + 2\,NH_4OH \rightarrow Ag[NH_3]_2Cl + 2H_2O$$

प्रश्न 19. आयोडाइड लवण को सान्द्र H_2SO_4 एवं MnO_2 के साथ गर्म करने पर बैंगनी रंग की वाष्प निकलती है, वाष्प का क्या नाम है?

उत्तर : आयोडीन वाष्प बैंगनी रंग की निकलती है।

प्रश्न 20. नेसलर अभिकर्मक किन–किन पदार्थो से बनाया जाता है?

उत्तर : $HgCl_2$, KI और NaOH से नेसलर अभिकर्मक बनाया जाता है।

प्रश्न 21. तृतीय समूह का समूह अभिकर्मक क्या है?

उत्तर : तृतीय समूह का समूह अभिकर्मक अमोनियम क्लोराइड की उपस्थिति में अमोनियम हाइड्रॉक्साइड है।

प्रश्न 22. तृतीय समूह के अवक्षेपण के लिए NH_4OH को पहले और NH_4Cl को बाद में डालेंगे तो क्या होगा?

उत्तर : तृतीय समूह के अवक्षेपण हेतु यदि NH_4OH को पहले डालेंगे तो चतुर्थ एवं आगे समूहों के मूलक भी अवक्षेपित हो जाएंगे, जिससे तृतीय समूह के मूलकों की उपस्थिति का भ्रम हो जाएगा।

प्रश्न 23. द्वितीय समूह के कौन–कौन से मूलक पीले अमोनिया सल्फाइड में विलेय होते है?

उत्तर : द्वितीय 'ब' समूह में रखे गए मूलक पीले अमोनिया सल्फाइड में विलेय है। इनके उदाहरण As^{3+}, Sb^{3+} या Sb^{5+} और Sn^{2+} या Sn^{4+}

प्रश्न 24. वलय परीक्षण कौन–कौन से मूलक देते है?

उत्तर : NO_2^- तथा NO_3^- ब्रोमाइड तथा आयोडाइड भी कभी–कभी ये परीक्षण देते है।

प्रश्न 25. षष्ठम् समूह का समूह अभिकर्मक क्या है?

उत्तर : NH_4Cl तथा NH_4OH की उपस्थिति Na_2HPO_4.

प्रश्न 26. उस धनायन का नाम बताइए जिसमें एक से अधिक प्रकार के परमाणु पाए जाते है?

उत्तर : NH_4^+(अमोनियम) आयन।

प्रश्न 27. पंचम् समूह के धनायनों के परीक्षण का क्रम क्या है?

उत्तर : पंचम् समूह में पहले Ba^{2+}फिर क्रमशः Sr^{2+} और Ca^{2+} का परीक्षण किया जाता है।

प्रश्न 28. द्वितीय समूह में कौनसे क्षारीय मूलक कठिनाई से अवक्षेपित होता है?

उत्तर : कैडमियम आयन (Cd^{2+}).

प्रश्न 29. यदि द्वितीय समूह में H_2Sगैस प्रवाहित करने से पूर्व विलयन में HCl की सान्द्रता अधिक को जाती है तो क्या होगा?

उत्तर : इस स्थिति में Cu, Bi, Sb एवं Pb के सल्फाइड पूर्ण रूप से अवक्षेपित नहीं होंगे। विलयन को पहले ही तनु करके गैस प्रवाहित करनी चाहिए।

प्रश्न 30. यदि मूल विलयन HNO_3 में बनाया जाता है तो क्या–क्या कठिनाई आ सकती है?

उत्तर : HNO_3 की उपस्थिति से ऑक्सीकृत होकर कोलॉइडी गन्धक का श्वेत पीला अवक्षेप देती है तथा द्वितीय समूह के कुछ सल्फाइड विलेय होने से उनकापूर्ण अवक्षेपण नहीं हो पाता।

प्रश्न 31. Fe^{3+}, Al^{3+} और Cr^{3+} किस–किस यौगिक के रूप में अवक्षेपित होत है?

उत्तर : इनके हाइड्रॉक्साइडों $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$ एंव $Cr(OH)_3$ के रूप में अवक्षेपित होते है।

प्रश्न 32. चतुर्थ समूह का समूह अभिकर्मक क्या है?

उत्तर : चतुर्थ समूह का समूह अभिकर्मक है H_2S गैस क्षारीय माध्यम में।

प्रश्न 33. क्रोमिल क्लोराइड परीक्षण को शुष्क परखनली में ही करना चाहिए। क्यों?

उत्तर : क्योंकि नम परखनली में उपस्थित जल द्वारा क्रोमिल क्लोराइड HCl व क्रोमिक अम्ल में जल–अपघटित हो जाता है।

प्रश्न 34. क्लोरिन जल क्या है?

उत्तर : HOCl का विलयन है जिसे $KClO_3$ को सान्द्र H_2SO_4 में घोलकर तथा H_2O द्वारा तनु करके बनाते है।

प्रश्न 35. कौन–कौन से क्लोराइड, क्रोमिल क्लोराइड परीक्षण नहीं देते है?

उत्तर : Hg, Sn, Pb, व Ag के क्लोराइड।

प्रश्न 36. $FeCl_3$के विलयन को उदासीन क्यों बनाते है?

उत्तर : $FeCl_3$ विलयन रखे रहने पर $Fe(OH)_3$ व HCl में जल–अपघटित हो जाता है इसलिए इसमें NH_4OH

बूँद–बूँद करके डालते हैं और उदासीन $FeCl_3$ बनाते है।

प्रश्न 37. Fe^{3+} मूलक के परीक्षण में पोटेशियम फैरोसायनाइड विलयन डालने पर गहरे रंग का अवक्षेप किस यौगिक का बनता है?

उत्तर : फैरिक फैरोसायनाइड का $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$

$$4FeCl_3 + 3K_4Fe(CN)_6 \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12\ KCl$$

प्रश्न 38. ऑक्सीकारक गलन मिश्रण द्वारा क्रोमियम का परीक्षण करते समय CH_3COOH व $(CH_3COO)_2Pb$ विलयन डालने पर पीला अवक्षेप किस पदार्थ का होता है?

उत्तर : $PbCrO_4$ का

प्रश्न 39. पूर्ण अवक्षेपण क्या है और इसे करना क्यों आवश्यक है?

उत्तर : यदि किसी समूह सदस्यों के परीक्षण से पूर्ण पहले वाले समूह पूर्ण अवक्षेपित नहीं हो पाएँ तो वे आगे के समूहों में अवक्षेपित होकर कठिनाई उत्पन्न करेंगे इसलिए पूर्व समूह के मूलकों को पूर्ण रूप से अवक्षेपण द्वारा निष्काषित करके आगे के समूह क मूलकों का परीक्षण करना चाहिए।

प्रश्न 40. अम्लराज क्या है?

उत्तर : 1 भाग सान्द्र HNO_3 व 3 भाग सान्द्र HCl का मिश्रण।

प्रश्न 41. NO_3^- के परीक्षण में प्राप्त भूरे रंग की गैस Cu छीलन डालने पर और अधिक भूरी हो जाती है, क्यों?

उत्तर : Cu, नाइट्रिक अम्ल से क्रिया करके गाढ़े भूरे रंग की नाइट्रोजन ऑक्साइड बनाता है।

$$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + NO_2 \uparrow$$

प्रश्न 42. कौन–से अम्लीय मूलक क्रोमिल क्लोराइड परीक्षण में बाधा उत्पन्न करते है?

उत्तर : NO_3^- नाइट्रेट व S^{2-} सल्फाइड।

प्रश्न 43. यदि मिश्रण में Fe^{3+} हो तो भी क्या आप सान्द्र HNO_3 डालेंगे?

उत्तर : हाँ, क्योंकि II–समूह के विश्लेषण में H_2S प्रवाहित करने से Fe^{3+} आयन का Fe^{2+} में अपचयन हो जाता है जिसे पुनः Fe^{3+} आयन में परिवर्तित करने के लिए सान्द्र HNO_3 डालना आवश्यक है।

प्रश्न 44. H_2S को अधिक समय तक प्रवाहित क्यों नहीं करते?

उत्तर : क्योंकि मिश्रण में Ni^{2+} उपस्थित होने पर यह NiS का कोलॉइड बनाता है और फिल्टर पत्र से छनकर विलयन मे चला जाता है। यदि ऐसा हो तो इसके अवक्षेपण के लिए विलयन को CH_3COOH डालकर थोड़ा गर्म करना चाहिए।

प्रश्न 45. उस पदार्थ का नाम बताए जो सभी अम्लों में अविलेय है।

उत्तर : $BaSO_4$.

प्रश्न 46. NH_4OH की बहुत अधिक मात्रा का प्रयोग नहीं करते है, क्यो ?

उत्तर : (i) $Al(OH)_3$ की विलेय हो जाता है।

(ii) Mn^{+2} वायु की उपस्थिति में Mn^{+4} में ऑक्सीकृत हो जाता है जो बाद में $lMnO.xH_2O$ के रूप में अवक्षेपित हो जाता है।

प्रश्न 47. विलेयता गुणनफल से तुम क्या समझते हो?

उत्तर निश्चित ताप पर किसी विद्युत–अपघट्य के संतृप्त विलयन में विद्यमान आयनों के सान्द्रण के गुणनफल को उस्का विलेयता गुणनफल कहते है।

प्रश्न 48. भस्मीय मूलकों के वर्गीकरण का क्या आधार है?

उत्तर भस्मीय मूलकों के वर्गीकरण का आधार विलेयता गुणनफल है।

प्रश्न 49. पदार्थ का प्रारम्भिक विलयन बनाने के लिए विभिन्न विलायकों का उपयोग किस क्रम में करते है?

उत्तर – (i) जल, (ii) तनु या सान्द्र HCl (iii) तनु या सान्द्र HNO_3 (iv) अम्लराज।

प्रश्न 50. लेड को प्रथम समूह के अतिरिक्त द्वितीय समूह में भी क्यों रखा जाता है ?

उत्तर लेड क्लोराइड का विलेयता गुणनफल अपेक्षाकृत अधिक होने के कारण यह प्रथम समूह में पूर्णतः अवक्षेपित नहीं हो पाता। यही कारण है कि लेड को भस्मीय मूलकों के द्वितीय समूह में भी रखा गया है।

प्रश्न 51. द्वितीय समूह का अवक्षेपण करते समय कभी–कभी विलयन में H_2S प्रवाहित करने पर विलयन का रंग दूधिया हो जाता है, इसका क्या कारण है ?

उत्तर गंधक अवक्षेपित होने के कारण ।

प्रश्न 52. तृतीय समूह के अवक्षेपण के पहले सान्द्र HNO_3की कुछ मात्रा क्यों मिलाई जाती है?

उत्तर – फैरस (Fe^{2+}) आयन को फैरिक (Fe^{3+}) आयन में ऑक्सीकृत करने के लिए सान्द्र HNO_3मिलाया जाता है। यह इसलिये आवश्यक है क्योंकि $Fe(OH)_3$ का ही अवक्षेपण पूर्ण होता है।

प्रश्न 53. तृतीय समूह के अवक्षेपण में अमोनियम क्लोराइड की क्या उपयोगिता है?

उत्तर अमोनियम हाइड्रॉक्साइड के आयनीकरण को कम करने के लिए अमोनियम क्लोराइड मिलाया जाता है।

प्रश्न 54. अमोनियम हाइड्रॉक्साइड का आयनीकरण कम करना क्यों आवश्यक है ?

उत्तर तृतीय समूह के मूलकों के हाइड्रॉक्साइडों का विलेयता गुणनफल कम होने के कारण।

प्रश्न 55. सम आयन प्रभाव किसे कहते है?

उत्तर यदि एक विलयन में उपस्थित आयनों में से कोई एक आयन रखने वाला तथा पहले विलयन की अपेक्षा अधिक आयनित होने वाला एक दूसरा विलयन या पदार्थ मिलाया जाय तो पहले का आयनन कम हो जाता है। इस प्रभाव को सम आयन प्रभाव कहते है।

प्रश्न 56. चतुर्थ समूह के मूलकों के सल्फाइडों का अवक्षेपण क्षारीय माध्यम में क्यों किया जाता है?

उत्तर चतुर्थ समूह के मूलकों के सल्फाइडों का विलयेता गुणनफल अधिक होता है इसलिए क्षारीय माध्यम में H_2S गैस प्रवाहित की जाती है। जिससे सल्फाइड आयनों की प्रचुर मात्रा उपलब्ध हो जाती है।

प्रश्न 57. पंचम समूह में अवक्षेपण करते समय विलयन को सान्द्र करना क्यों आवश्यक है?

उत्तर पंचम समूह का अवक्षेपण क्रिस्टलीय होता है जिसके कारण अवक्षेप मात्रा में अधिक होने पर भी आयनन में कम होता है। अतः कभी–कभी अवक्षेप कठिनाई से दिखाई देता है। इसलिए समूह अभिकर्मक मिलाने के पश्चात् विलयन को गर्म करना चाहिये।

प्रश्न 58. अधात्विय भस्मीय मूलक का क्या नाम है ?

उत्तर अधात्विय भस्मीय मूलक का नाम NH_4^+ अमोनियम है

प्रश्न 59. अनुमापन से क्या समझते हो ?

उत्तर एक अज्ञात विलयन की मानक विलयन के साथ पूर्ण अभिक्रिया कर सान्द्रता ज्ञात करने की विधि को अनुमापन कहते है।

प्रश्न 60. मानक विलयन से क्या समझते हो ?

उत्तर मानक विलयन से तात्पर्य उस विलयन से है, जिसकी हमें सान्द्रता ज्ञात होती है।

प्रश्न 61. सान्द्रता शब्द से क्या तात्पर्य ?

उत्तर सान्द्रता का तात्पर्य एक लीटर अथवा 1000 मि.ली. वियलन में उपस्थित विलेय की मात्रा से है। जिसको मोलरता, नार्मलता व ग्राम प्रतिलीटर से दर्शाया जाता है।

प्रश्न 62. क्या अनुमापन में हमेशा नार्मल विलयन ही काम में लाया जाता है?

उत्तर नहीं, $\frac{N}{10}, \frac{N}{20}, \frac{N}{30}$, इत्यादि नार्मलता के विलयन भी उपयोग में लाये जाते है।

प्रश्न 63. $\frac{N}{10}$ से क्या तात्पर्य है?

उत्तर वह विलयन, जिसके 1000 मि.ली. आयतन में पदार्थ के ग्राम तुल्यांकी भार का दसवां भाग घोला गया है।

प्रश्न 64. अम्ल मिति से क्या समझते हो ?

उत्तर अनुमापन की वह विधि, जिसमें किसी अम्ल की सान्द्रता किसी क्षार को पूर्ण रूप से उदासीन कर ज्ञात की जाती है। इसमें क्षार की सान्द्रता ज्ञात रहती है।

प्रश्न 65. क्षार मिति से क्या समझते हो?

उत्तर अनुमापन की वह विधि जिसमें किसी क्षार की सान्द्रता किसी अम्ल को पूर्ण रूप से उदासीन कर ज्ञात की जाती है। इसमें अम्ल की सान्द्रता ज्ञात रहती है।

प्रश्न 66. सूचक से क्या समझते हो?

उत्तर अनुमापन में वे पदार्थ जो अपने रंग परिवर्तन से अभिक्रिया का पूर्ण होना बतलाते है, सूचक कहलाते है।

प्रश्न 67. आप कौन–कौन से सूचक जानते है ?

उत्तर फिनॉल्फ्थेलिन, मेथिल औरेंज।

प्रश्न 68. फिनॉल्फ्थेलिन कब उपयोग में लाते है?

उत्तर (i) जब अम्ल और क्षार दोनों प्रबल हों, या

(ii) अम्ल दुर्बल और क्षार प्रबल हो।

प्रश्न 69. मेथिल औरेंज का उपयोग कब करते है ?

उत्तर (i) जब अम्ल और क्षार दोनों प्रबल हों, या

(ii) जब अम्ल प्रबल और क्षार दुर्बल हो।

प्रश्न 70 मेथिल औरेंज का उपयोग करते समय आप किस विलयन को ब्यूरेट में रखोगे ?

उत्तर अम्ल विलयन को ।

प्रश्न 71 और फिनॉल्फ्थेलिन का उपयोग करते समय ?

उत्तर क्षार विलयन को ब्यूरेट में भरेंगे ।

प्रश्न 72 अम्ल से क्या समझते हो ?

उत्तर जो नीले लिटमस को लाल कर देते हों तथा पानी में घोलने पर हाइड्रोनियम (H_3O^+) आयन देते हों ?

प्रश्न 73 क्षार से क्या समझते हो ?

उत्तर जल में विलेय भस्मों को अथवा जो लाल लिटमस को नीला कर दे अथवा जल में घोलने पर हाइड्रोऑक्सिल (OH^-) आयन दे।

प्रश्न 74. तुल्यांकी भार से तुम क्या समझते हो ?

उत्तर भार भागों की वह संख्या जो हाइड्रोजन के एक भार भाग अथवा ऑक्सीजन के आठ भाग अथवा क्लोरीन के 35.5 भार भाग से संयोग करती है या किसी यौगिक से हटाती है।

प्रश्न 75. ग्राम तुल्यांकी भार से तुम क्या समझते हो ?

उत्तर – ग्राम में प्रदर्शित तुल्यांकी भार ग्राम तुल्यांकी भार कहलाता है।

प्रश्न 76 क्या ब्यूरेट और पिपेट की आसुत जल से धोकर अनुमापन क्रिया की जा सकती है?

उत्तर नहीं, ब्यूरेट और पिपेट को उन विलयनों से भी धोना चाहिये या प्रक्षालित करना चाहिये जिनका आयतन

इनके द्वारा मापना होता है।

प्रश्न 77. इस विधि को क्या कहते है?

उत्तर प्रक्षालित करने की इस विधि को रिंस करना कहते है।

प्रश्न 78. यदि रिंस नहीं करें तो क्या होगा?

उत्तर ऐसा नहीं करने पर इनके द्वारा मापे गए विलयनों की शक्ति (Strength) में परिवर्तन हो जावेगा जिससे परिणाम अशुद्ध होगा।

प्रश्न 79. यदि कोनिकल फ्लास्क को भी उस विलयन द्वारा रिंस करले जिसकों इसमें लेना है, तो क्या अशुद्धि होगी?

उत्तर ऐसा करने पर कुछ विलयन इसकी दीवार आदि से चिपका रहेगा अतः पिपेट द्वारा मापे गए आयतन से अधिक हो जावेगा, इस प्रकार परिणाम अशुद्ध होगा।

प्रश्न 80. द्वि–अनुमापन (Double Titration) से तुम क्या समझते हो ?

उत्तर माध्य विलयन को प्रयोग में लाते हुए ज्ञात विलयन द्वारा अज्ञात विलयन की सान्द्रता ज्ञात करना दोहरा अनुमापन (Double Titration) कहलाता है।

प्रश्न 81. तुल्य बिन्दु किसे कहते है?

उत्तर – अनुमापन में जिस बिन्दु पर अनुमापक तथा अनुमाप्य की अभिक्रिया पूर्ण होती है, उसे तुल्य–बिन्दु कहा जाता है।

प्रश्न 82. अन्तिम बिन्दु से क्या समझते हो?

उत्तर – वह बिन्दु जिस पर रंग–परिवर्तन दृष्टिगोचर होता है अन्तिम बिन्दु होता है। अनुमापन में अन्तिम बिन्दु तुल्य बिन्दु के पश्चात् ही दृष्टिगोचर होता है।

प्रश्न 83. तुल्य बिन्दु और अन्तिम बिन्दु में भेद बताओ।

उत्तर – तुल्य बिन्दु तथा अन्तिम बिन्दु के मध्य अनुमापक की एक बूँद का ही अन्तर होता है।

प्रश्न 84. उपचयन–अपचयन अनुमापन से तुम क्या समझते हो?

उत्तर – उपचयन–अपचयन अनुमापन में एक विलयन उपचायक तथा दूसरा अपचायक होता है। अनुमापन में उपचायक (ऑक्सीकारक) इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर अपचित हो जाता है, जबकि अपचायक इलेक्ट्रॉन मुक्त कर ऑक्सीकृत हो जाता है।

प्रश्न 85. पोटैशियम परमैंगनेट द्वारा अनुमापनों में तनु सल्फ्यूरिक अम्ल का ही उपयोग क्यों किया जाता है?

उत्तर – पोटैशियम परमैंगनेट क्षारीय माध्यम में अपचित होकर पोटैशियम मैंगनेट बना देता है और उदासीन माध्यम में अपचित होकर मैंगनीज डाइऑक्साइड बना देता है जिससे विलयन का रंग भूरा हो जाता है।

प्रश्न 86. तनु सल्फ्यूरिक अम्ल के स्थान पर तनु हाइड्रोक्लोरिक अथवा नाइट्रिक अम्ल का उपयोग क्यों नहीं किया जाता है ?

उत्तर – पोटैशियम परमैंगनेट हाइड्रोक्लोरिक अम्ल को उपचित कर देता है तथा नाइट्रिक अम्ल भी स्वयं उपचायक होने के कारण पोटैशियम परमैंगनेट अनुमापन के लिए अनुपयुक्त है।

प्रश्न 87. ऑक्सेलिक अम्ल विलयन को पोटैशियम परमैंगनेट मिलाने के पूर्व गर्म करना क्यों आवश्यक है ?

उत्तर – ऑक्सेलिक अम्ल परमैंगनेट अभिक्रिया प्रारम्भ में अत्यन्त धीमी होती है। अतः प्रारम्भ में ऑक्सेलिक अम्ल को 60–80^{o}C ताप तक गरम करना पड़ता है।

प्रश्न 88. पिपेट की अन्तिम बूँद को किस प्रकार निकाला जाना चाहिए?

उत्तर पिपेट को पूरा खाली होने के बाद उस्की नोंक को बीकर या फ्लॉस्क जिसमें द्रव निकाला गया है, की भीतरी सतह से स्पर्श करा देना चाहिए। इससे यह निकल जाती है। किसी भी स्थिति में फूँककर पिपेट की अन्तिम बूँद को नहीं निकाला जाना चाहिए।

प्रश्न 89. नार्मलता क्या है?

उत्तर किसी विलयन के 1000mL में विलय पदार्थ के उपस्थित ग्राम तुल्यांकों (gram equivalents) की संख्या को नार्मलता कहा जाता है।

प्रश्न 90. मोलरता (Molarity) व मोललता में (Molality) क्या अन्तर हैं?

उत्तर 1000cc विलयन में उपस्थिति ग्राम अणुओं की संख्या को मोलरता कहते है जबकि मोललता 1000 ग्राम विलायक में उपस्थित ग्राम अणुओं की संख्या है।

प्रश्न 91. भार प्रतिशतता कैसे निकाला जाता है?

उत्तर $$\text{भार प्रतिशतता} = \frac{\text{विलेय का भार}}{\text{विलेय का भार} + \text{विलायक का भार}} \times 100$$

प्रश्न 92. ppm क्या है?

उत्तर Parts per million को संक्षेप में ppm कहते है। यह 10^6 भाग आयतन में उपस्थित विलेय की सान्द्रता होती है।

प्रश्न 93. मोर लवण क्या है?

उत्तर फैरस अमोनियम सल्फेट $[(FeSO_4(NH_4)_2SO_4.6H_2O)]$ को मोहर लवण कहते है।

प्रश्न 94. नार्मलता समीकरण क्या है?

उत्तर $N_1V_1 = N_2V_2$

प्रश्न 95. व्यापारिक सिरके में ऐसीटिक अम्ल की मात्रा कितनी होती है?

उत्तर व्यापारिक सिरके (Commercial vinegar) में ऐसीटिक अम्ल लगभग 4–5% तक होता है।

प्रश्न 96. सोडा निष्कर्ष क्या है?

उत्तर अकार्बनिक मिश्रण के विश्लेषण हेतु मिश्रण को Na_2CO_3 व जल के साथ गर्म करने पर सोडा निष्कर्ष बनता है। इसे सोडियम कार्बोनेट निष्कर्ष भी कहा जाता है।

प्रश्न 97. ऐलिफैटिक व ऐरोमैटिक पदार्थ की पहचान के लिए ज्वाला परीक्षण क्या है?

उत्तर ऐलिफैटिक पदार्थो को बर्नर की ज्वाला में जलाने पर धुँआ रहित (non smoky) ज्वाला प्राप्त होती है। जबकि ऐरोमैटिक पदार्थ धुँएदार (smoky flame) ज्वाला के साथ जलते है।

प्रश्न 98. सोडियम निष्कर्ष क्या है?

उत्तर कार्बनिक पदार्थ में तत्त्वों की जाँच के लिए सोडियम धातु के टुकड़े के साथ कार्बनिक पदार्थ को गर्म करने पर सोडियम निष्कर्ष बनता है।

प्रश्न 99. कार्बनिक यौगिकों में किस प्रकार के बन्ध पाये जाते हैं?

उत्तर सहसंयोजी बन्ध (co–valent bond) ।

प्रश्न 100. यदि कार्बनिक पदार्थ में नाइट्रोजन व सल्फर दोनों उपस्थित हैं तो सोडियम में टुकड़े के साथ इसे संगलित करने पर क्या बनेगा?

उत्तर सोडियम थायो सायनाइड $Na + C + N + S \rightarrow NaCNS$

प्रश्न 101. क्रियात्मक समूह क्या होता है?

उत्तर कार्बनिक पदार्थ में क्रियात्मक समूह वह भाग होता है जिस पर पदार्थ में अधिकांश रासायनिक गुण आधारित होते है। जैसे ऐल्कोहॉल (-OH), ऐल्डिहाइड (-CHO), आदि।

प्रश्न 102. कार्बनिक यौगिकों में तत्त्वों के परीक्षण के लिए लैसें विलयन बनाना क्यों आवश्यक है?

उत्तर : साधारणतया कार्बनिक यौगिक सहसंयोजी प्रकृति के होते हैं इनको आयनिक प्रकृति में परिवर्तित करने के लिए लैंसें विलयन बनाया जाता है।

प्रश्न 103. लैसें विलयन कैसे बनते है?

उत्तर : सूखी एवं साफ ज्वलन नली में छोटा–सा (चावल के बराबर) शुष्क सोडियम धातु को डालकर लाल तप्त होने पर गर्म करें और लगभग 15 मिली. आसतु जल से भरी क्वथन नली में डालकर तोड़ दे। अब क्वथन नली के विलयन को उबालकर छान लें । छनित ही लैसें विलयन कहलाता है। जिसे कार्बनिक यौगिकों की पहचान के लिए काम में लेते है।

प्रश्न 104. सोडियम धातु को कैरोसीन तेल में क्यों रखा जाता है?

उत्तर : क्योंकि सोडियम वायुमण्डलीय ऑक्सीजन व नमी में उपस्थित जल से भी अभिक्रिया करता है।

प्रश्न 105. नाइट्रोजन तत्त्व की उपस्थिति किन क्रियात्मक समूहों की उपस्थिति दर्शाता है?

उत्तर : नाइट्रो, ऐमीनो, ऐमाइड तथा ऐनिलाइड समूहों की उपस्थिति दर्शाता है।

प्रश्न 106. हाइड्रॉक्सी समूह फीनोलों एवं ऐल्कोहॉलों में उपस्थिति होता है अन्तर स्पष्ट कीजिये।

उत्तर फीनॉलिक हाइड्रॉक्सी समूह फीनोक्सॉइड आयनों के अनुनाद के कारण ऐल्कोहॉल की तुलना में स्थायी एवं अधिक अम्लीय होता है जबकि ऐल्कोहॉलिक नहीं।

प्रश्न 107. एरोमैटिक यौगिकों की प्रारंभिक पहचान क्या है?

उत्तर धुएं के साथ जलना।

प्रश्न 108. ऐरोमैटिक यौगिक काले धुँऐं के साथ क्यों जलता है?

उत्तर क्योंकि इनमें कार्बन की प्रतिशतता अधिक होती है।

परिशिष्ट (क)

प्रयोगशाला में प्रयुक्त होने वाले कुछ अभिकर्मक

(यदि किसी विलायक का नाम नहीं दिया गया है, तो विलायक जल है)

सान्द्र अम्ल

अम्ल	नार्मलता	विशिष्ट घनत्व
हाइड्रोक्लोरिक अम्ल	12 N	1.14
सल्फ्यूरिक अम्ल	36 N	1.84
नाइट्रिक अम्ल	15 N	1.10
ग्लैशल ऐसीटिक अम्ल	17 N	1.05

तनु अम्ल

अम्ल	उपयुक्त नार्मलता	एक लीटर विलयन के लिए आवश्यक मात्रा
हाइड्रोक्लोरिक अम्ल	5 N	425 मिली सान्द्र अम्ल
सल्फ्यूरिक अम्ल	5 N	140 मिली सान्द्र अम्ल
नाइट्रिक अम्ल	5 N	335 मिली सान्द्र अम्ल
ऐसीटिक अम्ल	5 N	290 मिली ग्लैशल अम्ल

क्षारीय विलयन

अम्ल	उपयुक्त नार्मलता	एक लीटर विलयन के लिए आवश्यक मात्रा
सान्द्र अमोनिया	15 N	___
तनु अमोनियम हाइड्रॉक्साइड	5 N	335 मिली सान्द्र अमोनियम
सोडियम हाइड्रॉक्साइड	5 N	220 ग्राम
चूने का पानी [$Ca(OH)_2$]	संतृप्त	3 ग्राम बुझा हुआ चूना एक लीटर जल में घोलकर विलयन को निथरने दो। 24 घण्टे पश्चात् निस्तारित द्रव को कांच की रूई के फाहे में छाने लो।

परिशिष्ट (ख)

प्रयोगशाला में प्रारम्भिक चिकित्सा

किसी प्रकार की दुर्घटना होन पर अध्यापक को तुरन्त सूचना दो, तथा जैसा वे कहें उस्के अनुसार कार्य करो। प्रत्येक प्रयोगशाला में एक प्राथमिक चिकित्सा बॉक्स होना चाहिए जिसमें निम्न वस्तुओं को होना अपेक्षित है– पट्टियाँ, रूई, चिपकाने वाला प्लास्टर, कैंची, सुरक्षा–पिन, ड्रॉपर, चिमटी, वैसलीन, नमक, पिसी हुई राई (Mustard), सरसों (Mustard) का तेल, जैतुन–तेल, जिंक ऑक्साइड का मरहम, बोरिक अम्ल (चूर्ण) तथा क्लोरेमीन (चूर्ण) इसके अतिरिक्त निम्न विलयन होने चाहिए।

जलीय बोरिक अम्ल, 1% जलीय ऐसीटिक अम्ल, 1% जलीय सोडियम बाइकार्बोनेट तथा 8% जलीय सोडियम बाइकार्बोनेट।

जलना :

(क) ज्वाला से : जले हुए भाग को कुछ देर 8% सोडियम कार्बोनेट में डुबाने के पश्चात् जिंक ऑक्साइड का मरहम अथवा वैसलीन लगाकर पट्टी बाँध दो। अधिक जलन पर एक्रोफ्लेविन लगाओ।

(ख) गर्म जल से : तुरन्त एक्रोफ्लेविन लगाओ।

(ग) अम्ल द्वारा : ठण्डे जल की धारा से धोने के बाद 82% सोडियम बाइकार्बोनेट से धोओ। अधिक जलने की दशा में पुनः जल से धोकर एक्रोफ्लेविन लगाओ।

(घ) कॉस्टिक क्षार द्वारा : तुरन्त ठण्डे जल की धारा से धोने के बाद 1% ऐसीटिक अम्ल से धोओ। शेष अम्ल से जलने की भाँति।

(ड़) ब्रोमीन द्वारा : ठण्डे जल की धारा से धोने के बाद 8% सोडियम बाइकार्बोनेट विलयन में धोओ।

(च) सोडियम धातु द्वारा : सोडियम के टुकड़े को चिमटी से हटाने के बाद, जल तथा फिर 1% ऐसीटिक अम्ल से धोओ। तत्पश्चात् घाव पर जैतून–तेल लगाओ।

(क) मुँह में द्रव जाने पर :

(ख) मुँह में अम्ल अथवा क्षार के चले जाने पर तुरन्त पानी से कुल्ले करो तथा पानी पिओ।

(ग) यदि क्षार पेट में चला जाए तो काफी मात्रा में पानी पिओ। अम्ल के पेट में जाने पर पानी तथा फिर चूनें का पानी पिओ इसके बाद दूध भी दिया जा सकता है।

(घ) आर्सेनिक अथवा मरकरी यौगिक के पेट में चले जाने पर तुरन्त वमनकारी पदार्थ जैसे एक चम्मच पिसी हुई राई अथवा गर्म जल में नमक दो। गैस सूंघने पर विद्यार्थी को तुरन्त खुली हवा में लाओ। यदि सांस आना रूक गया श्वास दो।

(क) क्लोरीन अथवा ब्रोमीन की अधिक मात्रा सूँघ लेने पर थोड़ी मात्रा में अमोनिया सुँघाओं सोडियम बाइकार्बोनेट के घोल से कुछ कुल्ले कराओ। तत्पश्चात् तनिक पिपरमेंट चूसो।

(ख) अधिक अमोनिया सूंघने पर : ठण्डे जल को नाक में चढ़ाओ तथा निकालो।

(क) आँख में अम्ल : यदि अम्ल तनु हो तो आँख को बार–बार 1% सोडियम बाइकार्बोनेट अम्ल सान्द्र होने की दशा में आँख को पहले ठण्डे जल से धोकर 1% सोडियम बाइकार्बोनेट का प्रयोग करो।

(ख) आँख में क्षारः ऊपर की भाँति धोओ, किन्तु सोडियम बाइकार्बोनेट के स्थान पर 1% बोरिक अम्ल का उपयोग करो।

(ग) आँख में ब्रोमीनः जल द्वारा धोने के बाद तुरन्त 1% सोडियम बाइकार्बोनेट से धोओ। उपयुक्त प्रारम्भिक चिकित्सा के बाद तुरन्त डॉक्टर को दिखाओ।

आग लगने पर : (क) कपड़ों में आग लगने पर कम्बल या उसी तरह का कोई मोटा कपड़ा लपेट कर जमीन पर लेट जाओ। कभी भी दौड़ो मत।

(ख) किसी अभिकर्मक में आग लगने पर, गैस–सप्लाई बन्द कर दो तथा आग बुझाने वाले उपकरण आग बुझाओ।

FOUR-PLACE COMMON LOGARITHMS

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Proportional Parts 1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7
N	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**

FOUR-PLACE COMMON LOGARITHMS

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Proportional Parts 1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9