DAMAGE BOOK

UNIVERSAL LIBRARY
OU_186542
UNIVERSAL LIBRARY

OSMANIA UNIVERSITY LIBRARY

Call No. H 542 N16P Accession No. H 2956

Author नरोत्तम भार्गव

Title प्रायोगिक रसायन

This book should be returned on or before the date last marked below.

प्रायोगिक रसायन

अली इरशाद नक़वी
शिया कॉलिज, लखनऊ

तथा

नरोत्तम भार्गव

प्रथम संस्करण

लखनऊ
दि अपर इंडिया पब्लिशिंग हाउस लिमिटेड
१९५९

सम्बन्धित पुस्तकें

शम्भूदयाल—माध्यमिक रासायनिक गणना
डे—अकार्बनिक रसायन (दो भाग)
डे-भार्गव—कार्बनिक रसायन

Checked 1969

Checked 1969

प्राक्कथन

हिन्दीमे वैज्ञानिक ग्रन्थ लिखनेमें सबसे बड़ी कठिनाई भाषाकी होती है। प्रत्येक लेखक अपना-अपना शब्दकोष बना रहा है। केन्द्रीय सरकारने इस दिशामें बड़ा अच्छा काम किया है और उनकी प्रकाशित शब्दावलीमें अधिकतर शब्द बहुत अच्छे हैं। हमने उन सबका विचार किया है किन्तु हम इसके लिए तैयार नहीं हैं कि जो राय केन्द्रीय सरकारने दी है उसको वेद-वाक्य मान लें। हमने उनके कुछ शब्द नहीं भी माने हैं क्योंकि कुछ दूसरे शब्द घिस चुके है और उनके ही रख लेनेमें कोई आपत्ति नहीं है। हमारा प्रथम कर्त्तव्य विद्यार्थीको रसायनके प्रायोगिक स्वरूपसे अवगत कराना है; उसमें उसकी रुचिको जाग्रत करना है, ताकि वह बड़ा होकर स्वयं व्यावहारिक नागरिक बन सके; ताकि उसमें प्रयोग करनेकी जिज्ञासा और योग्यता हो जाय; ताकि उसे प्रायोगिक काममें सरलतासे सफलता मिले और वह मौलिक प्रयोग करनेको उत्साहित हो।

प्रस्तुत पुस्तकमें इंटरमीडिएटके पाठ्यक्रमका पूरा ध्यान रखा गया है। इस बातकी पूरी चेष्टा की गयी है कि पुस्तकमें त्रुटियां न हों; फिर भी हो सकता है कि दोष रह गये हों। हम अध्यापकोंके बड़े आभारी होंगे यदि वे प्रकाशकके पते पर हमें पुस्तककी आलोचना भेजेंगे।

भवदीय

अली इरशाद नक़वी

नरोत्तम भार्गव

विषय-सूची

अध्याय		पृष्ठ
	कुछ आदेश (Work in a Chemical Laboratory)	१
१.	अकार्बनिक लवणोंका गुणात्मक विश्लेषण (Qualitative Analysis)	२
२.	भस्मीय मूलक (सूखे परीक्षण) (Basic Radicals [Dry Tests])	४
	(क) ज्वाला-परीक्षण (Flame Test)	४
	(ख) बोरेक्स बीड परीक्षण (Borax Bead Test)	६
	(ग) चारकोल कैविटी परीक्षण (Charcoal Cavity Test)	८
	(घ) कोबल्ट नाइट्रेट परीक्षण (Cobalt Nitrate Test)	१०
	(ङ) कास्टिक सोडा परीक्षण (Caustic Soda Test)	११
३.	भस्मीय मूलक (गीले परीक्षण) (Basic Radicals [Wet Tests])	१३
	भस्मीय मूलकोंको समूहोंमें बांटना (Division of Basic Radicals in Groups)	१३
	भस्मीय मूलकोंके लिए घोल तैयार करना	१४
	समूह विश्लेषण (Group Separation)—पहला, दूसरा तथा तीसरा समूह ...	१४
	समूह विश्लेषण (Group Separation)—चौथा, पांचवां और छठा समूह ...	१७
	समूह १—(पृष्ठ १९), समूह २—(पृष्ठ २०), समूह ३—(पृष्ठ २५)	
	समूह ४—(पृष्ठ २७), समूह ५—(पृष्ठ २९), समूह ६—(पृष्ठ ३०),	
४.	अम्लीय मूलक (Acidic Radicals)	३१
	तनु सल्फ्यूरिक अम्लसे परीक्षण (Detection with Dil. Sulph. Acid) ...	३१
	सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्लसे परीक्षण (Detection with Conc. Sulph. Acid)	३३
	विविध परीक्षण (Miscellaneous Tests)	३६
५.	मिश्रणका विश्लेषण (Analysis of Mixtures)	३८
६.	विघ्नकारक अम्लोंकी उपस्थिति (Presence of Interfering Acids)... ...	४०
७.	गुणात्मक विश्लेषणका सिद्धान्त (Theoretical Basis of Qualitative Analysis)	४३
	विद्युत् विघटनका सिद्धान्त (Theory of Electrolytic Dissociation) ...	४३
	घुलनशीलता गुणकका सिद्धान्त (Principle of Solubility Product) ...	४५
८.	कार्बनिक पदार्थोंका विश्लेषण (Analysis of Organic Substances) ...	४६
९.	गुणात्मक विश्लेषण पर प्रश्नोत्तरी (Catechism on Qualitative Analysis)...	५१
१०.	परिमाणात्मक विश्लेषण (Quantitative Analysis)	५३
११.	भारमितीय विश्लेषण (Simple Gravimetric Analysis)	५७
१२.	आयतनमितीय विश्लेषण (Volumetric Analysis)	५९
१३.	गलनांक और क्वथनांक (Melting and Boiling Points)	७५
१४.	कुछ साधारण लवणोंको शुद्ध करना और बनाना	७९
१५.	घुलनशीलताका निश्चयन (Determination of Solubility)	८१
१६.	ऑक्सीकारक और अवकारक (Oxidising and Reducing Agents) ...	८२
परिशिष्ट (क)	प्रतिकारकोंको बनाना	८२
परिशिष्ट (ख)	सान्द्र अम्लों और क्षारोंकी नॉर्मलता	८३
परिशिष्ट (ग)	प्रामाणिक घोलोंमें पदार्थकी संहति	८३
परिशिष्ट (घ)	अन्तर्राष्ट्रीय मान्य परमाणु भार	८४

कुछ आदेश

१. प्रयोग शुरू करनेसे पहले परख नलियों व सारे उपकरणको साबुनसे साफ़ कर लीजिये।

२. प्रतिकारक लेनेके बाद तुरन्त उसकी बोतलमें डाट लगाकर अपनी जगह पर रख दीजिये। यह बड़ी लाभदायक आदत है। इससे आपको ही आसानी होगी और भूलसे ग़लत प्रतिकारक लेनेसे भी आप बच जावेंगे।

३. जो पाठ्यांक सचमुचमें आवें वही अपनी नोट-बुकमें लिखिए, चाहे वे बिल्कुल ग़लत मालूम होते हों। ग़लत दिखनेवाले पाठ्यांक नक़ली पाठ्यांकोंसे अधिक अच्छे हैं।

४. काम समाप्त होने पर सारा उपकरण अच्छी तरह साफ़ करके रखिये।

५. अगर परखनलीमें ग़ल्तीसे ज़्यादा प्रतिकारक आ गया है तो उसमें से प्रतिकारक शीशीमें वापस न डालिए क्योंकि आपकी परखनली कुछ न कुछ गन्दी तो है ही, इससे सारी बोतल का प्रतिकारक खराब हो जावेगा। ज़्यादा प्रतिकारक खर्च करनेवाले असफल होते हैं। प्रतिकारकोंको बहुत थोड़ी मात्रामें ही प्रयोग करना चाहिए।

६. तेज़ अम्लों आदिको बहुत सावधानीसे काममें लाइये। धूमकक्षवाले प्रयोगोंको धूमकक्षमें ही करिए।

७. आग लगने पर फूंककर बुझानेका प्रयत्न न करिए। गीला तौलिया डालकर आग बुझानेकी कोशिश करें और अध्यापकको सूचित करें। यदि अम्ल आदिसे जल जांय तो अध्यापकको फ़ौरन सूचित करिए।

१

अकार्बनिक लवणोंका गुणात्मक विश्लेषण
(Qualitative Analysis of Inorganic Salts)

मूलक. विश्लेषणके अध्ययनके पहले मूलक (radical) शब्दका अभिप्राय समझ लेना उचित है।

अम्ल और भस्म आपसमें क्रिया करके लवण (salt) और पानी बनाते हैं। जैसे—

H_2SO_4	+	$Zn(OH_2)$	→	$ZnSO_4$	+	$2H_2O$
अम्ल	+	भस्म	→	लवण	+	पानी

किसी लवणमें अम्ल और भस्म दोनोंके ही भाग रहते हैं। ऊपरके उदाहरणमें (Zn) भस्मका भाग है। इसे भस्मीय मूलक या (basic radical) कहेंगे; और SO_4 अम्लका भाग है। इसे अम्लीय मूलक या (acidic radical) कहेंगे।

विश्लेषण की विधियां. हम तीन तरहसे विश्लेषण करेंगे।

१. यह मालूम करना कि दिये हुए पदार्थमें कौन-से भस्मीय और अम्लीय मूलक हैं। इसे गुणात्मक विश्लेषण (Qualitative Analysis) कहेंगे।

२. यह मालूम करना कि दिये हुए कार्बनिक पदार्थमें कौन-कौनसे तत्व उपस्थित हैं। इसे गुणात्मक अनुसंधान (Qualitative Detection) कहेंगे।

३. यह मालूम करना कि दिये हुए पदार्थमें कोई तत्व, मूलक या यौगिक कितने परिमाणमें उपस्थित है। इसे परिमाणात्मक विश्लेषण (Quantitative Analysis) कहेंगे।

सबसे पहले हम गुणात्मक विश्लेषणका अभ्यास करेंगे।

अमोनियम हाइड्रॉक्साइड (NH_4OH) को छोड़कर बाकी सभी भस्म धातुओंके हाइड्रॉक्साइड होते हैं। जैसे सोडियम हाइड्रॉक्साइड और पोटैसियम हाइड्रॉक्साइड, सोडियम और पोटैसियम धातुओंके हाइड्रॉक्साइड हैं। इसलिए आमतौर पर धातुएं ही लवणोंकी भस्मीय मूलक होती हैं।

किसी दिये हुए लवणमें हमें जिन भस्मीय मूलकोंका पता लगाना है, वे नीचे दिये हैं:

मरक्यूरस मर्करी (Hg^+), सिल्वर (Ag^+), प्लम्बस लेड [Pb^{++}], मरक्यूरिक मर्करी [Hg^{++}], प्लम्बिक लेड [Pb^{++++}], बिस्मथ [Bi^{+++}], कॉपर [Cu^{++}], स्टैनस टिन [Sn^{++}], स्टैनिक टिन [Sn^{++++}], आर्सेनिक [As^{+++++}], कैडमियम [Cd^{++}], एण्टिमनी [Sb^{+++}] या [Sb^{+++++}], अल्युमीनियम [Al^{+++}], आयरन [Fe^{+++}], क्रोमियम [Cr^{+++}], ज़िंक [Zn^{++}], मैंगनीज़ [Mn^{++}], निकिल [Ni^{++}], कोबल्ट [Co^{++}], बेरियम [Ba^{++}], स्ट्रॉन्शियम [Sr^{++}], कैलिसयम [Ca^{++}], मैग्नीसियम [Mg^{++}], सोडियम [Na^+] पोटैसियम [K^+], अमोनियम [NH_4^+].

अम्लीय मूलकोंमें से हमें नीचे लिखे मूलकोंका ही पता लगाना होगा:

कार्बोनेट [CO_3^{--}], सल्फ़ाइड [S^{--}], सल्फ़ाइट [SO_3^{--}], नाइट्राइट [NO_2^-], एसिटेट [CH_3COO^-], क्लोराइड [Cl^-], ब्रोमाइड [Br^-], आयोडाइड [I^-], सल्फ़ेट

SO_4^{--}], नाइट्रेट [NO_3^-], क्लोरेट [ClO_3^-], फ़ॉस्फ़ेट [PO_4^{---}], ऑक्ज़ेलेट [$C_2O_4^{--}$]

किसी दिये हुए लवणमें भस्मीय मूलकोंके परीक्षण एक योजनाके अनुसार किये जाते हैं। इस योजनामें विभिन्न मूलकोंके परीक्षण एक निश्चित क्रममें किये जाते हैं, और थोड़ी-सी सावधानी बरतने पर उनका पता आसानीसे लग जाता है। लेकिन अम्लीय मूलकोंका पता लगानेके लिए ऐसी कोई योजना नहीं है जिसके अनुसार किसी निश्चित क्रममें उनका पता लगाते चले जांय। इसलिए अच्छा यह होता है कि पहले भस्मीय मूलकोंका पता लगा लें क्योंकि ऐसा करनेसे कुछ अम्लीय मूलकोंकी उपस्थिति-अनुपस्थितिका पता चल जाता है। जैसे यदि किसी लवणमें भस्मीय मूलक बेरियम है और यह लवण पानीमें घुल जाता है तो उसमें सल्फ़ेट, ऑक्ज़ेलेट, कार्बोनेट और फ़ॉस्फ़ेट नहीं होंगे, क्योंकि बेरियमके सल्फ़ेट, कार्बोनेट, ऑक्ज़ेलेट, और फ़ॉस्फ़ेट पानीमें नहीं घुलते। इसलिए इन अम्लीय मूलकोंके लिए परीक्षण करना बेकार समय नष्ट करना होगा।

गुणात्मक विश्लेषणमें भस्मीय मूलकोंका पता लगानेके लिए दो तरहके परीक्षण किये जाते हैं:

१. सूखे परीक्षण (dry tests),

२. गीले परीक्षण (wet tests)।

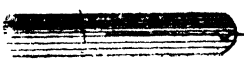
गुणात्मक विश्लेषणमें सूखे परीक्षणोंका विशेष महत्त्व है। उनकी मददसे हम कुछ मूलकों को केवल पहचान ही नहीं सकते बल्कि उन्हें शुरूमें करनेसे आगामी परीक्षणोंके करनेमें काफ़ी सहायता मिलती है। इसके अलावा सूखे परीक्षण जल्दी भी हो जाते हैं। इसलिए पहले सूखे परीक्षण करते हैं और बादमें गीले। किन्तु सिर्फ़ सूखे परीक्षणों पर ही निर्भर नहीं रहना चाहिए।

अम्लीय मूलकोंके परीक्षणोंके बारेमें हम भस्मीय मूलकोंके परीक्षणोंके बाद बतायेंगे।

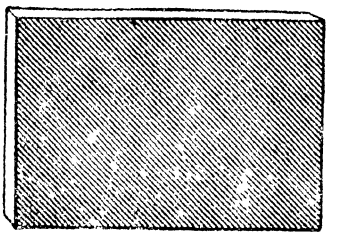
२

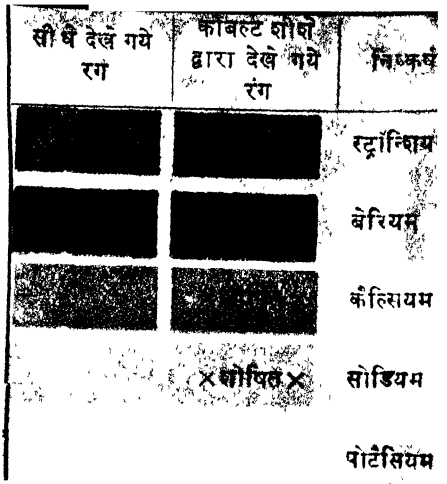
भस्मीय मूलक (सूखे परीक्षण)

(क) ज्वाला-परीक्षण

आवश्यक उपकरण	विधि
१. **बुन्सन ज्वालक.** इस ज्वालककी ज्वाला दीप्तिहीन होती है। इसमें तीन भाग होते हैं : ऑक्सीकारक क्षेत्र, अवकारक क्षेत्र, बिना जली गैसोंका क्षेत्र।	१. प्लैटिनमके तारके सिरेको सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें डुबोइये और ज्वालाके ऑक्सीकारक क्षेत्रमें गरम करिए। इस काम को तब तक दोहराते रहिये जब तक तार ज्वालाके साथ कोई भी रंग न दे।
२. **कांचकी तश्तरी (Watch glass).** यह कांचकी एक छोटी तश्तरी होती है।	२. इसमें सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लकी कुछ बूंदोंमें थोड़ा-सा लवण डालकर पतली लेई बना लेते हैं।
३. **प्लैटिनम का तार.** शीशेकी पतली छड़के एक सिरे पर १½ इंच लम्बा प्लैटिनम का पतला तार लगा होता है। शीशेकी छड़ प्लैटिनमका तार 	३. साफ़ किये हुए तारको लेईमें डुबो कर ज्वालाके ऑक्सीकारक भागमें रखिए। ज्वाला रंगीन हो जायगी। पहले केवल आंख से और बादमें कोबल्ट शीशेकी सहायतासे ज्वालाके रंगको देखिए। ज्वालामें धातुका क्लोराइड होगा और उसका विशेष रंग ज्वाला में दिखाई देगा। कुछ धातुओंके विशेष रंग नीचे दिये हैं इनकी सहायतासे भस्मीय मूलकों को पहचान लीजिये।

४. **कोबल्ट शीशा.** यह नीले रंगका एक शीशेका चौकोर टुकड़ा होता है।





ज्वाला परीक्षण रासायनिक सिद्धान्त

जब कुछ उड़नशील (volatile) लवणोको दीप्तिहीन (non-luminous) ज्वाला पर रखते है तो वे ज्वालाको अपना विशेष रग देते है और ज्वाला रंगीन हो जाती है। इसी गुण पर ज्वाला परीक्षण आधारित है। पहले लवणको सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लमे मिलाकर पतली लेई बना लेते है। लवणोमें उपस्थित भस्मीय मूलक अम्लसे क्रिया करके क्लोराइड बना देते है। यह क्लोराइड वाष्पशील होते है और इन्हें ज्वालाके अवकारक क्षेत्रमे रखनेसे ज्वाला रंगीन हो जाती है। लवणोमे उपस्थित विभिन्न धातुएं ज्वालाको भिन्न-भिन्न रंग प्रदान करती है। जैसे सोडियमसे ज्वाला पीले रगकी और पोटैसियमसे नीलारुण (purple) रंगकी हो जाती है। सोडियम, पोटैसियम, बेरियम, स्ट्रॉन्शियम, कैल्सियम, कॉपर, लेड, बिस्मथ, मैगनीज, टिन और एण्टिमनीके क्लोराइड जल्दी वाष्पित हो जाते है, इसलिए इन भस्मीय मूलकोको ज्वाला-परीक्षण द्वारा आसानीसे पहचान सकते है।

यदि इस प्रकारकी रंगीन ज्वालाको वर्णक्रम दर्शी (spectroscope) से देखें तो उसमे वर्णक्रम (spectrum) दिखाई देगा। इन वर्णक्रमोकी सहायतासे ज्वालाके रंगोका पता लगा सकते है। उदाहरणार्थ सोडियम-वर्णक्रममें दो चमकदार पीली रेखाएं इतनी पास-पास होती है कि अक्सर वे एक ही रेखा जान पड़ती है। इसलिए सोडियमकी ज्वाला पीले रगकी होती है। पोटैसियम के वर्णक्रममे लाल और बैंगनी रेखाये होती है। यह दोनो रेखाये ज्वालामे बहुत पास-पास होती हैं इसलिए ज्वाला नीलारुण रंगकी दिखाई देती है।

बेरियम, स्ट्रॉन्शियम, और कैल्सियमके वर्णक्रममे रेखाओके अलावा पट्ट (bands) भी होते है। बेरियमके वर्णक्रममें लाल भागमे एक रेखा और हरे भागमें कई पट्ट होते है, इसलिए ज्वालाका रग हरा दिखाई देता है। स्ट्रॉन्शियम के वर्णक्रमके नीले भागमे एक रेखा तथा लाल और नारंगी भागमें कई रेखाएं या पट्ट दिखाई देते है। कैल्सियमके वर्णक्रममे कई लाल और नारंगी पट्ट होते हैं। इसके हरे और बैंगनी भागमें भी एक रेखा या पट्ट होता है।

यदि ज्वालामें कई धातुएं मौजूद हों तो उसमें कई रंग एक दूसरेके ऊपर दिखाई देंगे और किसी खास धातुके रंगको पहचानना मुश्किल हो जायगा। इसलिए ज्वाला परीक्षण

अकेले लवणोंके लिए ही किया जाता है। मिश्रणोंके लिए इस परीक्षणको नही करते। यदि वर्णक्रमदर्शी न मिले तो ज्वालाको नीले शीशेसे देखते है। रगोको देखनेमे सोडियम ही सबसे अधिक गड़बड़ी करता है क्योकि यह सब लवणोमे थोडा-बहुत मिला रहता है। किन्तु नीला शीशा सोडियमकी चमकीली पीली रेखाओंको अवशोषित कर लेता है और शेष रग इसमे होकर दिखाई देते हैं।

प्लैटिनम धातु पर रासायनिक क्रिया आसानीसे नहीं होती। इसीलिए इसके तारमें क्लोराइडकी लेई लगा कर ज्वालामे रखते है।

टिप्पणियां.

१. प्रयोग करनेके पहले और बादमें प्लैटिनमके तारको साफ जरूर कर लीजिये।

२. कुछ लवण ऐसे भी होते है जो सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लके साथ क्रिया करके क्लोराइड नही बनाते। वे वाष्पशील नहीं होते। उनका परीक्षण लेई बनाकर नही किया जाता बल्कि समूहके अवक्षेपके साथ किया जाता है।

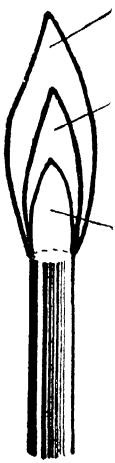
३. यदि इस बातका शक हो कि लवणमे आर्सेनिक, लेड या एण्टिमनीमें से कोई भी उपस्थित है तो प्लैटिनमके तारका प्रयोग मत करिए। ऐसा करनेसे तार खराब हो जाता है।

४. याद करनेके लिए सूत्र (BSC-gro) B.S.C.=बेरियम, स्ट्रॉन्शियम, कैल्सियमके क्रमिक रंग होते है (gro.—ग्रीन, रेड, ऑरेज)।

(ख) बोरेक्स बीड परीक्षण

यह परीक्षण सफेद और रगहीन लवणोके लिए बेकार है क्योकि Cu, Fe, Cr, Mn, Ni और Co मूलक जो इस उपायसे पहचाने जा सकते है हमेशा रंगीन लवण बनाते है।

आवश्यक उपकरण



१. बुन्सन ज्वालक. जिसमे ऑक्सीकारक और अवकारक दोनों क्षेत्र मौजूद हों।

विधि

१ प्लैटिनमके तारके छल्लेको साफ कर लीजिए। तारके छल्लेको गरम करके बोरेक्स में डुबोइए और उसे फिर गरम कीजिये। बोरेक्स पहले फूलेगा और बादमें उसकी रंगहीन और पारदर्शक बीड बन जायगी।

२. एक सूखी कांचकी तश्तरी (watch glass) मे कुछ पिसा हुआ लवण ले लीजिये और इसे गरम बीड से छूइये।

३. इस बीडको ऑक्सीकारक ज्वालामें गरम करिए और उसके रगको, जब वह ठंडी हो या गरम हो, देख लीजिए।

४. इसके बाद बीडको अवकारक ज्वालामें गरम करिए। फिर बिना जली गैसोंके क्षेत्रमें इसे कुछ देर तक ठंडा कर

२. **प्लैटिनमका तार.** तारके किनारेको मोड़कर एक छल्ला (loop) बना लेते हैं।

३. **पिसा हुआ बोरेक्स.**

लीजिए। ऐसा करनेसे बीड हवामें ऑक्सीकृत होनेसे बच जायगी।

५. ज्वालाके बिना जली गैसके भागसे बीड निकाल लीजिए जब वह ठण्डी हो जाय तो उसका रंग देख लीजिए।

६. दी हुई तालिका की सहायता से भस्मीय मूलकोंको पहचान लीजिए।

बीड का रंग	कोबल्ट	निकिल	मैंगनीज	क्रोमियम	आयरन	कॉपर
ऑक्सीकारक ज्वाला						
अवकारक ज्वाला		भूरा	रंगहीन			रंगहीन या लाल

टिप्पणियां.

१. तारके छल्लेसे छुड़ानेके लिए बीडको काफ़ी देर तक गरम करिए यहां तक कि वह लाल हो जाय। अब इसे झटक दीजिए तो बीड गिर जायगी। तारको साफ़ करके दूसरी बीड बना लीजिए।

२. बीडको लवणमें डुबोते समय यह ध्यान रखिए कि उसमें ज्यादा लवण न लगे। यदि लवण बहुत ज्यादा लग जायगा तो गरम करने पर बीड काली तथा अपारदर्शक हो जायगी और उसमें कोई रंग नहीं दिखाई देगा।

बोरेक्स बीड परीक्षणका रासायनिक सिद्धान्त

साधारण बोरेक्स (सुहागा, $Na_2B_4O_7.10H_2O$, सोडियम टेट्राबोरेट डेकाहाइड्रेट) गरम करने पर फूल जाता है और उसका पानी भाप बन कर उड़ जाता है। इसको अगर और गरम करें तो बोरेक्स की बीड बन जायगी। यह शीशेकी तरह रंगहीन, पारदर्शक गोली होती है।

$$Na_2B_4O_7.10H_2O \rightarrow Na_2B_4O_7 + 10H_2O \uparrow$$

कुछ धातुएं ऐसी भी होती हैं जिनके लवण इस बीडसे क्रिया करके धातुओंके मेटाबोरेट बना देते हैं। धातुके आयनोंकी उपस्थितिके कारण बीड रंगीन हो जाती है।

$$Na_2B_4O_7 \rightarrow 2NaBO_2 + B_2O_3$$

सोडियम मेटाबोरेट बोरिक ऑक्साइड

$$CuO + B_2O_3 \rightarrow Cu(BO_2)_2$$

क्यूप्रिक मेटाबोरेट (हल्का नीला)

$$Na_2B_4O_7 + CuO \rightarrow 2NaBO_2 + Cu(BO_2)_2$$

कुछ धातुएं दो प्रकारके बोरेट देती हैं। एक तो उच्च ऑक्साइडसे जो कि ऑक्सीकारक ज्वालामें बनता है और दूसरा निम्न ऑक्साइडसे जो अवकारक ज्वालामें बनता है।

उदाहरणार्थ आयरनसे

ऑक्सीकारक ज्वालामें Fe_2O_3 से

$$Fe_2O_3 + 3B_2O_3 \rightarrow 2Fe(BO_2)_3 \text{ (पीला)}$$

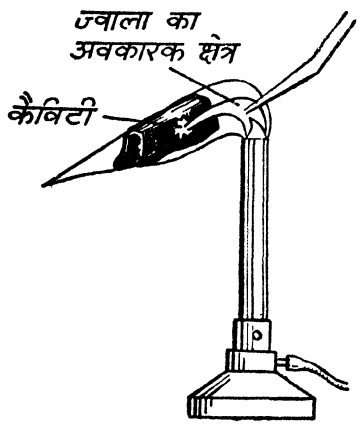
अवकारक ज्वालामें FeO से

$$FeO + B_2O_3 \rightarrow Fe(BO_2)_2 \text{ (हरा)}$$

कॉपर और निकिल अवकारक ज्वालामें धातुके रूपमें बीड पर लग जाते हैं और उसे रंगीन बना देते हैं।

(ग) चारकोल कैविटी परीक्षण

लवणको सोडियम कार्बोनेट और पोटैसियम कार्बोनेटके मिश्रणके साथ चारकोलके टुकड़े पर गरम करना.

आवश्यक उपकरण	विधि
१. **बुन्सन ज्वालक** २. **चारकोलका टुकड़ा** ३. **फुंकनी (blow pipe)** जिससे ज्वालाको घुमाया जा सकता है।  	१. सोडियम कार्बोनेट और पोटैसियम कार्बोनेटको बराबर अनुपातमें मिलाइये। इस मिश्रणको गलन मिश्रण कहते हैं। २. लवणको पीसकर गलन मिश्रणमें मिला लीजिये। ३. चारकोलके टुकड़ेमें कैविटी (गड्ढा) खोद लीजिये और इसमें मिश्रण भर दीजिये। बुन्सन-ज्वालककी ज्वालाको फुंकनीसे इस तरह फूकिये कि उसका अवकारक क्षेत्र मिश्रण पर पड़े। अवकारक ज्वाला मिश्रण पर पड़ेगी और मिश्रण जलने लगेगा। ४. यदि मिश्रणको फूंकने पर उसके उड़ जानेका अंदेशा हो तो उस पर एक दो बूंद पानी छोड़ दीजिये जिससे वह अपनी जगह पर ही रहे। ५. कैविटीमें बचे हुए अवकृत पदार्थके गुणों द्वारा भस्मीय मूलकको, नीचे दी गई तालिकामें देखकर, पहचानिये।

चारकोल कैविटी परीक्षणकी तालिका

निरीक्षण	कैविटीमें बचे पदार्थ	संभावित भस्मीय मूलक
१. सफ़ेद पपड़ी (गर्म अवस्थामें पीली)	ज़िंक ऑक्साइड	ज़िंक
२. सफ़ेद पपड़ी और लहसुनकी गन्ध	आर्सेनिकका वाष्पशील ऑक्साइड	आर्सेनिक
३. भूरी (brown) पपड़ी	एण्टिमनी धातु और उसकी ऑक्साइड	एण्टिमनी
४. भंगुर (brittle) पदार्थके साथ सफ़ेद पपड़ी	बिस्मथ धातु और उसकी ऑक्साइड	बिस्मथ
५. चमकदार घात-वर्ध्य बीड जो कागज़ पर निशान न छोड़े।	सिल्वर धातु	सिल्वर
६. चमकदार अघात-वर्ध्य बीड जो कागज़ पर निशान छोड़े।	लेड धातु	लेड
७. कैविटीमें लाल पटरियां (scales)	कॉपर धातु	कॉपर
८. काला चुम्बकीय पदार्थ	आयरन, निकिल या कोबल्ट धातुएं	आयरन, निकिल या कोबल्ट

चारकोल कैविटी परीक्षणका रासायनिक सिद्धान्त

जब किसी लवणको सोडियम कार्बोनेटके साथ गरम करते हैं तो युग्म-विच्छेदन (double decomposition) होता है। लवणका भस्मीय मूलक कार्बोनेटके साथ क्रिया करके धातुका कार्बोनेट बनाता है।

$$ZnSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow ZnCO_3 + Na_2SO_4$$

ज़िंक कार्बोनेट, ज़िंक ऑक्साइडमें अवकृत हो जाता है। गरम रहने पर ज़िंक ऑक्साइड का रंग पीला रहता है और ठंडा होने पर सफ़ेद हो जाता है।

$$ZnCO_3 \rightarrow ZnO + CO_2$$

चारकोलके टुकड़ेमें एक खोखला गड्ढा बना लेते हैं, इसे अंग्रेजीमें कैविटी कहते हैं। ऊपर बना हुआ ऑक्साइड चारकोलकी कैविटीमें पपड़ीके रूपमें इकट्ठा हो जाता है। इनके अलावा कुछ लवण ऐसे भी होते है जो अवकृत होकर धातुमें बदल जाते हैं। जैसे—

१. सिल्वर

$$2AgNO_3 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + Ag_2CO_3$$

इसे चारकोल सोख लेता है।

$$Ag_2CO_3 \rightarrow Ag_2O + CO_2$$
$$2Ag_2O \rightarrow 4Ag + O_2$$

२. कॉपर

$$CuSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + CuCO_3$$

इसे चारकोल सोख लेता है।

$$CuCO_3 \rightarrow CuO + CO_2$$
$$CuO + C \rightarrow CO + Cu$$

कभी-कभी बचे हुए पदार्थमें धातुएं और उसके ऑक्साइड दोनों ही होते है। ये धातुए बिस्मथ, एण्टिमनी और लेड हैं।

टिप्पणी.

गलन-मिश्रण (fusion mixture) मे उपस्थित सोडियम कार्बोनेट धातुके लवणोंको अवकृत कर देता है। और वे लवणमें उपस्थित धातुके कार्बोनेटोंमें बदल जाते है। सोडियम कार्बोनेट द्रावक (flux) की तरह कार्य करता है और पिघली हुई अवस्थामें चारकोल कैविटीमें बनी धातुको ऑक्सीकृत होनेसे रोकता है।

(घ) कोबल्ट नाइट्रेट परीक्षण

आवश्यक उपकरण	विधि
१. बुन्सन ज्वालक. २. कैविटी बना हुआ चारकोल. ३. फुंकनी ४. कोबल्ट नाइट्रेटका घोल.	१. पृष्ठ ८ पर दिये गये चारकोल कैविटी परीक्षण की १, २, ३, और ४ विधिको दुहराइये। २. अवकृत पदार्थ (धातुई ऑक्साइड) को कोबल्ट नाइट्रेटके घोलसे नम कर लीजिये और इसे फिर गरम करिए। ३. बचे हुए पदार्थका रंग देख लीजिये और नीचे दी हुई तालिकाकी मददसे भस्मीय मूलक पहचान लीजिये।

बचे पदार्थका रंग	निष्कर्ष
नीला	अल्युमीनियम
हरा	ज़िंक
गुलाबी	मैग्नीसियम

कोबल्ट नाइट्रेट परीक्षणका रासायनिक सिद्धान्त

यह बताया जा चुका है कि जब किसी पदार्थको गलन-मिश्रणके साथ जलाते हैं तो या तो धातु मिलती है या उसकी ऑक्साइड।

$$ZnSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow ZnCO_3 + Na_2SO_4$$
$$ZnCO_3 \rightarrow ZnO + CO_2$$

जब पदार्थको कोबल्ट नाइट्रेटसे नम करके जलाते हैं तो कुछ धातुएं रंगीन पदार्थ बना देती हैं। यह अल्युमीनियम, ज़िंक और मैग्नीसियम हैं। यहां कोबल्ट नाइट्रेट स्वयं कोबल्ट ऑक्साइडमें अवकृत हो जाता है।

$$2Co(NO_3)_2 \rightarrow 2CoO + 4NO_2 + O_2$$
(कोबल्ट ऑक्साइड)

कोबल्ट ऑक्साइड ज़िंक, मैग्नीसियम, या अल्युमीनियमकी ऑक्साइडसे क्रिया करके रंगीन पदार्थ बना देता है। यह पदार्थ चारकोल कैविटीमें रह जाता है।

(क) $CoO + ZnO \rightarrow CoZnO_2$
कोबल्ट ज़िंकेट (हरा पदार्थ)

(ख) $Al_2O_3 + CoO \rightarrow Co(AlO_2)_2$
कोबल्ट अल्युमिनेट (नीला पदार्थ)

(ङ) कास्टिक सोडा परीक्षण

नोट. यह परीक्षण समूह विश्लेषण (group separation) के पहले अवश्य कर लें।

एक परखनलीमें लवणको कास्टिक सोडाके साथ गरम करिए। अमोनिया गैसकी गन्ध निकले तो लवणमें भस्मीय मूलक (NH_4^+) अमोनियम हो सकता है। गीला लाल लिटमस कागज़ परखनलीके मुंह पर लाइये। लिटमस नीला हो जायगा।

अमोनियम के लिए निश्चयात्मक परीक्षण

परखनलीके मुंह पर सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें डुबोकर एक छड़ लाइये। परखनली के मुंह पर सफ़ेद धूम बन जायेंगे।

कास्टिक सोडा परीक्षणका रासायनिक सिद्धान्त

अमोनियम लवणोंको सोडियम हाइड्रॉक्साइड (कास्टिक सोडा) के साथ गरम करने पर अमोनिया गैस निकलती है।

$$NH_4Cl + NaOH \rightarrow NaCl + NH_3 \uparrow + H_2O$$

सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें एक छड़को डुबोकर परखनलीके मुंहके पास लाने पर सफ़ेद धूम (fumes) बन जाते हैं। यह धूम अमोनियम क्लोराइडके होते हैं।

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl \text{ (सफ़ेद धूम)}$$

३

भस्मीय मूलक (गीले परीक्षण)

भस्मीय मूलकोंको समूहोंमें बांटना

भस्मीय मूलकोंका विश्लेषण करनेके लिए उन्हें कई समूहोंमें बांट लिया गया है। एक समूहके मूलकोंके कुछ रासायनिक गुण आपसमें मिलते हैं परन्तु अन्य समूहोंके मूलकोंसे भिन्न होते हैं।

ये समूह नीचेकी तालिकामें दिखाये गये हैं:

समूह	भस्मीय मूलक	अवक्षेपकी विशेषताएं
पहला समूह	Ag, Hg^{+} (ous), Pb^{++} (ous)	ये क्लोराइड बनकर अलग हो जाते हैं। (ठण्डे पानी तथा ठण्डे और तनु अम्लमें अघुलनशील होते हैं)
दूसरा समूह	(अ) Hg^{++}, Pb^{++++}, Bi, Cu, Sn^{++} (ब) Cd, As, Sn^{++++}, Sb	ये सल्फ़ाइड बनकर अलग हो जाते हैं (तनु अम्लोंमें अघुलनशील)।
तीसरा समूह	Al, Fe, Cr	ये हाइड्रॉक्साइड बनकर अलग होते हैं। NH_4OH छोड़नेसे पहले NH_4Cl काफ़ी मात्रामें छोड़ लेना चाहिए क्योंकि NH_4Cl की कमी होनेसे चौथे, पांचवें तथा छठवें समूहके मूलक भी हाइड्रॉक्साइडोंके रूपमें इसी समूहमें अवक्षेपित हो जायेंगे।
चौथा समूह	Zn, Mn, Ni, Co	ये क्षारीय घोलोंसे अघुलनशील सल्फ़ाइड बनाते हैं। घोलमें NH_4Cl की उपस्थिति ऊपर दिये गये कारणसे आवश्यक है।
पांचवा समूह	Ba, Sr, Ca	ये क्षारीय अघुलनशील कार्बोनेट बनाते हैं। इसमें भी ऊपरकी तरह NH_4Cl की उपस्थिति आवश्यक है।
छठा समूह	Mg	यह मैग्नीसियम अमोनियम फ़ॉस्फ़ेट बनकर अलग हो जाता है।
अवशेष (Residuary)	K, Na, NH_4	ये सब अलग-अलग परीक्षणोंसे पहचाने जाते हैं।

भस्मीय मूलकोंके लिए घोल तैयार करना

गीले परीक्षण करनेके पहले जिन लवणोंका परीक्षण करना हो उनका घोल बना लेना आवश्यक होता है। यह काम एक विशेष क्रम तथा निश्चित ढंगसे करते हैं। अगर लवण पिसा न हो तो उसे खरल आदिमें पीसकर महीन कर लेते हैं।

(अ) पहले लवणको ठण्डे पानीमें घोलिए यदि यह न घुले तो गर्म पानीमें घोलिए, अगर यह अब भी न घुले तो नीचे लिखे क्रमसे अम्लोंमें घोलिए। इस बातका ध्यान रहे कि जब एक अम्लमें लवण न घुले तभी दूसरे अम्लमें घोलिए।

(ब) तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल—पहले ठण्डा और बादमें गर्म।

(स) सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल—पहले ठण्डा और बादमें गर्म।

(द) तनु नाइट्रिक अम्ल—पहले ठण्डा और बादमें गर्म।

(प) सान्द्र नाइट्रिक अम्ल—पहले ठण्डा और बादमें गर्म।

(फ) अम्ल राज (aqua regia)—

जहां तक हो सके लवणको कमसे कम अम्लमें घोलना चाहिए। यदि घोल सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें बनाया गया हो तो घोलमें पानी मिलाकर उसे तनु बना लेना आवश्यक है। लवणको सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लके साथ गर्म करनेसे अगर क्लोरीन निकलती है तो उसे बिल्कुल निकाल देना चाहिए क्योंकि घोलमें थोड़ी-सी भी क्लोरीन रह जानेपर दूसरे समूहका विश्लेषण करते समय सल्फर के अवक्षेपका धोखा होगा।

यदि घोल नाइट्रिक अम्ल या अम्लराजमें बनाया गया हो तो अम्लको वाष्पित करनेके लिए उसे इतना गर्म करिए कि घोल बहुत थोड़ा रह जाय और उसको ठण्डा करनेके बाद पानी मिलाकर उसको तनु बना लीजिये। यदि इसे इतना गर्म नहीं करेंगे तो घोलमें नाइट्रिक अम्ल उपस्थित रहेगा और इस वजहसे आगेके विश्लेषणमें बड़ी कठिनाई होगी। विश्लेषण करनेके लिए भस्मीय मूलकोंको कई समूहोंमें बांट दिया गया है। इन समूहोंको आगे दिये ढंगसे अलग करेंगे।

टिप्पणियां.

१. यदि लवण गर्म पानीमें घुल जाय तो उसे ठण्डा होने दीजिये। ठण्डा होने पर अगर उसमें सफ़ेद रवे जम जांय तो लवणमें लेड (Pb) होगा।

२. आयतनके हिसाबसे तीन भाग सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल और एक भाग सान्द्र नाइट्रिक अम्ल मिला देनेसे अम्लराज बन जाता है।

३. ये सब काम रोज़ काममें आनेवाली मेज़ पर न करके धूम-कक्ष (fume chamber) में करने चाहिए।

समूह विश्लेषण (पहला, दूसरा तथा तीसरे समूह)

घोल बनानेके बाद हमको यह पता लगाना पड़ता है कि लवणका भस्मीय मूलक किस समूहका है। यह नीचे दिये ढंगसे मालूम किया जाता है:

पहला समूह	घोलमें तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल मिलाओ। (जो लवण हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घुल जाते हैं उनमें पहले समूहका कोई भस्मीय मूलक नहीं होता)।	यदि सफ़ेद अवक्षेप बने तो पहला समह उपस्थित होगा। (अवक्षेपको छान लो और समूह १ की सारणी देखो) (पृष्ठ १९)

दूसरा समूह	अगर पहले समूहका कोई मूलक उपस्थित हो तो छनितमें और नहीं तो असली घोलमें थोड़ा-सा HCl मिलाओ। उसके थोड़े-से भागमें H_2S गैस प्रवाहित करो। (अगर कोई घोल बहुत ज़्यादा अम्लीय है तो H_2S गैस प्रवाहित करने पर अवक्षेप नहीं बनेगा। इसलिए H_2S गैस प्रवाहित करनेसे पहले घोलको तनु बना लेना चाहिए। यदि अब भी अवक्षेप न बने तो समझ लो कि लवणमें दूसरे समूहका मूलक उपस्थित नहीं है। इसलिए बाकी घोलमें H_2S मत प्रवाहित करो। इसी काम को बार-बार करो जब तक कि दूसरे समूह में उपस्थित सारे भस्मीय मूलक अवक्षेपित न हो जांय।)	अगर अवक्षेपका रंग काला, ब्राउन, गहरा पीला या नारंगी है तो दूसरा समूह उपस्थित होगा। (कभी-कभी घोलमें H_2S प्रवाहित करनेसे पीला दूधिया रंग आ जाता है। यह कलिलीय सल्फ़रकी वजहसे होता है।) दूसरे समूहके विश्लेषणके लिए पृष्ठ २०-२४ देखिए।
तीसरा समूह	यदि दूसरे समूहका कोई मूलक हो तो छनितको उबालकर H_2S निकाल दो और न हो तो असली घोलमें ही सान्द्र नाइट्रिक अम्लकी पांच बूंदें डाल कर पूरेको उबाल लो और उसमें लगभग ५ घ० सें० अमोनियम क्लोराइड छोड़ो। इसीमें इतना अमोनियम हाइड्रॉक्साइड छोड़ो कि घोल क्षारीय हो जाय। इसमें लाल लिटमस डालनेसे नीला हो जायगा।	अगर सफ़ेद, हरा या ब्राउन अवक्षेप बने तो तीसरा समूह उपस्थित है। वर्ना तीसरा समूह अनुपस्थित होगा। (तीसरे समूहके विश्लेषणके लिए पृष्ठ २५ और २६ देखिए)

टिप्पणी.

ये क्लोराइड हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घुलनशील होनेके कारण द्वितीय समूहमें नहीं अवक्षेपित होते है।

समूह विश्लेषणका रासायनिक सिद्धान्त

(समूह १, २ और ३)

जिन प्रतिकारकोंके प्रयोगसे समूहोंके अवक्षेप बन जाते हैं उन्हें "समूह प्रतिकारक" कहते है। हर समूहके प्रारम्भमें ये कोष्ठकमें दिये गये हैं।

समूह १. [तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल]

तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लसे क्रिया करके सिल्वर, मर्क्यूरस मर्करी और लेड, क्लोराइड बनाकर अवक्षेपित हो जाते हैं और सफेद अवक्षेपके रूपमें परखनली की पेंदीमें बैठ जाते हैं क्योंकि ये क्लोराइड पानीसे भारी होते हैं।

$$\text{I.} \quad AgNO_3 + HCl \rightleftharpoons AgCl + HNO_3$$

या आयनके हिसाबसे

$$AgNO_3 \rightleftharpoons Ag^+ + NO_3^-$$
$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$
$$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$$

II. $Hg_2(NO_3)_2 + 2HCl \rightarrow Hg_2Cl_2 + 2HNO_3$

या आयनके हिसाबसे

$$Hg_2(NO_3)_2 \rightleftharpoons 2Hg^+ + 2NO_3^-$$
$$2HCl \rightleftharpoons 2H^+ + 2Cl^-$$
$$Hg_2 + 2Cl \rightarrow Hg_2Cl_2$$

III. $Pb(NO_3)_2 + 2HCl = PbCl_2 + 2HNO_3$

या आयनके हिसाबसे

$$Pb(NO_3)_2 \rightleftharpoons Pb^{++} + 2NO_3^-$$
$$2HCl \rightleftharpoons 2H^+ + 2Cl^-$$
$$Pb^{++} + 2Cl^- \rightarrow PbCl_2$$

समूह २. [हल्के अम्लीय घोलमें हाइड्रोजन सल्फ़ाइड (H_2S) गैस]

जब निम्नलिखित किसी धातुके लवणके घोलमें, जो थोड़ेसे तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लसे अम्लीय बना लिया गया हो, हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस भेजी जाती है तो उसका सल्फ़ाइड अवक्षेपित हो जाता है।

मर्करी मर्क्यूरिक	काला
लेड (प्लम्बिक)	काला
बिस्मथ	ब्राउनिश काला
कॉपर	ब्राउनिश काला
कैडमियम	पीला
आर्सेनिक	पीला
एण्टिमनी	नारंगी
टिन (स्टैनस)	ब्राउन
टिन (स्टैनस)	गंदा पीला

I. $HgCl_2 + H_2S \rightarrow HgS + 2HCl$

(Pb, Cu, Cd तथा स्टैनस (Sn) की क्रियाएं ऊपर की तरह होंगी।)

II. $2BiCl_3 + 3H_2S \rightarrow Bi_2S_3 + 6HCl$

(AS और Sb) की क्रियाएं भी इसी तरह होंगी।)

III. $SnCl_4 + 2H_2S \rightarrow SnS_2 + 4HCl$

समूह ३. [अमोनियम क्लोराइडकी उपस्थितिमें अमोनियम हाइड्रॉक्साइड]

अमोनियम क्लोराइडकी उपस्थितिमें अमोनियम हाइड्रॉक्साइडसे क्रिया करके अल्युमीनियम, क्रोमियम और आयरन (फ़ेरिक) अपने हाइड्रॉक्साइड अवक्षेपित करते हैं।

अल्युमीनियम	सफ़ेद श्लिषीय अवक्षेप
आयरन (फ़ेरिक)	ब्राउन अवक्षेप
क्रोमियम	हरा अवक्षेप

$$FeCl_3 + 3NH_4OH \rightarrow 3NH_4Cl + Fe(OH)_3$$

(Cr और Al की क्रियाएं भी इसी तरह होंगी।)

तीसरे समूहमें अमोनियम क्लोराइडका प्रयोग क्यों ?

इसलिए मिलाते हैं कि वह आयनीकृत होकर घोलमें NH_4 आयन काफ़ी तादादमें कर दे ताकि NH_4OH के अणु बहुत कम तादादमें आयनीकृत हों क्योंकि अब NH_4OH के

आयनीकरणसे NH_4 आयनकी संख्या घोलमें और बढ़ेगी, और चूंकि परिमाण क्रियाके नियमानुसार घोलकी प्रवृत्ति NH_4 आयन न बढ़ने देनेकी है इसलिए NH_4OH बहुत कम आयनीकृत होगा और इस तरह स्पष्ट है कि OH आयन भी घोलमें कम तादादमें बनेंगे। इस तरह कम संख्यामें होते हुए भी, वे अल्युमीनियम, आयरन (फ़ेरिक) और क्रोमियमके हाइड्रॉक्साइड तो अवक्षेपित कर लेगें परन्तु ज़िंक, मैंगनीज़, कोबल्ट और निकिलके हाइड्रॉक्साइडोंको अवक्षेपित करना उनके बसकी बात न होगी क्योंकि इसके लिए OH आयनकी अधिक तादादमें आवश्यकता होती है। इस तरह इस समूहमें अमोनियम क्लोराइड डालनेका उद्देश्य पूरा हो जाता है।

टिप्पणी.

अमोनियम क्लोराइड तथा अमोनियम हाइड्रॉक्साइड छोड़नेके पहले घोलको सान्द्र नाइट्रिक अम्ल डालकर गर्म कर लेना चाहिए। ऐसा करनेसे फ़ेरस लवण फ़ेरिक लवणमें बदल जाता है।

समूह विश्लेषण (चौथा, पांचवां छठा समूह)

चौथा समूह	यदि तीसरे समूहके मूलक उपस्थित न हों तो उनका थोड़ा-सा क्षारीय घोल या तीसरे समूहका छनित एक परखनलीमें ले लो और हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस प्रवाहित करो।	यदि सफ़ेद, ताज़े मांसके रंगका या काला अवक्षेप बने तो चौथे समूहका मलक उपस्थित होगा। यदि चौथे समूहका मूलक उपस्थित हो तो पूरे घोल में हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस प्रवाहित करो (चौथे समूहके विश्लेषणके लिए पृष्ठ २७-२८ देखो)।
पांचवां समूह	यदि चौथे समूहका कोई मूलक न हो तो तीसरे समूहका घोल लो, नहीं तो चौथे समूहके छनित को उबालकर H_2S निकाल दो और तब उसमें अमोनियम कार्बोनेटका घोल डालकर पूरेको खूब गरम करो। (घोलको उबाल कर सान्द्र बना लो नहीं तो यह बहुत तनु हो जायगा।)	यदि सफ़ेद अवक्षेप आ जाय तो पांचवां समूह उपस्थित होगा। (इसके लिए पृष्ठ २९-३० देखें)
छठा समूह	यदि पांचवें समूहके मूलक अनुपस्थित हों तो इसके क्षारीय घोलमें, नहीं तो पांचवें समूहके छनितमें डाइसोडियम हाइड्रोजन फ़ॉस्फ़ेट डालो।	यदि सफ़ेद अवक्षेप बन जाय तो मैग्नीसियम उपस्थित हो सकता है। (देखो पृष्ठ ३०)

समूह विश्लेषणके बाद अवक्षेपकी परीक्षा अगले पृष्ठोंमें दिये गये क्रमसे करो।

समूह विश्लेषणका रासायनिक सिद्धान्त

(समूह ४, ५, और ६)

समूह ४. [अमोनियम क्लोराइड तथा अमोनियम हाइड्रॉक्साइडकी उपस्थितिमें हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस (क्षारीय घोलमें)]

जब अमोनियम क्लोराइड की उपस्थितिमें अमोनियम हाइड्रॉक्साइडसे क्षारीय बनाये गये घोलमें हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस प्रवाहित की जाती है तो जिंक, मैंगनीज़, निकिल और कोबल्ट अपने सल्फ़ाइडोंके रूपमें अवक्षेपित हो जाते हैं। ये सल्फ़ाइड हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घुलनशील होनेके कारण दूसरे समूहमें अवक्षेपके रूपमें नहीं मिलते।

जिंक सल्फाइड—सफ़ेद अवक्षेप।
मैंगनीज सल्फाइड—गुलाबी (ताज़े मांसके रंगका अवक्षेप)।
निकिल सल्फ़ाइड—काला अवक्षेप।
कोबल्ट सल्फ़ाइड—काला अवक्षेप।

$$MnCl_2 + H_2S + 2NH_4OH \rightarrow MnS + 2NH_4Cl + 2H_2O$$

(जिंक, निकिल और कोबल्टके लिए भी इसी प्रकारकी क्रियाएं होंगी।)

टिप्पणी.

यह क्लोराइड हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घुलनशील होनेके कारण द्वितीय समूहमें नहीं अवक्षेपित होते है।

समूह ५. [अमोनियम क्लोराइड और अमोनियम हाइड्रॉक्साइडकी उपस्थितमें अमोनियम कार्बोनेट]

अमोनियम क्लोराइड और अमोनियम हाइड्रॉक्साइडकी उपस्थितिमें अमोनियम कार्बोनेट लवणके घोलके साथ क्रिया करके बेरियम, स्ट्रॉन्शियम, कैल्सियमके कार्बोनेट बना देता है। ये कार्बोनेट सफ़ेद अवक्षेपके रूपमें प्रकट होते है।

$$BaCl_2 + (NH_4)_2CO_3 \rightarrow BaCO_3 \downarrow + 2NH_4Cl$$

(यह अवक्षेप क्षारीय घोलमें बनता है। इसी तरहकी क्रियाएं स्ट्रॉन्शियम और कैल्सियमके लवणोंके घोलके साथ भी होती है।)

यदि घोलमें अमोनियम क्लोराइड न होगा तो मैग्नीसियम (समूह ६) भी इसी समूहमें मैग्नीसियम कार्बोनेटके रूपमें अवक्षेपित हो जायगा। किन्तु अमोनियम क्लोराइड मैग्नीसियम कार्बोनेटसे क्रिया करके द्विगुण लवण (double salt) बना देता है जो घोलमें ही घुला रह जाता है।

$$MgCO_3 + 2NH_4Cl \rightarrow (NH_4)_2MgCl_2$$

अमोनियम हाइड्रॉक्साइडकी उपस्थितिसे यह स्पष्ट है कि घोल अम्लीय नही है। यदि घोल अम्लीय होता तो बेरियम स्ट्रॉन्शियम, और कैल्सियमके कार्बोनेट उसमें घुल जाते है और अवक्षेपके रूपमें नहीं रहते।

समूह ६. [डाइ-सोडियम हाइड्रोजन फ़ॉस्फेट]

पांचवें समूहसे मिले क्षारीय घोलमे डाइ-सोडियम हाइड्रोजन फ़ॉस्फ़ेट क्रिया करके मैग्नीसियम अमोनियम फॉस्फ़ेटका सफेद अवक्षेप बना देता है।

$$MgCl_2 + Na_2HPO_4 + NH_4OH \rightarrow Mg(NH_4)PO_4 + H_2O + 2NaCl$$

समूह १

(सफ़ेद अवक्षेप)

असली घोलमें तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल डालो। यदि सफ़ेद अवक्षेप बने तो निम्न धातुओंके क्लोराइड होंगे।	द्रवको निथार कर, अवक्षेपको ठण्डे पानीसे अच्छी तरह धो लो और अमोनियाकी अधिकतामें हिलाओ।	असली घोलके साथ निश्चयात्मक परीक्षण।
सिल्वर.	सफेद अवक्षेप घुल जाता है। फिर इस अमोनिएकल घोल में तनु नाइट्रिक अम्ल डालो, सफ़ेद अवक्षेप फिरसे आ जायगा।	१. असली घोलमें सोडियम हाइड्रॉक्साइडका घोल डालो। Ag_2O का गहरा भूरा अवक्षेप बनेगा जो अमोनियामें घुलनशील होगा। २. उदासीन घोलमें K_2CrO_4 का घोल डालो, क्रिमसन रंगका अवक्षेप बनेगा जो तनु नाइट्रिक अम्लमें घुल जायगा।
मर्क्यूरस मर्करी	अवक्षेप काला पड़ जाता है।	असली घोलमें सोडियम हाइड्रॉक्साइडका घोल डालो। मर्क्यूरिक ऑक्साइडका काला अवक्षेप बनेगा जो अमोनियामें नही घुलेगा।
लेड.	अवक्षेप पर कोई असर नही पड़ता।	१. असली घोलमें पोटैसियम क्रोमेटके घोलकी कुछ बूंदें डालो। लेड क्रोमेटका पीला अवक्षेप बनेगा। २. असली घोलमें, पोटैसियम आयोडाइड घोलकी कुछ बूंदें डालो। लेड आयोडाइडका पीला अवक्षेप बनेगा जो गर्म पानीमें घल जायगा।

टिप्पणी.

लेडके लिए, अवक्षेपको पानीके साथ उबालो, वह घुल जायगा और ठण्डा करने पर पांच मिनट बाद फिर दिखाई पड़ने लगेगा।

समूह १ (सफ़ेद अवक्षेप) के सम्बन्धित समीकरण

१. $AgCl + 2NH_4OH \rightarrow 2H_2O + Ag(NH_3)_2Cl$
(घुलनशील)

२. $Ag(NH_3)_2Cl + 2HNO_3 \rightarrow 2NH_4NO_3 + AgCl \downarrow$
(सफ़ेद अवक्षेप) (अघुलनशील)

३. $2AgNO_3 + 2NaOH \rightarrow 2NaNO_3 + H_2O + Ag_2O \downarrow$
(गहरा भूरा अवक्षेप)

४. $Ag_2O + 4NH_4OH \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH + 3H_2O$
(घुलनशील)

५. $2AgNO_3 + K_2CrO_4 \rightarrow 2KNO_3 + Ag_2CrO_4 \downarrow$ (सिल्वर क्रोमेट)
(क्रिमसन अवक्षेप)

६. $Ag_2CrO_4 + 2HNO_3 \rightarrow 2AgNO_3 + H_2CrO_4$

७. $Hg_2Cl_2 + 2NH_4OH \rightarrow NH_4Cl + Hg(NH_2)Cl + Hg + 2H_2O$
(सूक्ष्म वितरित, काला पारा)

८. $Hg_2(NO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow 2NaNO_3 + H_2O + Hg_2O \downarrow$
(काला अवक्षेप)

९. $Pb(NO_3)_2 + K_2CrO_4 \rightarrow 2KNO_3 + PbCrO_4 \downarrow$ (लेड क्रोमेट)
(पीला अवक्षेप)

१०. $Pb(NO_3)_2 + 2KI \rightarrow 2KNO_3 + PbI_2 \downarrow$
(लेड आयोडाइड) (चमकदार पीला अवक्षेप)

समूह २

(पीले और नारंगी अवक्षेप)

तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लके द्वारा अम्लीय बनाये गये लवणके घोलमें हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस प्रवाहित करो।	नारंगी, पीला, ब्राउन या काला अवक्षेप बनेगा। उसको ठण्डे पानीसे अच्छी तरह धो डालो और फिर नीचे दी गई विधिसे उनका अलग-अलग परीक्षण करो।	निश्चयात्मक-परीक्षण

एण्टिमनी.	नारंगी रंगके अवक्षेपको सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लके साथ उबालो। अवक्षेप घुल जायगा।	१. सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घुले हुए अवक्षेपके घोलमें ज़्यादा तादादमें पानी डालो। इससे सफ़ेद अवक्षेप या गदला (turbid) घोल बनेगा। २. सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घुले हुए अवक्षेपके घोलमें, हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस द्वारा संतृप्त किया हुआ पानी डालो। नारंगी रंगका अवक्षेप बनेगा।
कैडमियम.	थोड़े-से पीले अवक्षेपको तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लके साथ थोड़ा गर्म करो। वह घुल जायगा। फिर थोड़ा-सा अवक्षेप लेकर पीले अमोनियम सल्फ़ाइडके साथ हिलाओ, अवक्षेप नहीं घुलेगा।	समूहके असली घोलमें अमोनियम हाइड्रॉक्साइडका घोल डालो, कैडमियम हाइड्रॉक्साइडका सफ़ेद अवक्षेप बनेगा जो अमोनिया की अधिकतामें घुल जायगा।
आर्सेनिक.	थोड़े-से पीले अवक्षेपको सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लके साथ गर्म करो, अवक्षेप नहीं घुलेगा, परन्तु अमोनियम कार्बोनेट के घोलके साथ उबालनेसे घुल जायगा।	अमोनियम कार्बोनेटमें बने अवक्षेपके घोलमें तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल डालो, पीला अवक्षेप फिर बन जायगा।
स्टैनिक.	थोड़े-से पीले अवक्षेपको अमोनियम कार्बोनेटके घोलके साथ उबालो, वह नहीं घुलेगा। तब उसको सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लके साथ गर्म करो, अवक्षेप घुल जायगा।	सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें बने अवक्षेपके इस घोलमें थोड़ी-सी लोहेकी छीलन डालो। पांच मिनट बाद इसको छान लो, तब उसमें इतना (कुछ बूंदें) मर्क्युरिक क्लोराइडका घोल डालो कि स्टैनस क्लोराइडका घोल अधिकतामें बना रहे, सफ़ेद अवक्षेप बनेगा जो कुछ देर बाद भूरे रंगमें बदल जायगा।

टिप्पणी.

यदि पीला अवक्षेप तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें न घुले, तो आर्सेनिक और एण्टिमनी

दोनों मूलकोंकी सम्भावना हो सकती है। इसको सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें उबालकर (जैसा ऊपर सारणीमें बताया गया है) अलग करो।

समूह २ (पीला और नारंगी अवक्षेप) के सम्बन्धित समीकरण

१. $SbCl_3 + H_2O \rightarrow 2HCl + SbOCl$ एण्टीमनी ऑक्सीक्लोराइड (सफ़ेद अवक्षेप)

२. $2SbCl_3 + 3H_2S \rightarrow 6HCl + Sb_2S_3 \downarrow$ (नारंगी अवक्षेप)

३. $CdS + 2HCl \rightarrow CdCl_2 + H_2S$ (घुलनशील)

४. $CdCl_2 + 2NH_4OH \rightarrow Cd(OH)_2 \downarrow + 2NH_4Cl$ (सफेद अवक्षेप)

५. $Cd(OH)_2 + 4NH_4OH \rightarrow Cd(NH_3)_4(OH)_2 + 4H_2O$ (घुलनशील)

६. $AS_2S_3 + 3(NH_4)_2CO_3 \rightarrow 3CO_2 + (NH_4)_3AsS_3 + (NH_4)_3AsO_4$
अमोनियम थायो आर्सेनाइट (घुलनशील) अमोनियम आर्सेनाइट (घुलनशील)

७. $(NH_4)_3AsS_3 + (NH_4)_3AsO_3 + 6HCl \rightarrow 6NH_4Cl + As_2S_3 \downarrow + 3H_2O$

८. $SnS_2 + 4HCl \rightarrow SnCl_4 + 2H_2S$ (घुलनशील)

९. (अ) $SnCl_4 + 2H \xrightarrow{\text{Fe और HCl की क्रिया से}} SnCl_2 + 2HCl$ (स्टैनस क्लोराइड)

(ब) $SnCl_2 + 2HgCl_2 \rightarrow SnCl_4 + Hg_2Cl_2$ (सफ़ेद अवक्षेप)

१०. $SnCl_2 + Hg_2Cl_2 \rightarrow SnCl_4 + 2Hg \downarrow$ (भूरा अवक्षेप)

समूह २ (साधारण लवणके लिए)

(काला और ब्राउन अवक्षेप)

अवक्षेपको छानकर गर्म पानीसे अच्छी तरह धो लो।

स्टैनस टिन	ब्राउन अवक्षेपको पीले अमोनियम सल्फ़ाइडमें घोलो, घल जायगा।	समूहके असली घोलमें $HgCl_2$ के घोलकी कुछ बूँदें डालो। सफ़ेद अवक्षेप बनेगा जो बादमें भरा हो जायगा।

मर्क्यूरिक मर्करी	काले अवक्षेपको पहले पानीसे अच्छी तरह धो लो, फिर उसको पीले अमोनियम सल्फ़ाइडमें घो लो, नहीं घुलेगा। तब अवक्षेपको तनु नाइट्रिक अम्लके साथ उबालो, यह फिर भी नहीं घुलेगा।	काले अवक्षेपको अम्ल-राजमें घोलकर, पानी डालकर तनु बना लो। फिर उसमें स्टैनस क्लोराइड घोल डालो सफ़ेद अवक्षेप बनेगा जो स्टैनस क्लोराइड घोलकी अधिकतामें भूरा हो जायगा।
लेड.	काला अवक्षेप पीले अमोनियम सल्फ़ाइडमें नहीं घलेगा। उसे तनु नाइट्रिक अम्लके साथ गरम करो, वह घुल जायगा।	तनु नाइट्रिक अम्लमें बने हुए अवक्षेपके घोलमें पांच घ० से० संशोधित स्प्रिट तथा पांच घ० से० सल्फ़्यूरिक अम्ल डालकर गर्म करो। सफ़ेद अवक्षेप बनेगा।
कॉपर.	काला या ब्राउनिश अवक्षेप पीले अमोनियम सल्फ़ाइडमें नही घुलेगा। अवक्षेपको तनु नाइट्रिक अम्लके साथ गर्म करो, वह घुल जायगा।	तनु नाइट्रिक अम्लमें बने अवक्षेप के घोलमे अमोनियाका घोल डालो। घोलका रंग गहरा नीला हो जायगा।
बिस्मथ.	काला या ब्राउनिश अवक्षेप पीले अमोनियम सल्फ़ाइडमे नही घुलेगा। अवक्षेपको तनु नाइट्रिक अम्लके साथ गर्म करो, वह घुल जायगा।	यदि लेड अनुपस्थित हो तो— १. तनु नाइट्रिक अम्लमें बने अवक्षेपके घोलमें, अमोनियाका घोल डालो, सफ़ेद अवक्षेप आयगा। २. इस तरह मिले हुए अवक्षेप को, सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लकी कम से कम मात्रामे घोलो और उसमें अधिक मात्रामें पानी मिलाओ सफ़ेद अवक्षेप फिर आ जायगा।

टिप्पणी.

१. सुविधाके लिए, तनु नाइट्रिक अम्लमें बने अवक्षेपके घोलको दो भागोंमें बांट लो। पहले भागसे, सारणीके अनुसार लेडको पहचानो, जब लेड अनुपस्थित हो तो घोलके दूसरे भाग से, सारणीके अनुसार कॉपर और बिस्मथको पहचानो।

२. लेडकी उपस्थितिकी पुष्टिके लिए, प्रथम समूहमें दिये गये लेडके परीक्षण करो।

समूह २ (मिश्रणके लिए)

(काला और ब्राउन अवक्षेप)

समह परीक्षणमें मिले हुए अवक्षेपको छानकर पानीसे अच्छी तरह धो डालो। यदि अन्त

में उसका रंग काला या ब्राउन हो तो स्टैनस, मर्क्यूरिक, लेड, कॉपर या बिस्मथ होगा। अवक्षेप को पीले अमोनियम सल्फ़ाइडमें डालकर अच्छी तरह हिलाओ।

यदि अवक्षेप घुल जाय तो **स्टैनस** हो सकता है। इसके निश्चयात्मक परीक्षण के लिए असली घोलमें $HgCl_2$ घोलकी कुछ बूँदें डालो, सफ़ेद अवक्षेप बनेगा जो बाद में भरा हो जायगा।	यदि अवक्षेप नहीं घुलता तो मर्क्यूरिक, लेड, कॉपर, बिस्मथ उपस्थित हो सकते हैं। अब अवक्षेपको अच्छी तरह गर्म पानीसे धोकर तनु नाइट्रिक अम्लके साथ उबालो।			
	यदि अवक्षेप नहीं घुलता तो **मर्क्यूरिक** हो सकता है। इसको निश्चय करनेके लिए अवक्षेप को अम्लराज में घोलो और उसमें स्टैनस क्लोराइड का घोल अधिक मात्रा में मिलाओ। सफ़ेद अवक्षेप बनेगा जो बाद में भूरा हो जायगा।	यदि अवक्षेप घुल जाय तो लेड, कॉपर और बिस्मथ हो सकते हैं। घोलको दो भागोंमें बांट लो।		
		एक भागमें ५ घ० से० संशोधित स्प्रिट तथा ५ घ०से० तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल मिलाकर पांच मिनट तक उबालो सफ़ेद अवक्षेप बनेगा, **लेड** उपस्थित होगा।	यदि लेड अनुपस्थित है तो दूसरे भागमें अधिक मात्रामें अमोनियाका घोल मिलाओ।	
			यदि घोलका रंग गहरा नीला हो जाय तो **कॉपर** उपस्थित होगा।	यदि सफ़ेद अवक्षेप बने तो बिस्मथ उपस्थित होगा पुष्टिके लिए बिस्मथ हाइड्रॉक्साइडको हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घोल लो और एक पानीसे भरी परखनलीमें घोलकी एक बूँद डालो। सफ़ेद अवक्षेप आ जायगा।

समह २ (काला और ब्राउन अवक्षेप) के सम्बन्धित समीकरण

१. $SnS + (NH_4)_2S_2 \rightarrow (NH_4)_2SnS_3$
स्टैनस सल्फ़ाइड पीला अमोनियम सल्फ़ाइड अमोनियम थायो स्टैनेट (घुलनशील)

२. $SnCl_2 + 2HgCl_2 \rightarrow SnCl_4 + Hg_2Cl_2$ (सफ़ेद अवक्षेप)

३. $SnCl_2 + Hg_2Cl_2 \rightarrow SnCl_4 + 2Hg$ (भूरे रंगका अवक्षेप)

४. $PbS + 2HNO_3 \rightarrow Pb(NO_3)_2 + H_2S$

५. $Pb(NO_3)_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2HNO_3 + PbSO_4 \downarrow$ (सफ़ेद अवक्षेप)

६. $CuS + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2S$

७. $Cu(NO_3)_2 + 4NH_4OH \rightarrow (Cu4NH_3)(NO_3)_2 + 4H_2O$
क्युप्रा अमोनियम नाइट्रेटका नीला घोल

८. $Bi_2S_3 + 6HNO_3 \rightarrow 2Bi(NO_3)_3 + 3H_2S$

९. $Bi(NO_3)_3 + 3NH_4OH \rightarrow 3NH_4NO_3 + Bi(OH)_3 \downarrow$
(सफ़ेद अवक्षेप)

१०. $Bi(OH)_3 + 3HCl \rightarrow BiCl_3 + 3H_2O$

११. $BiCl_3 + H_2O \rightarrow BiOCl \downarrow + 2HCl$
सफ़ेद अवक्षेप

समूह ३

जब समूह २ का कोई मूलक न हो तो असली घोलमें सान्द्र नाइट्रिक अम्लकी कुछ बूंदें डालो। फिर उसको उबालकर उसमें अमोनियम क्लोराइड तथा हाइड्रॉक्साइडके घोल डालो (अधिकतामें)	बने हुए अवक्षेपके रंगोंको देखो। और उनको छानकर ठण्डे पानीसे धो डालो तब नीचे दिये गये ढंगसे परीक्षण करो।	निश्चयात्मक परीक्षण
अल्युमीनियम.	सफ़ेद जिलेटिनस अवक्षेप बनेगा।	अवक्षेपको सोडियम हाइड्रॉक्साइडके साथ उबालो, वह घुल जायगा। घोलमें २ग्राम ठोस अमोनियम क्लोराइड डालकर उबालो, फिरसे सफ़ेद अवक्षेप बन जायगा।
क्रोमियम.	हरा अवक्षेप बनेगा।	१. अवक्षेपको गर्म तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घोलो। फिर उसमें क्लोरीन या ब्रोमीन का पानी तथा सोडियम हाइड्रॉक्साइड (अधिकतामें) डाल कर उबालो। घोलका रंग पीला हो जायगा। २. ऊपर बने हुए पीले घोलमें एसिटिक अम्ल तथा कुछ बूंदें लेड एसिटेटकी डालो, पीला अवक्षेप बनेगा।

आयरन.	अवक्षेपका रंग ब्राउन होगा।	अवक्षेपको तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लकी थोड़ी-सी मात्रामें घोल लो फिर उसमें पोटैसियम फ़ेरोसायनाइडका थोड़ा-सा घोल डालो। गहरे नीले रगका अवक्षेप बनेगा या गहरे नीले रंगका घोल भी हो सकता है।

फ़ेरस और फ़ेरिक आयरनमें विभेदीकरण

असली घोलमें निम्न प्रतिकारकोंको डालो।	फ़ेरिक लवण पर क्रिया	फ़ेरस लवण पर क्रिया
१. पोटैसियम सल्फ़ोसायनाइड (KCNS)	घोलका रग रक्तकी भांति लाल हो जावेगा।	घोलके रगमें कोई परिवर्तन नहीं होगा।
२. पोटैसियम फ़ेरोसायनाइड $K_4[Fe(CN)_6]$	गहरे नीले रगका अवक्षेप बनेगा।	सफ़ेद रगका अवक्षेप बनेगा।
३. पोटैसियम फ़ेरीसायनाइड $K_3[Fe(CN)_6]$	घोलका रग ब्राउन हो जायगा।	गहरे नीले रंगका अवक्षेप बनेगा।

१. $Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow NaAlO_2 + 2H_2O$

२. $NaAlO_2 + NH_4Cl + H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + NaCl + NH_3$
(सफ़ेद अवक्षेप)

३. (अ) $CrCl_3 + 3NaOH \rightarrow 3NaCl + Cr(OH)_3$

(ब) $Br_2 + 2NaOH \rightarrow NaBr + H_2O + NaOBr$
सोडियम हाइपोब्रोमाइट

(स) $2Cr(OH)_3 + 3NaOBr + 4NaOH \rightarrow 2Na_2CrO_4 + 3NaBr + 5H_2O$
सोडियम क्रोमेट (पीला घोल)

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

५. (अ) $Fe(OH)_3 + 3HCl \rightarrow FeCl_3 + 3H_2O$

(ब) $4FeCl_3 + 3K_4Fe(CN)_6 \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 \downarrow + 12KCl$
फ़ेरिक-फ़ेरोसायनाइड
(गहरा नीला अवक्षेप)

६. $FeCl_3 + 3KCNS \rightarrow Fe(CNS)_3 + 3KCl$
फ़ेरिक सल्फ़ोसायनाइड (ख़ूनके रंग जैसा)

७. $FeCl_2 + K_4Fe(CN)_6 \rightarrow KCl + K_2Fe[Fe(CN)_6]$

८. $FeCl_3 + K_3Fe(CN)_6 \rightarrow Fe[Fe(CN)_6] + 3KCl$
फ़ेरिक फ़ेरीसायनाइड (ब्राउन रंग)

समूह ४

यदि समूह २ का कोई मूलक न हो तो उसी अमोनिएकल घोलमें हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस प्रवाहित करो।	अवक्षेपको पानीसे ख़ूब अच्छी तरह धो डालो और फिर नीचे बताई गई रीतिसे परीक्षा करो।	निश्चयात्मक परीक्षण.
ज़िंक.	सफ़ेद अवक्षेप आयेगा जो एसिटिक अम्लके साथ गर्म करने पर नहीं घुलेगा।	अवक्षेपको तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घोल लो। घोलको तब तक उबालो जब तक कि उसमें घुली हुई सारी की सारी हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस निकल न जाय। फिर उसमें सोडियम हाइड्रॉक्साइडका घोल बूंद-बूंद डालो, सफ़ेद अवक्षेप बनेगा परन्तु सोडियम हाइड्रॉक्साइडकी अधिकतामें वह घुल जायगा। इस घोलको एसिटिक अम्लसे अम्लीय बनाकर हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस प्रवाहित करो, सफ़ेद अवक्षेप बनेगा।
मैंगनीज़.	मासके रंग (या बफ़) रंगके अवक्षेप को एसिटिक अम्लके साथ गर्म करके घोल लो।	अवक्षेपको सान्द्र नाइट्रिक अम्ल तथा लेड परॉक्साइडके साथ पांच मिनट तक उबालो, फिर ठण्डा करके उसे तनु बना लो। कुछ देर बाद ऊपरके द्रव (supernatant liquid) का रंग देखो, गुलाबी होगा।
निकिल.	अवक्षेपका रंग काला होगा।	१. अवक्षेपको अम्लराजमें घोलकर, उसको इतना उबालो कि वह वाष्पित होकर बहुत थोड़ी मात्रामें (लगभग सूख जाय) रह जाय। फिर उसको ठण्डा करके उसमें अमोनियम हाइड्रॉक्साइड का घोल अधिकतामें डालो। हरे रंगका अवक्षेप बनेगा

		जो अमोनियाकी अधिक मात्रामें घुल कर, गहरे नीले रंगका घोल बना देगा। २. काले अवक्षेपसे बोरेक्सकी बीडका रंग ब्राउन हो जायगा।
कोबल्ट.	अवक्षेपका रंग काला होगा।	१. अवक्षेपके साथ वही सब क्रियाएं करो जो निकिलके लिए की गई थीं। इसमें नीला अवक्षेप बनेगा, जो अमोनियाकी अधिक मात्रामें घुलकर, रेडिश-ब्राउन (लाल) रंगका घोल बना देगा। २. काले अवक्षेपसे बोरेक्सकी बीडका रंग गहरा नीला हो जायगा।

टिप्पणी.

१. निकिल और कोबल्टकी अधिक पुष्टिके लिए नीचे दिया हुआ परीक्षण किया जा सकता है।

अवक्षेपको अम्लराजमें घोलकर उसको इतना उबालो कि वाष्पित होकर बहुत थोड़ी रह जाय (लगभग सूख जाय) और फिर अवशेषको पानीकी थोड़ी-सी मात्रामें घोल लो, उस घोल को दो भागोंमें बांट लो।

(क) घोलके पहले भागमें अमोनियम क्लोराइड, अमोनियम हाइड्रॉक्साइड तथा पोटैसियम फ़ेरीसायनाइड डालो। घोलका रंग गहरा लाल होगा। यह कोबल्टकी पुष्टि करता है।

(ख) घोलके दूसरे भागको, अमोनियाका घोल डालकर, क्षारीय बना लो ओर फिर उसमें थोड़ी-सी डाइमेथिइल ग्लाइऑक्ज़ाइम छोड़ो। गुलाबी रंगका अवक्षेप बनेगा। यह निकिलकी पुष्टि करता है।

२. काले अवक्षेपको सोडियम कार्बोनेटके घोलमें घोल लो। यदि कोई अवक्षेप बन जाय तो उसे एसिटिक अम्लमें घोलो। इस घोलमें पोटैसियम नाइट्रेटका सान्द्र घोल डालो। नीले अवक्षेपका बनना कोबल्टकी पुष्टि करता है।

पृष्ठ ४२ पर टिप्पणी देखो

१. $ZnS + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2S$

२. $ZnCl_2 + 2NaOH \rightarrow Zn(OH)_2 \downarrow + 2NaCl$
(सफ़ेद अवक्षेप)

३. $Zn(OH)_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + 2H_2O$
सोडियम ज़िंकेट (घुलनशील)

४. (अ) $Na_2ZnO_2 + 4CH_3COOH \rightarrow 2CH_3COONG + (CH_3COO)_2Zn + 2H_2O$

(ब) $(CH_3COO)_2Zn + H_2S \rightarrow ZnS \downarrow + 2CH_3COOH$
(सफ़ेद अवक्षेप)

५. $MnS + 2CH_3COOH \rightarrow (CH_3COO)_2Mn + H_2S$

(अ) $MnS+2HNO_3 \rightarrow Mn(NO_3)_3+H_2S$

(ब) $2Mn(NO_3)_2+5PbO_2+6HNO_3 \rightarrow 5Pb(NO_3)_2+2H_2O+2HMnO_4$

परमैंगनिक अम्ल (गुलाबी रंग)

७. (अ) $3NiS+6HCl+2HNO_3 \rightarrow 3NiCl_2+2NO+3S+4H_2O$

(ब) $NiCl_2+2NH_4OH \rightarrow Ni(OH)_2 \downarrow +2NH_4Cl$

८. $NiCl_2+2NH_4OH+2C_4H_2N_2O_2 \rightarrow (C_4H_7N_2O_2)_2Ni+2NH_4Cl+2H_2O$

९. $COCl_2+2NH_4OH+4NH_4CNS \rightarrow (NH_4)_2[CO(CNS)_4]$

अमोनियम कोबल्ट थायोसायनेट

समह ५

असली घोलमें अमोनियम क्लोराइड, अमोनियम हाइड्रॉक्साइड तथा अमोनियम कार्बोनेटके घोल डालो। यदि सफ़ेद अवक्षेप आवे तो निम्न धातुओंके कार्बोनेट होंगे।	बने हुए अवक्षेपको तनु एसिटिक अम्लमें घोलकर, घोलको तीन बराबर भागोंमें बांट लो।	निष्कर्ष
बेरियम.	एसिटिक अम्लमें बने घोलके पहले भागमें थोड़ा-सा पोटैसियम क्रोमेटका घोल डालो।	पीले रंगके अवक्षेपके बननेसे बेरियमकी सम्भावना हो सकती है।
स्ट्रॉन्शियम.	यदि बेरियमका मूलक न हो तो घोलके दूसरे भागमें लगभग २ घ० सें० अमोनियम सल्फ़ेटका घोल डालकर उसको उबालो। शीशेकी छड़की सहायतासे परखनलीकी बग़लकी दीवारको खुर्च दो, फिर कुछ देर (लगभग १५ मिनट) तक प्रतीक्षा करो।	सफ़ेद अवक्षेपके बननेसे स्ट्रॉन्शियमकी सम्भावना होती है।
कैल्सियम.	यदि स्ट्रॉन्शियम मूलक भी न हो तो घोलके तीसरे भागमें, अमोनियम ऑक्ज़ेलेटका घोल डालो।	सफ़ेद अवक्षेपके बननेसे कैल्सियमकी सम्भावना होती है।

निश्चयात्मक परीक्षण

ज्वाला परीक्षण

भस्मीय मूलक	ज्वालाका रग	
	केवल आंखसे देखने पर	नीले शीशेसे देखने पर
बेरियम	हरा	हरा
स्ट्रॉन्शियम	क्रिमसन	क्रिमसन
कैल्सियम	ईटकी तरह लाल	अवशोषित हो जाता है।

टिप्पणी.

परीक्षण करते समय, बी०एस०सी० (B.S.C.) (B–बेरियम, S–स्ट्रॉन्शियम, C–कैल्सियम) क्रमका विशेष ध्यान रखो।

१. $XCO_3 + 2CH_3COOH \rightarrow (CH_3(COO)_2X + CO_2 + H_2O (X = Ba, Sr, Ca)$
२. $(CH_3COO)_2Ba + K_2CrO_4 \rightarrow 2CH_3COOK + BaCrO_4$ (पीला अवक्षेप)
३. $(CH_3COO)_2Sr + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow 2CH_3COONH_4 + SrSO_4$ (सफ़ेद अवक्षेप)
४. $(CH_3COO)_2Ca + (NH_4)_2C_2O_4 \rightarrow 2CH_3COONH_4 + CaC_2O_4$ (सफ़ेद अवक्षेप)

समूह ६

यदि इस समूहमें सफेद अवक्षेप बने तो मैग्नीसियमकी सम्भावना है।

असली घोलमे थोड़ा तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल मिलाकर उसे तनु बना लो और इसमें दो बूंद मैगनेसन (पैरा नाइट्रो-बेन्जीन-एजोरिसार्सिनॉल) तथा ४ घ० सें० सोडियम हाइड्रॉक्साइडका घोल छोड़ो। यदि नीला अवक्षेप या नीला रंग आ जाय तो मैग्नीसियम अवश्य उपस्थित होगा।

सोडियम

लवणके उदासीन घोलमें पोटैसियम पायरोएण्टिमोनेटका घोलकर हिलाओ और पांच मिनट तक उसी प्रकार रखा रहने दो। एक सफेद केलासीय अवक्षेप बनेगा। यह सोडियमका निश्चयात्मक परीक्षण है।

$$2NaCl + K_2H_2Sb_2O_7 + 6H_2O \rightarrow Na_2H_2Sb_2O_7.6H_2O + 2KCl$$

पोटैसियम हाइड्रोजन पायरोएण्टिमोनेट — सोडियम हाइड्रोजन पायरोएण्टिमोनेट

पोटैसियम

असली घोलमें थोड़ा-सा एसिटिक अम्ल डालकर उसको अम्लीय बना लो। तब उसमें थोड़ा-सा सोडियम कोबल्टी नाइट्राइटका घोल डालो। पीले रंगका केलासीय अवक्षेप बनेगा। इससे पोटैसियमकी पुष्टि होती है।

$$3KCl + Na_2CO(NO_2)6 \rightarrow 2NaCl + K_3CO(NO_2)6$$

सोडियम कोबल्टीनाइट्राइट — पोटैसियम कोबल्टीनाइट्राइट (चमकदार, पीला केलासीय अवक्षेप)

४

अम्लीय मूलक

भस्मीय मूलकोंकी तरह अम्लीय मूलकोंकी परीक्षा करनेके लिए कोई निश्चित योजना नहीं है। वे किसी भी तरह श्रेणीबद्ध समूहोंमें नहीं बांटे जा सकते।

किसी लवण और अम्लकी प्रतिक्रियासे कुछ वाष्पशील पदार्थ बनते हैं, प्रायः उन्हींके कुछ खास गुणोंकी सहायतासे, हम उनमें उपस्थित अम्लीय मूलकोंको पहचानते हैं। यह वाष्पशील पदार्थ अनेक प्रकारकी गैसें या वाष्प होती हैं जो लवणों पर (१) तनु अम्लों (२) सान्द्र अम्लोंकी प्रतिक्रियासे बनती है। अम्लीय मूलकोंको पहचाननेकी अन्य विधियां कुछ अम्लोंके ऑक्सीकारक और अवकारक गुणों पर निर्भर होती है। जब किसी लवणके घोलमें कोई प्रतिकारक डाला जाता है तो कुछ विशेष पदार्थोंका अवक्षेपण हो जाता है, यह अवक्षेपण भी अम्लीय मूलकोंकी परीक्षामें अपना महत्त्वपूर्ण स्थान रखता है।

यद्यपि अम्लीय मूलकोंकी पहचान किसी क्रमबद्ध योजनासे नहीं की जा सकती, फिर भी एक ऐसी योजना अवश्य बनाई जा सकती है जिससे उनका पता लगानेमें आसानी हो। लवण में तनु सल्फ़्यूरिक या हाइड्रोक्लोरिक अम्ल डालो यदि प्रतिक्रिया नहीं होती तो फिरसे ताजा लवण लेकर उसमें सान्द्र सल्फ़्यूरिक या हाइड्रोक्लोरिक अम्ल डालो।

तनु सल्फ़्यूरिक अम्लसे परीक्षण

एक सूखी परखनलीमें थोड़ा-सा सूखा लवण रखकर उसमें लगभग २ घ० सें० तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल डालो अगर ज़रूरत हो तो थोड़ा गर्म कर लो। झागका निकलना (बुदबुदन) बताता है कि—	परखनलीमें निकली हुई गैसका रंग तथा गन्ध ध्यानपूर्वक देखो।	**निश्चयात्मक परीक्षण**
नाइट्राइट	ब्राउन गैस निकलती है जिसकी गन्ध तीव्र (pungent) होती है।	एक परखनलीमें लवणका पानीमें घोल बनाकर उसमें थोड़ा-सा तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल तथा फ़ेरससल्फ़ेटका तुरन्त तैयार किया हुआ सान्द्र घोल एक या दो बूंद धीरे-धीरे डालो। इससे परखनलीकी पेंदीमें एक ब्राउन वलय (छला-सा) दिखाई देगा।

सल्फ़ाइड	रंगहीन गैस निकलती है जिसमें सड़े अण्डोंकी (H_2S जैसी) गन्ध आती है।	परखनलीके मुंह पर लेड एसिटेटके घोलमें भीगा हुआ कागज़ रखो, निकलनेवाली गैस के कारण वह काला पड़ जायगा।
सल्फ़ाइट	रंगहीन गैस निकती है, जिसमें जलते हुए गन्धक की (SO_2 जैसी) गन्ध होती है।	परखनलीके मुंह पर पोटैसियम डाइक्रोमेटके घोलमें भीगा हुआ कागज़ रखो, निकलने वाली गैसके कारण उसका रँग हरा हो जायगा।
कार्बोनेट	रंगहीन गैस निकलती है जिसमें कोई गन्ध नहीं होती है।	एक दूसरी परखनलीमें चूनेका पानी लेकर, उसमें इसकी गैस प्रवाहित करो, चूनेका पानी दूधिया हो जायगा परन्तु यदि गैस देर तक प्रवाहित की जायगी तो पानीका दूधियापन खत्म हो जायगा।

टिप्पणी.

१. नाइट्रेट भी वलय परीक्षण देता है परन्तु उसमें सान्द्र सल्फ़्यूरिक अम्लकी आवश्यकता होती है।

२. अम्लीय लवणके घोलमें जिसमें सल्फ़ाइट मूलक मौजूद हो, यदि बेरियम क्लोराइडका घोल डालें तो बेरियम सल्फ़ाइटका सफ़ेद अवक्षेप प्राप्त होगा।

$$Na_2SO_3 + BaCl_2 \rightarrow 2NaCl + BaSO_3$$

यह सफ़ेद अवक्षेप तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घुल जाता है।

३. कार्बोनेटका परीक्षण करते समय, चूनेके पानीमें गैस बहुत देर तक न प्रवाहित करो।

(१) $2NaNO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2NaHSO_4 + H_2O + NO + NO_2$
(ब्राउन)

$2NO + O_2$ (हवासे) $\rightarrow 2NO_2$
(ब्राउन वाष्प)

$FeSO_4 + NO \rightarrow FeSO_4.NO$
(ब्राउन वलय)

(२) $Na_2S + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2S$

$(CH_3COO)_2Pb + H_2S \rightarrow 2CH_3COOH + PbS$
(काला)

(३) $Na_2SO_3+2H_2SO_4=2NaHSO_4+H_2O+SO_2$

$K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+4H_2O+3O$

(हरा)

$3SO_2+3O+3H_2O=3H_2SO_4$, या

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

(हरा)

(४) $Na_2CO_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O+CO_2$

$CO_2+Ca(OH)_2=CaCO_3+H_2O$

अघुलनशील, दूधियापन आ जाता है।

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

घुलनशील, दूधियापन समाप्त हो जाता है।

सान्द्र सल्फ़्यूरिक अम्ल से परीक्षण

एक सूखी परखनलीमें थोड़ा-सा लवण लेकर उसमें लगभग २ घ० से० सान्द्र सल्फ़्यरिक अम्ल डालो और उसको धीरे-धीरे होशियारीसे गर्म करो।	परखनलीसे निकली हुई गैसकी गन्ध तथा रंगको ध्यानपूर्वक देखो।	**निश्चयात्मक परीक्षण**
क्लोरेट.	पीले रंगकी गैस निकलनेके साथ विस्फोटकी आवाज़ आती है।	निश्चयात्मक परीक्षणकी कोई आवश्यकता नहीं है।
क्लोराइड.	तीव्र गन्धके सफ़ेद धूम निकलते हैं।	१. लवणको एक चुटकी मैंगनीज़ डाइ-ऑक्साइड और सान्द्र सल्फ़्यूरिक अम्लके साथ गर्म करो। पीली-हरी गैस (क्लोरीन) निकलती है। २. तनु नाइट्रिक अम्लमें बने हुए लवणके घोलमें सिल्वर नाइट्रेटका घोल डालो। सफ़ेद अवक्षेप बनेगा जो अमोनियामें घल जायगा। नाइट्रिक अम्ल दोबारा डालनेसे सफ़ेद अवक्षेप फिर आ जाता है।

ब्रोमाइड.	ब्राउन रंगके तीव्र गन्धवाले धूम बनेंग।	१. तनु नाइट्रिक अम्लमें बने हुए लवणके घोलमें, सिल्वर नाइट्रेटका घोल डालो। पीला सफ़ेद अवक्षेप बनेगा जो सान्द्र अमोनियामें मुश्किलसे घुलता है। तनु नाइट्रिक अम्ल डालनेसे अवक्षेप दोबारा बन जाता है। २. पानी या तनु नाइट्रिक अम्लमें बने लवणके घोलमें एक बूंद कार्बनडाइसल्फ़ाइड घोल तथा क्लोरीन-जल डालकर अच्छी तरह हिलाओ। परखनलं को रख देनेके बाद उसकी पेंदीमें एक ब्राउन रंगकी गोलिका (ग्लोब्यूल) दिखाई देगी।
आयोडाइड.	बैंगनी रंगकी तीव्र गन्धवाली वाष्प तेज़ी से निकलेगी।	१. तनु नाइट्रिक अम्लमें बने हुए लवणके घोलमें सिल्वर नाइट्रेटका घोल डालो। हल्के पीले रगका अवक्षेप आयेगा जो अमोनियामे नही घुलता। २. पानी या तनु नाइट्रिक अम्लमें बने लवणके घोलमें एक बूंद कार्बन डाइसल्फ़ाइड तथा क्लोरीन-जल डालकर अच्छी तरह हिलाओ। परखनलीकी पेंदीमे एक बैंगनी रगकी गोलिका (ग्लोब्यूल) दिखाई देगी।
नाइट्रेट.	तीव्र गन्धवाले ब्राउन रंगके धूम निकलते हैं।	१. लवणको सान्द्र सल्फ़्यूरिक अम्लके साथ खूब गर्म करके उसमे थोड़ी-सी कॉपरकी छीलन डालो। गहरे ब्राउन रंगके धूम अधिक मात्रामें निकलेंगे। २. लवणके जलीय घोलमें ताज़ा बना हुआ फ़ेरस सल्फ़ेटका घोल मिलाओ और सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल परखनलीकी दीवारसे छूते हुए धीरे-धीरे डालो। दोनों द्रवोंके मिलनेकी सतह पर एक गहरे ब्राउन रंगका वलय बन जायगा।
एसिटेट.	सिरके (vinegar) की गन्ध आती है।	१. लवणको अल्कोहल और सान्द्र सल्फ़्यूरिक अम्लके साथ खूब गर्म करो। एथिल एसिटेटकी फलोंके समान गन्ध आयेगी। २. लवणके उदासीन घोल* में बूंद-बूंद करके फ़ेरिक क्लोराइडका घोल डालो। घोलका रंग गहरा लाल हो जायगा।

* पृष्ठ ३६ फ़ुटनोट देखिये।

आक्ज़लेट.	रंगहीन गैस निकलती है। अगर परखनलीके मुंह पर इसको जलाया जाय तो जलने लगेगी।	१. निकलनेवाली गैसको चूनेके पानीमें प्रवाहित करो, पानीका रंग दूधिया हो जायगा। २. लवणका तनु हाइड्राक्लोरिक अम्लमें घोलकर थोड़ी-सी अमोनिया डालकर क्षारीय बना लो। फिर उसे दो मिनट उबालकर ठण्डा करो। इसके बाद उसमें कैल्सियम क्लोराइडका घोल डालो। सफ़ेद अवक्षेप बनेगा जो एसिटिक अम्लमें नहीं घुलता। उसको तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घालो और उसमें पोटैसियम परमैंगनेटका घोल एक बूंद डालो। पोटैसियम परमैंगनेट घोल का रंग उड़ जायगा।

(1) $3KClO_3 + 2H_2SO_4 = KClO_4 + 2KHSO_4 + H_2O + 2ClO_2 \uparrow$
पोटैसियम क्लोरेट
क्लोरीन डाइऑक्साइडके विस्फोटनसे तड़तड़ाहटकी आवाज़ होती है।

(2) $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$

(3) $NaI + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HI,$
$2HI + H_2SO_4 = 2H_2O + SO_2 + I_2$
(बैंगनी धूम)

(4) $NaBr + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HBr,$
$2HBr + H_2SO_4 = 2H_2O + SO_2 + Br_2$
(ब्राउन धूम)

(5) $CH_3COONa + H_2SO_4 = NaHSO_4 + CH_3COOH$
सोडियम एसिटेट (सिरकेकी गन्ध)

(6) $2NaI + MnO_2 + 2H_2SO_4 = Na_2SO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2$
(बैंगनी)

$2NaBr + MnO_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Br_2$
(ब्राउन)

(7) $2NaCl + MnO_2 + 2H_2SO_4 = Na_2SO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Cl_2$
(पीलापन लिये हुए हरी)

(8) $NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$
$4HNO_3 + Cu = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$
(ब्राउन धूम)

विविध परीक्षण

सल्फ़ेट*

१. लवणको तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घोलकर उसमें बेरियम क्लोराइडका घोल डालो। सफ़ेद अवक्षेप बनेगा जो तनु नाइट्रिक अथवा हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें नहीं घुलता। इससे सल्फ़ेट मूलककी पुष्टि होती है।

२. ताज़े लवणको लेकर गलन मिश्रण (fusion mixture) के सास चारकोलके ब्लॉक पर गर्म करो। बचे हुए पदार्थको एक भीगे हुए चांदीके सिक्के पर रगड़ो उस पर एक काला दाग़ पड़ जाता है। यह सल्फ़टके अवकरणसे बने हुए सिल्वर सल्फ़ाइडके कारण होता है। परन्तु याद रहे कि यह परीक्षण उसी समय काममें लाया जाय जब लवणमें सल्फ़ाइड मूलक मौजूद न हो।

फ़ॉस्फ़ेट.

तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें बने हुए लवणके घोलमें एक बूंद सान्द्र नाइट्रिक अम्ल डाल कर पूरेको उबालो या लवणको सान्द्र नाइट्रिक अम्लमें उबालकर घोल बना लो फिर इसी घोल के आयतनके बराबर अमोनियम मॉलिबिडेटका घोल डालो। पीला रंग या अवक्षेप आयेगा। इससे फॉस्फ़ेट आयनकी पुष्टि होती है।

विविध परीक्षणोंमें आई हुई प्रतिक्रियाएं

1. $Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow 2NaCl + BaSO_4$
(सफ़ेद अवक्षेप)

2. केनारी पीला अवक्षेप, अमोनियम फॉस्फ़ोमॉलिबिडेट $(NH_4)_3 PO_4.12MoO_3$
$H_3PO_4 + 21HNO_3 + 12(NH_4)_2MoO_4 \rightarrow 12H_2O + 21NH_4NO_3 +$
$(NH_4)_3PO_4.12MoO_3$
(अमोनिया फ़ॉस्फ़ोमॉलिबिडेट)

3. $5\,(COOH)_2 + 3H_2SO_4 + 2KMnO_4 \rightarrow$
$2MnSO_4 + K_2SO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$
$(NH_4)_2C_2O_4 + CaCl_2 \rightarrow 2NH_4Cl + CaC_2O_4$
(सफ़ेद अवक्षेप)

---

* जलीय घोलको उदासीन बनानेके लिए उसको किसी भी खनिज-अम्ल (जैसे तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल) से अम्लीय बना लो और उसमें बूंद-बूंद अमोनियम हाइड्रॉक्साइडका घोल तब तक डालो जब तक कि उसमें हिलानेसे अमोनियाकी महक न आने लगे। इसके बाद पूरे घोलको उबालो जिससे अमोनियाकी अधिक मात्रा वाष्पित हो जाय। इस घोलका दोनों रंगोंके लिटमस कागज़ पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

4. $NaNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HNO_3$

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

$FeSO_4 + NO \rightarrow (Fe.NO)SO_4.$

(ब्राउन वलय)

5. $FeCl_3 + 3CH_3COONa \rightarrow (CH_3COO)Fe + 3NaCl.$

$NaCl + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgCl$

(सफ़ेद अवक्षेप)

$AgCl + 2NH_3 = [Ag(NH_3)_2]Cl$

(घुलनशील)

$NaBr + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgBr$

(पेल-येलो अवक्षेप)

$AgBr + 2NH_3 \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Br$

(घुलनशील)

$NaI + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgI$

(पेल अवक्षेप)

५

मिश्रणका विश्लेषण

प्रायोगिक कार्यके शुरूमें जो मिश्रण दिये जाते हैं उनमें केवल दो अम्लीय और दो भस्मीय मलक होते हैं। दोनों भस्मीय मूलक एक ही समूहके नही हो सकते।

भस्मीय मूलकोंके लिए मिश्रणका परीक्षण

१. साधारण लवणोंके लिए किये गये सूखे परीक्षणोंको करो। इन्हींके साथ अमोनियमकी उपस्थितिकी भी परीक्षा कर लो।

२. जिस तरह साधारण लवणका घोल बनाया गया है उसी तरह इसका भी घोल बना लो।

३. समह विश्लेषणसे शुरू करो। जब किसी समूहका अवक्षेप आ जाय तो उसे छानकर अलग रख लो। इसी अवक्षेपसे आगेके परीक्षण होंगे।

यदि आवश्यक हो तो छनितमें पानी मिलाकर उसे तनु बना लो। और उसमें थोड़ा-सा समूह प्रतिकारक डालो। यदि कोई अवक्षेप न बने तो वह समूह पूरी तरह दूर किया जा चुका है। और तभी उसमें अगले समूहका समूह-प्रतिकारक डालो। इसी तरह तब तक आगेके समूहोंमें बढ़ते जाइये जब तक किसी समूहमे अवक्षेप न मिले।

इस तरह दो विभिन्न समूहोमें पाये गये अवक्षेपों का परीक्षण पहले दी गई सारणियोंके अनुसार कर लो।

टिप्पणी.

१. यदि पहले समूहके किसी भस्मीय मूलककी उपस्थितिके कारण असली घोल नाइट्रिक अम्लमें बनाया गया हो तो (पहले समूहको अवक्षेपित करनेके बाद) द्वितीय समूहके मूलकोंका अवक्षेपण करनेके लिए, घोलमें हाइड्रोजन सल्फ़ाइड प्रवाहित करनेके पहले घोलको चीनीकी प्यालीमें काफ़ी देर तक खूब गर्म करो, यहां तक कि वह सूख जाय। ऐसा करनेसे नाइट्रिक अम्ल उड़ जाता है। अब इसमें थोड़ा-सा तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल मिलाकर हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस प्रवाहित करो। अगर पहलेसे ही नाइट्रिक अम्ल नहीं दूर किया गया है तो हाइड्रोजन सल्फ़ाइड प्रवाहित करनेसे सल्फ़र अवक्षेपित हो जायगा।

२. यदि लवणमें अमोनियम मूलक न हो और केवल एक ही समूहमें अवक्षेप मिलता हो तो दूसरा भस्मीय मूलक सोडियम या पोटैसियम होगा। इनका परीक्षण नीचे लिखी विधिसे करो:

छठे समूहमें सोडियम हाइड्रोजन फ़ॉस्फ़ेटका घोल छोड़नेके बाद उसे इतना गर्म करो कि वह सूख जाय। बचे हुए पदार्थको तब तक प्रज्ज्वलित करो जब तक उसमें से सफ़ेद धूम निकलते रहें। ऐसा करनेसे बहुत-से अमोनियम लवण अलग हो जाते हैं। अगर इसके बाद भी कुछ अवशेष हो तो सोडियम या पोटैसियमके मूलक अवश्य होंगे। इस अवशेषसे ज्वाला परीक्षण करो। तब इसे पानीके कम-से-कम आयतनमें घोलकर दो भागोमें बांट लो।

एक भागमें पोटैसियम एण्टिमोनेटके घोलकी ५–१० बूंदें डालो।	दूसरे भागमें सोडियम हाइड्रोजन टारट्रेटका घोल डालो।
यदि सफ़ेद अवक्षेप बने तो सोडियम अवश्य उपस्थित होगा।	यदि सफ़ेद अवक्षेप बने तो पोटैसियम अवश्य उपस्थित होगा।

अम्लीय मूलकोंके लिए मिश्रणका परीक्षण*

अम्लीय मूलकोंका परीक्षण ठीक उसी प्रकार करो जैसे साधारण लवणके मूलकोंके लिए करते हैं।

* भारतवर्षके बहुत-से बोर्ड और विश्वविद्यालयोंमें इण्टरमीडिएट या उसके समकक्ष कक्षाओंमें केवल उन्हीं मिश्रणोंका विश्लेषण पाठ्यक्रममें निर्धारित है जो पानी या तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घुल जाते हैं।

६

विघ्नकारक अम्लोंकी उपस्थिति
(Presence of Interfering Acids)

कुछ ऐसे भी अम्ल होते हैं जिनकी किसी लवण या मिश्रणमें उपस्थितिके कारण चौथे पांचवें समूहके तथा मैग्नीसियमके मूलक, तीसरे समूहमें ही अपने लवणोंके रूपमें अवक्षेपित हो, जाते हैं। इस तरहके अम्ल विघ्नकारक अम्लोंके नामसे सम्बोधित किये जाते हैं। इनकी उपस्थितिसे विश्लेषणमें बहुत कठिनाई होती है अतः इनको हटा देना बहुत आवश्यक हो जाता है।

साधारण लवणोंकी परीक्षा पहले सूखे परीक्षणके सहारे करो। यदि किसी भस्मीय मूलककी पुष्टि इस तरह हो जाय तो फिर अम्लीय मूलकोंकी जांच करो। और यदि एसा न हो तो भस्मीय मलकोंके गीले परीक्षण द्वारा पहले और दूसरे समूहोंके मूलकोंकी जांच करो। अगर इन दो समूहोंमें भी कोई मूलक न मिले तो विघ्नकारक अम्लको हटाओ।

मिश्रणके लिए सूखे परीक्षण तो उसी प्रकार कर लो, और दूसरे समूह तक गीले परीक्षण भी कर लो। यदि दो भस्मीय मूलक मिल जांय तो अम्लीय मूलककी जांच करो और अगर न मिलें तो विघ्नकारक अम्लको हटाकर आगे बढ़ो।

यहां पर दो विघ्नकारक अम्लों ऑक्ज़ेलेट और फ़ॉस्फेटके बारेमें बताया जायगा।

ऑक्ज़ेलेट हटानेकी विधि

१. अगर पहले या दूसरे समूहका कोई मूलक न हो तो असली घोलको ही चीनीकी प्यालीमें रखो, या

२. और यदि ऊपर बताये गये किसी समूहका कोई मूलक हो तो उस समूहके छनितको चीनीकी प्यालीमें रखो।

३. प्यालीमें लगभग ५ घ० सें० सान्द्र नाइट्रिक अम्ल डालकर धूम-कक्षमें उसे वाष्पित करो परन्तु यह ध्यान रहे कि वाष्पित होकर सूख न जाय।

४. वाष्पनका कार्य एक बार फिरसे करो।

५. अब अवशेषको तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लकी कमसे कम मात्रामें घोल लो।

६. इस तरह ऑक्ज़ेलेट हट गया। अगर घोल गन्दा हो तो उसे छानकर, तीसरे समूह और उसके आगेके मूलकोंका विश्लेषण करो।

ऑक्ज़ेलेट हटानेका रासायनिक सिद्धान्त

किसी ऑक्ज़ेलेटको नाइट्रिक अम्लके साथ गर्म करनेसे ऑक्ज़ेलिक अम्ल और नाइट्रेट बन जाते हैं। ऑक्ज़ेलिक अम्लको नाइट्रिक अम्लकी अधिकतामें वाष्पित करनेसे, वह पानी और कार्बन डाइऑक्साइडमें आक्सीकृत हो जाता है।

$$Na_2C_2O_4 + 2HNO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + H_2C_2O_4$$
$$H_2C_2O_4 + 2HNO_3 \rightarrow 2H_2O + 2NO_2 + 2CO_2$$

फ़ॉस्फ़ेट हटानेका रासायनिक सिद्धान्त

सोडियम कार्बोनेट डालनेसे बने हुए अवक्षेपमें—

(अ) अल्युमीनियम, क्रोमियम या आयरनके हाइड्रॉक्साइड हो सकते हैं।

(ब) चौथे, पांचवें समूह या मैग्नीसियमके किसी भस्मके फ़ॉस्फ़ेट हो सकते हैं।

३. एसिटिक अम्ल और सोडियम या अमोनियम एसिटेट डालनेसे चौथे, पांचवें समूह तथा मैग्नीसियमके फ़ॉस्फ़ेट तो घुल जाते हैं परन्तु तीसरे समूहके हाइड्रॉसाइड नहीं घुलते। इसलिए ये छान लिये जाते हैं और इनसे अल्युमीनियम, क्रोमियम और आयरनकी जांच कर लेते हैं।

४. दिये हुए फ़ॉस्फेट और फ़ेरिक क्लोराइडकी प्रतिक्रियाओंसे बने हाइड्रोक्लोरिक अम्लको हटानेके लिए सोडियम या अमोनियम एसिटेट डालते हैं। यह अच्छी तरह देख लीजिये कि हाइड्रोक्लोरिक अम्ल भली प्रकार दूर हो गया है। अगर ऐसा न हुआ होगा तो वह फ़ेरिक फ़ॉस्फ़ेटको फिरसे घोल लेगा।

$$HCl + CH_3COONa \rightarrow CH_3COOH + NaCl.$$

५. फ़ेरिक क्लोराइड घोलके डालनेसे फ़ॉस्फ़ेट मूलक अघुलनशील फ़ेरिक फ़ॉस्फ़ेटके रूपमें अवक्षेपित हो जाता है, जिसको छानकर अलग किया जा सकता है।

$$FeCl_3 + Na_2HPO_4 \rightarrow 2NaCl + HCl + \underset{\text{(अघुलनशील)}}{FePO_4}$$

अमोनियम या सोडियम एसिटेट पर, फ़ेरिक क्लोराइडकी क्रियासे, बनी हुई चाय जैसा रंग आ जाता है। इससे पता चलता है कि फॉस्फेट पूरी तरहसे हट चुका है और अमोनियम या सोडियम एसिटेटसे अब फ़ेरिक क्लोराइड बिना किसी रोकटोकके क्रिया कर सकता है।

$$FeCl_3 + 3CH_3COONa \rightarrow 3NaCl + \underset{\text{(बनी हुई चायका रंग)}}{(CH_3COO)_3Fe.}$$

६. फ़ेरिक क्लोराइड छोड़नेके बाद घोलको उबालनेसे घुलनशील फ़ेरिक एसिटेट अघुलनशील भस्मीय एसिटेटमे बदल जाता है।

विधि.

१. सोडियम कार्बोनेट और फ़ेरिक क्लोराइडके ताज़े तथा सान्द्र घोल बनाओ। प्रायः ये दोनों प्रयोगशालामें आपको मिल जाते हैं।

२. यदि लवणमें पहले और दूसरे समूहके मूलक न हों तो असली घोलको ही बड़ी-सी परखनली (बीकर ज़्यादा अच्छा रहेगा) में रख लो।

३. अगर पहले और दूसरे समूहके मूलक हों तो यह अच्छी तरह निश्चित कर लो कि उस समूहमें पूरी तरहसे अवक्षेपण हो गया है। फिर इसके छनितको एक बीकरमें लेकर उसमें की हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस उबाल कर निकाल दो।

४. घोलमें सोडियम कार्बोनेटके घोलकी एक-एक बूंद धीरे-धीरे डालो और हर बार घोलको अच्छी तरह हिला लो। बार-बार थोड़ा-सा अवक्षेप बनेगा और हिलाने पर वह घुल जायगा।

५. सोडियम कार्बोनेट घोलका डालना तब तक जारी रखो, जब तक अवक्षेपका घुलना बन्द न हो जाय।

६. अब इसे अम्लीय बनानेके लिए इसमें तनु एसिटिक अम्ल डालो और लिटमस काग़ज़से उसकी जांच कर लो।

७. अमोनियम या सोडियम एसिटेटका थोड़ा-सा घोल उसमें डालो।

८. अगर इसमें कोई अवक्षेप बच जाय तो उससे तीसरे समूहके मूलकोंकी जांच करो।

९. छनितमें या घोलमें (यदि उसमें कोई अवक्षेप नहीं है) एक-एक बूद फ़ेरिक क्लोराइड घोल डालो और हर बार उसे हिलाते जाओ, जब घोलका रग बनी हुई चायके रंगका हो जाय तो फ़ेरिक क्लोराइड घोलका छोड़ना बन्द कर दो।

१०. इसे अच्छी तरह उबालकर छान लो। अगर छनित रगीन हो तो इसे इतना उबालो कि वह रगहीन हो जाय। फिर उसको छान लो।

११. छनितमें अमोनियम क्लोराइड और अमोनियम हाइड्रॉक्साइडका घोल डालो। अगर कोई अवक्षेप बने तो उसे फिर छान लो।

१२. अवक्षेपको फेंक कर छनितसे चौथे और आगेके समूहोंके मूलकोंकी जांच करो। यदि तीसरे समूहमें अवक्षेप न बने तो अमोनियम क्लोराइड और अमोनियम हाइड्रॉक्साइड मिले हुए घोलसे आगे आनेवाले समूहोंका परीक्षण करो।

टिप्पणी

१. छनितमें(९) फ़ेरिक क्लोराइड घोल जहां तक हो सके कम मात्रामें डालो।

२. यदि छनितका रंग पहले ही से ब्राउन हो तो फ़ेरिक क्लोराइडका घोल मत डालो।

३. घोलमें उपस्थित अवक्षेपके नीचे बैठ जाने पर उसके ऊपरका निथरा हुआ द्रव सुपरनेटेन्ट द्रव कहलाता है।

७

गुणात्मक विश्लेषणका सिद्धान्त

लवण विद्युत्-विच्छेद्य (electrolytes) होते हैं। इसका अर्थ है कि वे जलीय घोलमें आयनोंमें विघटित हो जाते है।

$$AgNO_3 \rightleftharpoons Ag^+ + NO_3^-$$
$$ZnSO_4 \rightleftharpoons Zn^{++} + SO_4^{--}$$
$$BaCl_2 \rightleftharpoons Ba^{++} + 2Cl^{--}$$

इसलिए ज्यादातर परीक्षण आयनोंकी क्रियाओं पर निर्भर रहते हैं। इस क्रियामें आयन दूसरे आयनोसे मिलकर न घुलनेवाले अलग-अलग रंगके पदार्थ बनाते हैं। इस न घलनेवाले पदार्थको अवक्षेप कहते हैं।

$$\underbrace{Ag^+NO_3 + Na^-Cl^-}_{\text{(घुलनशील)}} = \underbrace{Na^+NO_3^-}_{\text{(घोलमें रह जाता है।)}} + \underbrace{Ag^+Cl^-}_{\text{(अघुलनशील, अवक्षेपके रूप में अलग हो जाता है।)}}$$

इन क्रियाओंकी मददसे, केवल दिये हुए मलकोंकी जांच ही नहीं होती बल्कि रसायन-शास्त्रके बहुत-से सिद्धान्तोंको भी समझा जा सकता है। इसलिए इसकी अच्छी जानकारी होना आवश्यक है।

विद्युत् विघटनका सिद्धान्त

जिन पदार्थोंके जलीय घोलमें या जिनकी पिघली हुई अवस्थामें विद्युत्धारा प्रवाहित होने लगती है जिससे वे विघटित हो जाते हैं, उन्हें विद्युत्-विच्छेद्य कहते हैं। इन पदार्थोंमें अम्ल, भस्म और लवण शामिल हैं।

अर्हीनियसका सिद्धान्त (Arrhenius Theory).

जब किसी विद्युत्-विच्छेद्यको पानीमें घोलते हैं तो इसके अणु, परमाणु या परमाणओंके समहोंमें विघटित हो जाते हैं। ये परमाणु आवेशित होते हैं और इन्हें **आयन** कहते हैं। जिन आयनों पर धनात्मक आवेश रहता है उन्हें धनायन (cations) और जिनपर ऋणात्मक आवेश रहता है उन्हें ऋणायन (anions) कहते हैं। किसी परमाणु या मूलककी संयोजकता ऋणायन पर उपस्थित आवेशोंकी संख्याके बराबर होती है। धनायनों पर धनात्मक आवेशोंकी संख्या ऋणायनों पर ऋणात्मक आवेशोंकी संख्याके बराबर होती है। आयनीकरणकी क्रिया उत्क्रमणीय (reversible) होती है। किसी खास सान्द्रताके लिए अविघटित (undissociated) अणुओं और आयनोंमें साम्यावस्था होती है।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$
$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$
$$AgNO_3 \rightleftharpoons Ag^+ + NO_3^-$$
$$ZnSO_4 \rightleftharpoons Zn^{++} + SO_4^{--}$$
$$SrBr_2 \rightleftharpoons Sr^{++} + 2Br^-$$

विघटनकी मात्रा 'd' आयनोंमें विघटित विद्युत्-विच्छेद्यके कुछ अंशोंको प्रदर्शित करती है। यह तीन बातों पर निर्भर करती है:

१. विद्युत्-विच्छेद्यकी प्रकृति
२. तनुता
३. ताप

यदि कोई विद्युत्-विच्छेद्य साधारण घोलोंमें बहुत अधिक मात्रामें विघटित हो जाय तो उसे "**तीव्र विद्युत्-विच्छेद्य**" कहते हैं। जब इनके घोल तनु बनाये जाते हैं तो विघटनकी मात्रा बढ़ती है और बहुत ही तनु घोलोंमे विघटनकी क्रिया पूरी हो जाती है। सौम्य विद्युत्-विच्छेद्य घोलमें बहुत कम विघटित होते हैं। और बहुत अधिक तनु बनाने पर भी विघटन अधिक नहीं बढ़ता है। ताप बढ़ानेसे विघटनकी मात्रा बढ़ जाती है।

आयनोंकी प्रतिक्रिया.

गुणात्मक विश्लेषणमें अधिकतर जितने गीले परीक्षण हैं वे सबके सब आयनोंकी प्रतिक्रियाए हैं। इस तरह किसी क्लोराइडके घोलमें सिल्वर नाइट्रेट घोल छोड़नेसे सिल्वर क्लोराइडका अवक्षेप बन जाता है। इसका कारण यह है कि लवण घोलमें क्लोराइड आयन अलग करते हैं और सिल्वर नाइट्रेट, सिल्वर तथा नाइट्रेट आयनोंमें अलग हो जाते हैं। क्लोराइड आयन, सिल्वर आयनसे मिलकर सिल्वर क्लोराइडका सफ़ेद अवक्षेप बना देता है।

$$Na^+ + Cl^- + Ag^+ + NO_3^- = AgCl + Na^+ + NO_3^-$$
$$NH_4^+ + Cl^- + Ag^+ + NO_3^- = AgCl + NH_4^+ + NO_3^-$$
$$Ba^{++} + 2Cl^- + 2Ag^- + 2NO_3^- = 2AgCl + Ba^{++} + 2NO_3^-$$

लवणमें क्लोराइड आयन किसी भी आयनसे सम्बन्धित रह सकता है। और सिल्वर नाइट्रेटकी जगह सिल्वर सल्फेट या और कोई लवण भी ले सकता है, क्योंकि घोलमें घलने पर पहला लवण क्लोराइड आयन और दूसरा लवण सिल्वर आयन देगा। वे आपसमें मिलकर सिल्वर क्लोराइड बना देंगे।

$$2Ag^- + SO_4^{--} + Zn^{++} + 2Cl^- \rightarrow 2AgCl + Zn^{++} + SO_4^{--}$$

किन्तु यदि पोटैसियम क्लोरेटके घोलमें सिल्वर नाइट्रेटका घोल डाला जाय तो सिल्वर क्लोराइडका अवक्षेप नहीं बनेगा क्योंकि पोटैसियम क्लोरेटके घोलमें पोटैसियम और क्लोरेट आयन होते हैं।

इसी तरहसे पोटैसियम फ़ेरोसायनाइडके घोलमें अमोनियम हाइड्रॉक्साइड छोड़नेसे फ़ेरिक हाइड्रॉक्साइडका घोल नहीं बनता, क्योंकि पोटैसियम फ़ेरोसायनाइडके घोलमें पोटैसियम और फ़ेरोसायनाइड आयन उपस्थित होते हैं न कि फ़ेरिक आयन।

अवक्षेपण—घुलनशीलता गुणकका सिद्धान्त (Precipitation—The Principles of Solubility Products).

कम घुलनेवाले विद्युत्-विच्छेद्य (sparingly soluble electrolytes) (सिल्वर क्लोराइड, बेरियम सल्फ़ेट, लेड क्रोमेट, कैल्सियम ऑक्जेलेट आदि) के लिए स्थिर ताप पर किसी लवणके संतृप्त घोलमें उपस्थित आयनोंकी सान्द्रताका गुणनफल स्थिर (constant) होता है। इस गुणनफलको घोलका **घुलनशीलता गुणक** कहते है। इसे (S) से प्रदर्शित करते हैं। उदाहरणके लिए नीचे दी हुई प्रतिक्रियाको देखो :

$$AB = A^+ + B^-$$

A^+ की सान्द्रता $\times$ B की सान्द्रता $=$ S (घुलनशीलता गुणक) जो स्थिर ताप पर एक स्थिरांक है।

सान्द्रताको नापनेकी इकाई ग्राम-आयन प्रति लिटर है। जो पदार्थ गुणात्मक विश्लेषणमें अवक्षेपित हो जाते हैं उनका घुलनशीलता गुणक बहुत कम होता है। जैसे,

AgCl	में कमरेके	ताप	पर	$1{\cdot}1 \times 10^{-10}$	ग्राम आयन	प्रति	लिटर होते हैं।
$BaSO_4$	"	"	"	$1{\cdot}2 \times 10^{-10}$	"	"	"
NiS	"	"	"	$1{\cdot}4 \times 10^{-24}$	"	"	"
$SrCO_3$	"	"	"	$4{\cdot}6 \times 10^{-9}$	"	"	"

अब देखना है कि क्या होता है जब सोडियम क्लोराइडके घोलमें सिल्वर नाइट्रेटका घोल डाला जाता है? ये दोनों ही तीव्र विद्युत्-विच्छेद्य होनेके कारण, घोलमें अधिक संख्यामें आयन पैदा कर देते हैं

$$Ag^+ + NO_3^- ; Na^+ + Cl^-$$

किन्तु सिल्वर क्लोराइडका घुलनशीलता गुणक केवल $1{\cdot}1 \times 10^{-10}$ है। इसका अर्थ है कि किसी घोलमें सिल्वर और क्लोराइडके आयनोंकी सान्द्रताका गणनफल $1{\cdot}1 \times 10^{-10}$ से अधिक नही हो सकता।

इसलिए घोलके लगभग सभी सिल्वर और क्लोराइडके आयन, सिल्वर क्लोराइडके अवक्षेपके रूपमें अलग हो जाते हैं। इसी तरह सिल्वर क्लोराइड अवक्षेपित हो जाता है। हम दूसरे लवणोंके अवक्षपणको भी घलनशीलता गुणकके सिद्धान्तकी सहायतासे स्पष्ट रूपसे बता सकते हैं।

८

कार्बनिक पदार्थोंका विश्लेषण

किसी कार्बनिक पदार्थमें हम केवल नीचे लिखे तत्त्वोंका पता लगायेंगे :
नाइट्रोजन, सल्फ़र, क्लोरीन, ब्रोमीन और आयोडीन।

अब तक हमने जिन रीतियोंसे मूलकोंका पता लगाया है उनमें और इन तत्त्वोंके पता लगानेके ढंगोंमें काफ़ी फ़र्क़ है। कार्बनिक पदार्थोंकी रचना बड़ी जटिल होती है। इसलिए वे साधारण लवणकी तरह व्यवहार नहीं करते और न ही इनमे दो आयनशील मूलक ही होते हैं। इसलिए यह विश्लेषण मूलकोंका विश्लेषण नहीं है। पहले हमें दिये हुए कार्बनिक पदार्थको किसी शक्तिशाली भस्मीय धातु जैसे, सोडियम या पोटैसियमके साथ प्रज्ज्वलित करना पड़ता है। जिससे वह एक ऐसा लवण बन जाय जिसमें ऊपर लिखे तत्त्वोंमे से कोई तत्त्व अम्लीय मूलकके रूपमें आ जाय। मान लो कि कार्बनिक पदार्थमें क्लोरीन तत्त्व है। इसे सोडियमके साथ प्रज्ज्वलित करनेसे सोडियम क्लोराइड मिलेगा। यह सोडियम क्लोराइड एक लवण है; इसमें दो मूलक—एक अम्लीय और दूसरा भस्मीय उपस्थित होगे।

प्रज्ज्वलन (Ignition).

सोडियम धातुका एक छोटा-सा टुकड़ा (लगभग मटरके बराबर) काट लो। फिर उसको एक छन्नक पत्रमें रखकर दबा दो जिससे उसमें लगा हुआ तेल सूख जाय। फिर उसको एक सूखी तथा साफ़ प्रज्ज्वलन नलिकामें रखो। अब पदार्थ महीन बनाकर थोड़ा-सा उसमें डालो और फिर नलिकाको धीरे-धीरे, रुक-रुककर गर्म करो (जब तक प्रतिक्रिया होती रहे) नहीं तो नलिका टूट जायगी। फिर उसको इतना गर्म करो कि उसका गर्म सिरा बिल्कुल लाल हो जाय। गर्म करना कुछ देर और चालू रखो। अब एक चीनीकी प्यालोंमें रखे हुए १० घ० से० आसुत पानीमें नलीको डालो, वह टूट जायगी। कभी-कभी नलमें सोडियम बच रहता है, यह आसुत जलमें तेज़ीसे नाचने लगता है। चीनीकी प्यालीमें रखी चीज़ोंको उबालो और छान लो। इस तरह मिले हुए छनितसे तत्त्वोंका परीक्षण करो। इस छनितको **सोडियम निष्कर्ष** कहते हैं। प्रयोगके लिए हर बार बहुत थोड़ा निष्कर्ष लो।

हैलोजन तत्त्वोंका परीक्षण

सोडियम निष्कर्षमें तनु नाइट्रिक अम्ल मिलाकर तब तक गर्म करके वाष्पित करो जब तक वह सूख न जाय। इस कामको एक बार फिर दुहराओ। इस घोलमें थोड़ा-सा तनु नाइट्रिक अम्ल और डालो। फिर इस साफ़ घोलमें कुछ बूंदें सिल्वर नाइट्रेटके घोलकी डालो। यदि कोई अवक्षेप बन जाय तो कोई न कोई हैलोजन अवश्य उपस्थित होगा।

२ घ० से० सोडियमका असली निष्कर्ष लेकर उसमें कार्बन डाइसल्फ़ाइड या क्लोरोफ़ॉर्मकी कुछ बूंदें तथा २ घ० से० ताज़ा क्लोरीनका पानी डालकर अच्छी तरह हिलाओ। रंगीन जलीय द्रवको निथारकर, कार्बन डाइसल्फ़ाइड या क्लोरोफ़ॉर्मको एक बार आसुत पानी से वॉश (wash) कर लो और इसका रंग देखो।

यदि गोलिकाका रंग ब्राउन हो तो ब्रोमीन उपस्थित है।
यदि गोलिकाका रंग बैंगनी हो तो आयोडीन उपस्थित है।
यदि गोलिका रंगहीन हो तो ब्रोमीन और आयोडीन उपस्थित नहीं हैं। इसलिए सिल्वर के अवक्षेपमें क्लोरीनका पता चलता है।
तत्त्वोंकी पहचानके लिए आगे दी हुई सारणीके अनुसार आगे बढ़ो।

सल्फ़र, नाइट्रोजन तथा हैलोजनोंके परीक्षण

प्रयोग	निरीक्षण	निष्कर्ष
सल्फ़र और नाइट्रोजनका परीक्षण.		
१. सोडियम निष्कर्षके अलग-अलग भागोंमें निम्नलिखित डालो :		
(क) सोडियम नाइट्रोप्रुसाइड घोलके दो बूद।	घोलका रंग बैंगनी हो जायगा।	**सल्फ़र** उपस्थित है।
(ख) निष्कर्षको एसिटिक अम्लसे अम्लीय बनाकर उसमें लेड एसिटेट डालो।	काला अवक्षेप बनेगा।	**सल्फ़र** उपस्थित है।
२.		
(क) निष्कर्षमें कुछ बूंदें सोडियम हाइड्रॉक्साइडकी तथा आयरन सल्फ़ेटके कुछ रवे डाल कर उबालो और उसे तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें घोल लो। फिर इसमें फ़ेरिक क्लोराइड घोल की एक बूंद डालो।	नीला या हरा अवक्षेप या रंग आयेगा। (प्रशियन नीला)	**नाइट्रोजन** उपस्थित है।
(ख) सूखे सोडियम कार्बोनेट, पोटैसियम कार्बोनेट तथा मैग्नीसियमके चूर्णका एक मिश्रण बनाओ। एक परखनलीमें ०·५ ग्राम यह मिश्रण और ०·२ ग्राम कार्बनिक पदार्थ मिलाकर उसे तब तक गर्म करो जब तक तेज़ प्रतिक्रिया होना बन्द न हो जाय। अब परखनली को चीनीकी प्यालीमें तोड़ दो और उसे उबालकर छान लो। इस छनितके साथ **प्रयोगको दुहराओ जैसा ऊपर (१)**	नीला या हरा रंग या अवक्षेप आयेगा।	**नाइट्रोजन** उपस्थित है।

प्रयोग	निरीक्षण	निष्कर्ष
नाइट्रोजनकी अनुपस्थितिमें हैलोजन का परीक्षण.		
३. सोडियम निष्कर्षको तनु नाइट्रिक अम्लसे अम्लीय बनाकर उसमें सिल्वर नाइट्रेटका घोल डालो।	सफ़ेद या पीला अवक्षेप बनेगा।	**क्लोरीन, ब्रोमीन** या **आयोडीन** उपस्थित होगी।
ऊपरके अवक्षेपमें N/64 सान्द्रताकी अमोनिया डाल कर हिलाओ।	अवक्षेप घुल जाता है परन्तु तनु नाइट्रिक अम्ल डालने पर फिर बन जाता है।	**क्लोरीन** निश्चित है।
अगर वह न घुले तो अमोनिया घोल को निथारकर, फिरसे N/16 सान्द्रता का अमोनिया घोल डालो और हिलाओ।	१. अवक्षेप घुल जाता है परन्तु तनु नाइट्रिक अम्ल डालनेसे फिर बन जाता है।	**ब्रोमीन** निश्चित है।
नाइट्रोजनकी उपस्थितिमें हैलोजन की उपस्थिति.	२. अवक्षेप नहीं घुलता है।	**अयोडीन** निश्चित है।
सोडियम निष्कर्षको दो बार तनु नाइट्रिक अम्लके साथ वाष्पित करके उसमें सिल्वर नाइट्रेटका घोल डालो।	सफ़ेद या पेल अवक्षेप आता है।	क्लोरीन, ब्रोमीन, आयोडीनको ऊपर दी हुई रीतिसे पहिचान लो।

सम्बन्धित समीकरण

१. कार्बनिक पदार्थको सोडियमके साथ गलानेसे
(अ) नाइट्रोजन सोडियम सायनाइडमें बदल जाती है।

$$Na+C+N \rightarrow NaCN$$

जब सोडियम सायनाइडको एक क्षारीय घोलमें फ़ेरस सल्फ़ेटके साथ उबाला जाता है तो वह सोडियम फ़ेरोसायनाइडमें बदल जाता है।

$$2NaOH+FeSO_4 \rightarrow Na_2SO_4+Fe(OH)_2$$
$$Fe(OH)_2+6NaCN \rightarrow Na_4Fe(CN)_6+2NaOH$$

इस तरह बना सोडियम फ़ेरोसायनाइड फ़ेरिक क्लोराइडसे क्रिया करके प्रशियन नीला (Prussian Blue) रंग देता है।

$$3Na_4(CN)_6 + 4FeCl_3 \rightarrow 12NaCl + Fe_4[Fe(CN)_6]_3$$
(प्रशियन नीला रंग)

(ब) सल्फ़र, सोडियम सल्फ़ाइडमें बदल जाता है जो पानीमें घुलनशील होता है।

$$2Na + S \rightarrow Na_2S$$

यदि इसमें सोडियम नाइट्रोप्रुसाइडका घोल डाला जाय तो या तो घोलका रंग बैंगनी हो जायगा या बैंगनी रंगका अवक्षेप बनेगा। अगर इसमें लेड एसिटेटका घोल डालकर, उसको तनु एसिटिक अम्लसे अम्लीय बना लिया जाय तो लेड सल्फ़ाइडका काला अवक्षेप बनेगा।

$$Na_2S + (CH_3COO)_2Pb \rightarrow 2CH_3COONa + PbS$$
(काला अवक्षेप)

(स) क्लोरीन, ब्रोमीन या आयोडीन अपने-अपने सोडियम हैलाइडोंमें बदल जाती हैं।

$$2Na + X_2 \rightarrow 2NaX (X = \text{क्लोरीन, ब्रोमीन, आयोडीन})$$

२. जब सोडियम निष्कर्षमें तनु नाइट्रिक अम्लकी उपस्थितिमें, सिल्वर नाइट्रेटका घोल डाला जाता है तो—

(अ) सोडियम क्लोराइड, सिल्वर क्लोराइडका सफ़ेद अवक्षेप देता है जो तनु नाइट्रिक अम्लमें नहीं घुलता।

$$AgNO_3 + NaCl \rightarrow NaNO_3 + AgCl \text{ (सफ़ेद)}$$

अवक्षेपको N/64 सान्द्रताके अमोनिया घोलमें घोल लो और उसमें तनु नाइट्रिक अम्ल डालो, सफ़ेद अवक्षेप फिर बन जायगा।

$$AgCl + 2NH_4OH \rightarrow Ag(NH_3)_2Cl + 2H_2O$$

(ब) सोडियम ब्रोमाइड, सिल्वर ब्रोमाइडका कुछ पेल सफेद रंगका अवक्षेप देता है जो N/64 सान्द्रताकी अमोनियामें नहीं घुलता परन्तु N/16 सान्द्रताकी अमोनियामें घुल जाता है और तनु नाइट्रिक अम्ल डालनेसे फिर अवक्षेप बन जाता है।

$$NaBr + AgNO_3 \rightarrow AgBr + NaNO_3$$
(पेल सफ़ेद अवक्षेप)

(स) सोडियम आयोडाइड, सिल्वर आयोडाइडका पीला अवक्षेप देता है जो सान्द्र अमोनियामें भी नहीं घुलता।

$$NaI + AgNO_3 \rightarrow AgI + NaNO_3$$
(पीला)

अगर पदार्थमें नाइट्रोजन तत्त्व मौजूद हो तो सोडियमका सोडियम सायनाइडमें बदल जाना बहुत आवश्यक होता है क्योंकि यही सिल्वर नाइट्रेटके साथ क्रिया करके सिल्वर सायनाइडका अवक्षेप देता है।

$$AgNO_3 + NaCN \rightarrow NaNO_3 + AgCN$$
(सफ़ेद अवक्षेप)

इस सफ़ेद अवक्षेपको देखकर सिल्वर हैलाइडका धोका हो सकता है, इसलिए सिल्वर नाइट्रेटका घोल डालनेके पहले सोडियम निष्कर्षको दो बार लगभग सूखने तक तनु नाइट्रिक अम्लके साथ वाष्पित करो। इतना करनेसे सोडियम सायनाइड समाप्त हो जायगा।

$$NaCN + HNO_3 \rightarrow NaNO_3 + HCN$$
(गैस होनेके कारण यह उड़ जाता है।)

सोडियम ब्रोमाइडसे क्रिया करके क्लोरीन-जल, उससे ब्रोमीन निकाल देता है।

$$Cl_2 + 2NaBr \rightarrow 2NaCl + Br_2 \uparrow$$

यह ब्रोमीन कार्बन डाइसल्फाइड या क्लोरोफॉर्ममें घुलकर उसको अपना रंग दे देती है।

सोडियम आयोडाइडसे क्रिया करके क्लोरीनका पानी उसमेंसे आयोडीन निकाल देता है।

$$Cl_2 + 2NaI \rightarrow 2NaCl + I_2 \uparrow$$

यह भी कार्बन डाइसल्फ़ाइड या क्लोरोफॉर्ममें घुलकर उसको अपना रंग दे देती है।

६

गुणात्मक विश्लेषण पर प्रश्नोत्तरी
(Catechism on Qualitative Analysis)

प्रश्न १. किसी पदार्थके रंगसे क्या जाना जा सकता है?

उत्तर. पदार्थके रंगसे हम उसके बारेमें बहुत कुछ जान सकते हैं। कॉपर और निकिलके लवण नीले, नीले-हरे या हरे होते हैं। इसलिए अगर लवणका रंग नीला या नीला हरा हो और दूसरे समूहमें काला अवक्षेप बनता हो तो दिया हुआ लवण कॉपरका लवण होगा। यदि लवणका रंग नीला या नीला-हरा हो और चौथे समूहमें अवक्षेप बने तो लवणमें निकिल हो सकता है। कोबल्टके लवण गुलाबी होते हैं। मैंगनीज़ क्लोराइड हल्के गुलाबी रंगका होता है। क्रोमियमके लवण गहरे हरे होते हैं। आयरनके लवण बोतलकी तरह हरे रंगके होते हैं।

प्रश्न २. दिये हुए मूलकोंके कौन-कौन-से लवण अघुलनशील होते हैं और उनसे क्या सहायता मिलती है?

उत्तर. नीचे लिखे लवण नहीं घुलते:

बेरियम, स्ट्रॉन्शियम, और लेड के सल्फ़ेट तथा सिल्वरके हैलाइड। इसलिए अगर लवण या मिश्रणमें बेरियम, स्ट्रॉन्शियम और लेड हों और मिश्रण या लवण घुल जाता हो तो उसमें सल्फ़ेट मूलक नहीं हो सकता। इसी प्रकार इसका उल्टा भी सही है कि यदि लवण या मिश्रणमें सल्फ़ेट हो और वह घुल जाता हो तो उसमें बेरियम, स्ट्रॉन्शियम और लेड नहीं हो सकते। इसके अलावा अगर कोई हैलाइड मौजूद हो, और लवण या मिश्रण घुल जाय तो सिल्वर नहीं हो सकता, क्योंकि अगर यह उपस्थित होगा तो लवण हाइड्रोक्लोरिक अम्ल या नाइट्रिक अम्ल किसीमें भी नहीं घुलेगा।

प्रश्न ३. कैल्सियम फ़ॉस्फ़ेटके साथ ज्वाला परीक्षण कैसे करोगे और क्यों?

उत्तर. कैल्सियम फ़ॉस्फ़ेट हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें सीधे क्रिया करके कैल्सियम क्लोराइड नहीं बनाता। इसलिए सीधे कैल्सियम फॉस्फ़ेटसे ज्वाला परीक्षण नहीं करते। अतः अगर किसी लवणमें फ़ॉस्फ़ेट और कैल्सियम दोनों मूलक सम्भावित हों तो कैल्सियमके लिए ज्वाला-परीक्षण लवणसे न करके, पांचवें समूहमें मिले अवक्षेप से करते है।

प्रश्न ४. प्लैटिनमके तारका प्रयोग कब नहीं करना चाहिए?

उत्तर. जब लवण या मिश्रणमें लेड, आर्सेनिक या एण्टिमनीके उपस्थित होनेकी सम्भावना हो तो प्लैटिनमके तारका प्रयोग नही करते क्योंकि ये धातुएं प्लैटिनमके तारको खराब कर देती है।

प्रश्न ५. जब सान्द्र अम्ल और पानीको मिलाना हो तो कैसे मिलाओगे और क्यों?

उत्तर. पानीमें अम्ल हमेशा धीरे-धीरे मिलाओ। अगर बर्तन काफ़ी गर्म हो जाय तो उसे ठण्डा होने दो। अम्लमें पानी नहीं मिलाना चाहिए और खासकर तब जब बर्तन बहुत अधिक गर्म हो। ऐसा करनेसे छपाकेकी आवाजके साथ कुछ अम्ल बाहर छलक पड़ेगा जो

कपड़ों या शरीर पर पड़कर उनको जला सकता है। और ऐसा करने से बर्तन (जिसमें अम्ल है) बहुत ज़्यादा गर्मीके कारण टूट भी सकता है।

प्रश्न ६. जब हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस लवणके घोलमें प्रवाहित की जाती है तो किस पदार्थकी वजहसे सल्फ़र अवक्षेपित हो जाता है?

उत्तर. जब हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस प्रवाहित की जाती है तो ऑक्सीकारक पदार्थ जैसे नाइट्रिक अम्ल और क्लोरीन आदि सल्फ़रको अवक्षेपित कर देते हैं।

प्रश्न ७. आर्सेनिककी उपस्थितिमें आप फ़ॉस्फ़ेटको कैसे पहचानेंगे?

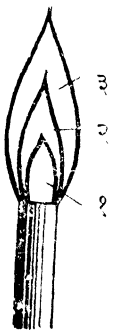
उत्तर. पहले आर्सेनिकको दूसरे समहमें पूरी तरहसे अवक्षेपित करके छान लेते हैं। फिर छनितसे फ़ॉस्फ़ेटका परीक्षण करते हैं।

प्रश्न ८. तीसरे समूहमें अमोनियम क्लोराइड तथा हाइड्रॉक्साइड डालनेसे पहले घोलको सान्द्र नाइट्रिक अम्लमें क्यों उबालते हैं?

उत्तर. तीसरे समूहके परीक्षण केवल फेरिक आयरनके लिए उपयुक्त हैं। फ़ेरस लवण तीसरे समूहमें पूरी तरह अवक्षेपित नहीं होते, इसलिए इनकी वजहसे चौथे और आगेके समूहोंके परीक्षणमें बड़ी दिक़्क़त हो सकती है। इसलिए फ़ेरस आयरनको फ़ेरिक आयरन में बदलनेके लिए ही घोलको सान्द्र नाइट्रिक अम्लके साथ उबालते हैं।

प्रश्न ९. बुन्सन ज्वालाका वर्णन करो। आप ऑक्सीकारक और अवकारक क्षेत्रोंसे क्या समझते हैं?

उत्तर. बुन्सन ज्वाला एक दीप्तिहीन ज्वाला है जिसमें तीन भाग होते हैं:



१. **बिना जली गैसोंका क्षेत्र (Zone of unburnt gases).**

२. **अवकारक क्षेत्र. (Zone of reduction).** वह क्षेत्र जिसमें पूरी तरहसे दहन नहीं होता। इस क्षेत्रमें हाइड्रोकार्बन अधिकतामें होते है। उनमें उपस्थित कार्बन, ज्वालामें रखे पदार्थसे ऑक्सीजन ले लेता है। इसीलिए यह क्षेत्र अवकारक क्षेत्र कहलाता है।

३. **ऑक्सीकारक क्षेत्र (Zone of oxidation).** वह क्षेत्र जिसमें पूरी तरह दहन सबसे बाहर होता है। इस क्षेत्रमें ऑक्सीजन काफी परिमाणमें रहती है। जो पदार्थ इस क्षेत्रमें गर्म किया जाता है वह ऑक्सीजन लेकर ऑक्सीकृत हो जाता है। इसीलिए इस क्षेत्रको ऑक्सीकारक क्षेत्र कहते है।

१०

परिमाणात्मक विश्लेषण
(Quantitative Analysis)

गुणात्मक विश्लेपणसे हम जान जाते हैं कि किसी यौगिक या यौगिक-मिश्रणमें कौन से मलक हैं पर किसी पदार्थके रचक उसमे कितनी मात्रामे हैं यह हमे परिमाणात्मक विश्लेषणसे मालूम होगा। इस विश्लेपणकी दो विधियां हैं:

१. **भारमितीय विधि (Gravimetric method).** तत्त्व या मूलकको जिसका परिमाण ज्ञात करना होता है, इस विधिमे, किसी ऐसे यौगिकमें बदल लेते हैं जिसकी रचना मालूम हो। इस यौगिकको तौल लेते है। इस तौलकी मददसे रचकका परिमाण निकाल लेते हैं।

२. **आयतनमितीय विधि (Volumetric method).** जिस घोलके निश्चित आयतनमें किसी प्रतिकारककी निश्चित मात्रा घुली होती है उसे प्रामाणिक घोल कहते हैं। आयतनमितीय विधि ऐसे ही घोलोंके उपयोग पर आधारित है। एक घोलमें दूसरे घोलको धीरे-धीरे मिलाते हैं जैसे किसी क्षारमें किसी अम्लको या किसी ऑक्सीकारक पदार्थमें अवकारक पदार्थको। इस कामको तब तक करते रहते है जब तक प्रतिक्रियाका छोर-बिन्दु (end point) न आ जाय। छोर-बिन्दु जाननेके लिए घोलमें सकेतक (indicator) छोड़ लेते है। जब प्रतिक्रियाका छोर-बिन्दु आ जाता है तो घोलका रंग बदल जाता है। उदाहरणके लिए यदि घोलमें लिटमस कागज़का टुकड़ा डालें और घोल क्षारीयसे अम्लीय हो रहा है तो वह नीलेसे लाल हो जायगा।

साराका सारा परिमाणात्मक काम बड़ी सफ़ाईसे करना चाहिए और तोलनेमें बड़ी सावधानी बरतनी चाहिए क्योंकि अधिकसे अधिक ± ०·५% त्रुटि ही क्षमा हो सकती है।

विश्लेषक तुला. (Analytical Balance). परिमाणात्मक विश्लेषणका ध्येय है कि बड़ी सावधानीके साथ अनुसन्धान किया जाय। इसलिए तौलका बिल्कुल सही होना बहुत आवश्यक है। इसी बातको ध्यानमें रखकर विश्लेपक तुला बनायी गयी है और इसलिए यह बहुत नाजुक तथा संवेदनशील (sensitive) यंत्र है। पारिमाणिक अनुसन्धान सफल होनेके लिए यह ज़रूरी है कि इस तुलासे ठीक-ठीक काम करना सीख लें जिससे सही परिणाम निकलें, तुला ठीक बनी रहे और कोई टूट-फूट न हो। असावधानीसे काम लेनेसे तुला खराब होती है और परिणाम ग़लत निकलते हैं। वैज्ञानिकके लिए किसी यंत्रको असावधानी से इस्तेमाल करना अशोभनीय है। भौतिक तुलाकी बनावट और उसके काम करनेका सिद्धान्त तो आपको पहलेसे ही मालूम होगा। विश्लेषक तुलाकी बनावट और काम करनेका ढंग भी वही है। फिर भी उन दोनोंमें कुछ भिन्नता है। विश्लेषक तुला बड़ी सावधानीसे बनायी जाती है और जिन आधारों परसे पलड़े लटकाये जाते है वे एगटके क्षुरधा (agate knife edge) के बने होते हैं। इससे बहुत कुछ घर्षण दूर हो जाता है। इस तुलाको अच्छी तरह जाननेके लिए अपने शिक्षकसे प्रार्थना करिए कि वह इसे समझा दें और सावधानियोंको अच्छी तरह बताकर उससे काम लेना सिखा दें। समय-समय पर देख लेनेके लिए सावधानियां नीचे दी गई हैं—

१. जब तुला पर काम कर रहे हों तो जल्दबाज़ी न करें तथा तुलाको झटकेसे काममें न लायें।

२. तुलाका तल पूरी तौरसे सदैव क्षैतिज होना चाहिए। यदि ऐसा न हो तो उसे अवश्य ठीक कर लीजिये।

३. तुला ऐसे स्थान पर रखी हो जहां उस पर हवा चलनेका या बदलते हुए तापका असर न पड़ सके। तुलाके चारों ओर स्थान सदैव बहुत साफ़ होना चाहिए।

४. लीवरको घुमाकर तुलाकी डंडीको ऊपर उठाइये और देख लीजिये कि तुला ठीकसे काम करनेके लायक है। यदि सूचक '0' बिन्दुके दोनों तरफ़ बराबर दूरी तक न जाय तो तुला को ठीक कर लीजिये।

५. पदार्थ (जिसकी तौल मालूम करनी हो) और बांटोंको पलड़े पर रखनेके लिए बग़ली दरवाज़ों (side doors) को धीरेसे खोलिए और बन्द करिए। सामनेका दरवाज़ा नहीं खोलना चाहिए।

६. जिस पदार्थकी तोल मालूम करनी हो उसे बायें पलड़े पर और बांटोंको दाहिने पलड़े पर धीरेसे रखिए।

७. रस द्रव्यों (chemicals) को कभी भी पलड़ों पर मत रखिए। उन्हें हमेशा तुलन शीशीमें रखकर पलड़े पर रखिए।

८. जब भी पलड़ों पर भार रखिए या उतारिए तो डंडी हमेशा नीचे गिरी होनी चाहिए। यहाँ तक कि बिना डंडी गिराये हुए राइडर तक न हटावें।

९. डंडीको हमेशा धीरे-धीरे उठाइये और धीरे-धीरे गिराइये।

१०. बांटोंको एक निश्चित क्रमसे पलड़ों पर रखिए या तो पहले भारी बांट रखे और धीरे-धीरे हलके बांट रखते जांय या फिर पहले हलके और धीरे-धीरे भारी बांट रखें। बिना सोचे-समझे बहुत हलके या बहुत भारी बांट रखनेसे बड़ी परेशानी हो जाती है और बड़ी देर भी लगती है।

११. बांटोंको हमेशा चिमटीसे पकड़िए और पलड़ेमें एक निश्चित क्रममें रखिए जिससे उन्हें जोड़नेमें आसानी हो। पलड़े पर से हटानेके बाद उन्हें बांटोंके बक्समें उनकी निश्चित जगहों पर रख दीजिये।

बांटोंका बक्स (Weight Box)

पहले बांटोंके बक्समें रखे बांटोंको जान लीजिये। अधिकतर बांटोंके बक्समें नीचे लिखे बांट होते हैं :

ग्रामके बांट.

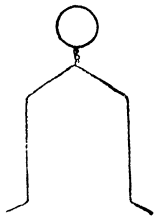
२०	ग्रामका	बांट		——	दो
१०	,,	,,	,,	——	एक
५	,,	,,	,,	——	एक
२	,,	,,	,,	——	दो
१	,,	,,	,,	——	एक

आंशिक बांट या मिलीग्रामके बांट

५००	मिलीग्रामका	बांट		——	एक
२००	,,	,,	,,	——	दो
१००	,,	,,	,,	——	एक
५०	,,	,,	,,	——	एक
२०	,,	,,	,,	——	दो
१०	,,	,,	,,	——	एक

राइडर (Rider).

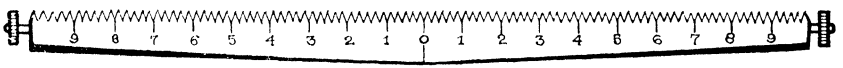
राइडर चित्रमें दिखाई गयी आकृतिका, सोने, प्लैटिनम या अल्युमीनियमका एक तार होता है। इसकी तोल १० मिलीग्राम होती है और यह डंडी पर रखा जाता है। इसकी सहायतासे १ और १० मिलीग्रामके बीचके भार मालूम होते हैं।



तौलनेकी विधि.

जिस पदार्थको तोलना हो उसे बायें पलड़े पर रखिए और दाहिने पलड़े पर अन्दाजसे उस पदार्थकी तोलसे थोड़ा अधिक भार रखिए। यह ध्यान रखिए कि ऐसा करते समय डंडी विश्रामावस्था (position of rest) में हो। डंडीको लीवरकी सहायतासे धीरे-धीरे उठाइये। अगर बांट हल्के हैं तो सूचक दाहिनी ओर जायगा और अगर बाट भारी है तो सूचक बाई ओर जायगा। डडीको विश्रामावस्थामें लाकर, भारी बांटको हटाकर उसके बादका छोटा बांट रखिए। इसी तरह धीरे-धीरे छोटे बांट रखकर ऊपर बताई गई क्रियाको बार-बार करिए। जब भी बांटोंका पलड़ा भारी हो जाय तो आखरी (सबसे छोटा) बांट हटाकर उसकी जगह उससे हल्का बांट रखिए। इसी क्रियाको तब तक करिए जब तक कि सबसे छोटे बांट (1 mg) पर न पहुँच जाय। उसके बाद इसी कामको आशिक बांट रखकर करिए। यहाँ तक कि आखरी बांट रखने पर भी बांटोंका पलड़ा कुछ भारी रहे। आखरी आशिक बांटको हटाकर डडी पर राइडर रखिए और उसे भिन्न-भिन्न स्थानों पर रखकर देख लीजिये कि डंडी उठाने पर क्षैतिजमें रहती है। यह ध्यान रखिए कि राइडरका प्रयोग करते समय तुलाके सब दरवाजे बन्द हों।

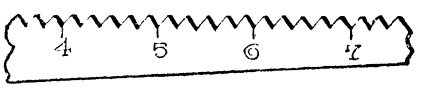
आप देखेंगे कि डंडी पर नीचे दिये चित्रकी तरह कई निशान होते हैं।



डंडीके दाहिनी ओर वह स्थिति मालूम करिए जिस पर राइडर रखनेसे सूचक दोनों ओर बराबर दूरी तक जाता है। जब राइडर इस बिन्दु पर रखा होता है तो पदार्थ बांटोंसे सन्तुलित होता है। राइडरकी स्थिति नीचे दी गई विधिसे पढ़ी जाती है:

यदि डंडीके बड़े भागों १, २, ३, ४.....१० जैसे किसी एक पर राइडर रखा हो तो दशमलवके बाद तीसरे स्थानकी रीडिंग मिलेगी। मान लीजिये कि राइडर चौथे बड़े भाग (जिस पर ४ की गिन्ती लिखी है) पर रखा है तो रीडिंग ०·००४ ग्राम होगी।

यदि राइडर ऊपर बताये गये दो बड़े भागोंके बीचमें रखा हो तो दशमलवके बाद चौथे स्थानकी रीडिंग मिलेगी। एक बड़े भागमें पांच छोटे भाग होते हैं और हर छोटे भागकी रीडिंग ०·०००२ ग्राम होती है।



मान लीजिये कि राइडर छठवें बड़े भागके बाद चौथे छोटे स्थान पर रखा है तो उसकी रीडिंग ०·००६४ ग्राम होगी।

अपनी कापीमें बांटोंको नीचे दिये ढंगसे लिखिए। पहले पलड़े पर रखे गये बांट (पहले ग्रामके बांट, तब १०० या १०० के ऊपरवाले मिलीग्रामके बांट और तब १०० से नीचेके मिलीग्रामके बांट) और बादमें राइडरकी रीडिंग जैसे:

१०+५+२+१ + २००+१०० + ५०+१०

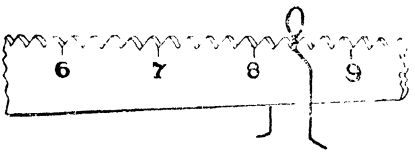
या

१८ + ·३ + ·०६=१८·३६ ग्राम

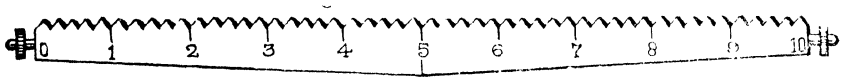
राइडर आठवें और नवें बड़े भागोके बीचमें दूसरे छोटे भाग पर रखा है। राइडरकी रीडिंग=·००८४ ग्राम

कुल भार =१८·३६+·००८४

=१८·३६८४ ग्राम



कुछ तुलाओंकी डंडियोंमें '०' का निशान बीचमें नहीं होता बल्कि बायें किनारे पर होता है। हर बड़े भागमें पांच छोटे भाग होते हैं।



इन तुलाओंके लिए जो राइडर प्रयोगमें लाया जाता है उसका भार केवल पांच मिली-ग्राम होता है। राइडरको '०' बिन्दु पर रखकर तुलाको सन्तुलित कर लेते हैं। उसके बाद राइडरको उसी तरह प्रयोगमें लाते हैं।

११

भारमितीय विश्लेषण
(Gravimetric Analysis)

१. एक ग्राम सोडियम बाइकार्बोनेटको गर्म करनेसे मिले सोडियम कार्बोनेटकी संहति (mass) मालूम करना।

क्रुसिबुलकी संहति. त्रिपाद-धानी (tripod stand) पर क्ले-पाइप त्रिभुज (clay-pipe trangle) रखिए। इसीके ऊपर क्रुसिबुल (crucible) और ढक्कन (lid) रख दीजिये। इन्हें दीप्तिहीन ज्वाला पर २०-२५ मिनट तक गर्म करिए यहां तक कि यह लाल हो जाय। अब ज्वालाको हटाकर उस क्ले-पाइप त्रिभुज पर ठण्डा करिए। जब प्यालीके ऊपर हाथ लाने से बहुत कम विकरित ऊष्माका अनभव करें तो उसे एक साफ़ चिमटी (pair of tongs) से पकड़ कर शोषित्र (डेसिकेटर) में रखिए। ५-१० मिनट बाद क्रुसिबुलको ढक्कनके साथ विश्लेषक तुला पर तौल लीजिए क्रुसिबुलको तब तक बार-बार गर्म और ठण्डा करिए जब तक उसकी संहति स्थिर न हो जाय (अर्थात् आखीरकी दो तौलें एक ही हों)। उनमें ज्यादासे-ज्यादा दशमलवके बाद चौथे स्थानमें २ का फ़र्क़ हो।) साधारणतया दूसरी और तीसरी तौलें एक ही होनी चाहिएं। इस स्थिर सहतिको लिख लीजिये।

पाठ्यांकों (observations) को नीचे दी हुई रीतिसे लिखिए:

पहली बार क्रुसिबुलकी संहति = y ग्राम
दूसरी ,, ,, ,, ,, = x ग्राम
तीसरी ,, ,, ,, ,, = x ग्राम

विधि (Procedure). एक क्रुसिबुलमें लगभग एक ग्राम सोडियम बाइकार्बोनेट लेकर उसे तौल लीजिये। पहले क्रुसिबुलको धीरे-धीरे गर्म करिए और जब उसमेंसे कार्बनडाइ-ऑक्साइड निकलना बन्द हो जाय तो उसे बहुत ज़ोरसे गर्म करिए। ढक्कनको थोड़ा-सा खुला रहने दीजिये जिससे कार्बनडाइऑक्साइड बाहर निकल सके। इसे तब तक गर्म करते रहिए जब तक यह पता न चल जाय कि उसकी संहतिमें और कमी न होगी। गर्म करनेसे कार्बन डाइऑक्साइड और नमी दूर हो जाती है।

$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 \uparrow + H_2O \uparrow$$

क्रुसिबुलको शोषित्रमें ठण्डा करिए और तौल लीजिये। इसे गर्म करिए और ऊपरकी तरह फिर तौल लीजिये। जब तक संहति स्थिर न हो जाय तब तक इसी कामको दुहराते जाइये। कुछ समय अभ्यास करनेसे अगर पहली और दूसरी रीडिंग, नहीं तो दूसरी और तीसरी रीडिंग एक ही होंगी। दशमलवके बाद चौथे स्थानमें यदि २ का अन्तर हो तो इसे नहीं के बराबर ही मान लीजिये। पाठ्यांकोंको नीचे दी गई रीतिसे लिख लीजिये:

क्रुसिबुल+सोडियम बाइकार्बोनेटकी संहति = a ग्राम
क्रुसिबुल की संहति = x ग्राम
पहली बार सोडियम कार्बोनेट+क्रुसिबुल की सहति = b ग्राम
दूसरी बार ,, ,, + ,, ,, ,, = c ग्राम
तीसरी बार ,, ,, + ,, ,, ,, = c ग्राम

गणना (Calculation).

इसलिए सोडियम बाइकार्बोनेटकी संहति $=a-x=M$ ग्राम (माना)
जलनेके बाद मिले सोडियम कार्बोनेटकी सहति $=c-x=m$ ग्राम (,,)
अब M ग्राम सोडियम बाइकार्बोनेटसे m ग्राम सोडियम कार्बोनेट बनता है

$\therefore$ १ ,, ,, $\frac{m}{M}$,, ,, ,,

परिणाम. १ ग्राम सोडियम बाइकार्बोनेटसे (m/M) ग्राम सोडियम कार्बोनेट बनेगा।

२. **फ़ेरस अमोनियम सल्फ़ेटको गर्म करने पर उसकी संहतिमें कमी मालूम करना.**
फेरस अमोनियम सल्फ़ेट गर्म करने पर विच्छेदित हो जाता है।

$$6[FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O] \rightarrow 3Fe_2O_3 + 9SO_2 \uparrow + 3SO_3 + 8NH_3 + 2N_2 \uparrow + 48H_2O.$$

विधि. पिछले प्रयोगकी तरह क्रुसिबुलकी स्थिर संहति मालूम कर लीजिये। फिर इसमें १ या २ ग्राम फेरस अमोनियम सल्फ़ेट भरकर तौल लीजिए। मान लीजिये यह तौल 'x' ग्राम है। पहले इसे धीरे-धीरे और बादमें तेज़ीसे गर्म करिए। अब इसे ठण्डा करके फिरसे तौल लीजिए। गर्म करना, ठण्डा करना और तौलना तब तक जारी रखिए जब तक क्रुसिबुल और इसमें रखे पदार्थकी संहति स्थिर न हो जाय।

'x' ग्राममेंसे इस संहतिको घटानेपर संहतिमें कमी मालूम होगी।

३. **मैग्नीसियमको हवामें जलाकर उसका तुल्यांकभार (equivalent weight) ज्ञात करना.**

मैग्नीसियमकी ज्ञात संहतिको क्रुसिबुलमें रखकर हवामें खूब अधिक ताप पर गर्म करते हैं। मैग्नीसियम रिबन जलने लगता है और वायुकी ऑक्सीजनसे क्रिया करके ऑक्साइड बनाता है।

$$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$

संहतिमें जितनी वृद्धि होती है उससे मैग्नीसियमकी वह संहति निकालते हैं जो ८ ग्राम ऑक्सीजनसे क्रिया करती है।

विधि. पहले क्रुसिबुलकी स्थिर संहति मालूम कर लीजिये तब मैग्नीसियमके रिबन (ribbon) को रेगमाल (sand paper) से साफ़ कर लीजिये। क्रुसिबुलमें इस रिबनका ०·२ या ०·३ ग्राम तोल लीजिये। क्रुसिबुलको क्ले-पाइप त्रिभुज पर रखकर ढक्कनसे ढक दीजिये। इसको छोटी दीप्तिहीन ज्वाला पर गर्म करिए और बीच-बीचमें ढकनेका एक सिरा उठा दीजिये जिससे बाहरसे कुछ हवा क्रुसिबुलमें आ सके। जब धातुका चमकना बन्द हो जाय तो ढक्कनको हटा दीजिये और क्रुसिबुलको पूरी ज्वाला पर दस मिनट तक गर्म करिए। क्रुसिबुल को २ मिनट तक बाहर ठण्डा होने दें और तब शोषित्रमें रख दीजिये। १० मिनट बाद इसे तौलिए। प्रज्ज्वलन (ignition), ठण्डा करना और तौलना तब तक जारी रखिए जब तक संहतिमें वृद्धि होती रहे।

मैग्नीसियमकी उस संहतिकी गणना करिए जिसकी ८ ग्राम ऑक्सीजनसे क्रिया हुई है। यह मैग्नीसियमका तुल्यांकभार होगा।

१२

आयतनमितीय विश्लेषण
(Volumetric Analysis)

आयतनमितीय विश्लेषणमें प्रयोग किये गये उपकरण

आयतनमितीय विश्लेषणमें जो बर्तन प्रयोगमें लाये जाते हैं उन्हें आयतनमितीय उपकरण कहते हैं।

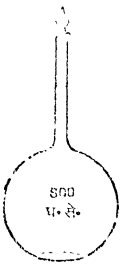
ये निम्नलिखित हैं :

१. **पिपेट (Pipette).** पिपेटको भरकर किसी द्रवके निश्चित आयतनको नाप सकते हैं। साधारणतया ५, १०, १५, २०, २५, ५०, और १०० घ० से० की नापके पिपेट मिलते हैं।

२. **ब्यूरेट (Burette).** यह बर्तनोंके भीतरी आयतन नापनेके काममें आता है। इसमें से द्रवके इच्छित आयतनको बाहर निकाल सकते हैं। साधारणतया यह ५० घ० से० का होता है। हर घन सेण्टीमीटर में १० बराबर भाग होते हैं।

(पिपेट)

(ब्यरेट)



(नपनाफ़्लस्क)

तुलन-शीशी

३. **नपना फ़्लास्क (Measuring flask).** इसमें किसी द्रवका निश्चित आयतन आ सकता है। साधारणतया २५० घ० से० भीतरी आयतनके नपना फ़्लास्क मिलते हैं।

४. **तुलन-शीशी (Weighing bottle).** इसमें रखकर दिये हुए पदार्थको तौलते हैं।

आयतनमितीय उपकरणको साफ़ करना और सुखाना

यह सब बर्तन सावधानीसे साफ़ किये जाने चाहिए और उनमें चिकनाई नहीं लगी होनी

चाहिए। यदि ऐसा नहीं होगा तो द्रवकी बूंदें बर्तनकी दीवार पर चिपक जायंगी और सही आयतन नहीं मालम हो सकेगा।

साबुनके गर्म घोल, फिर पानी और सबसे आख़ीरमें आसुत पानी (distilled water) से धोनेसे बर्तन काफ़ी साफ़ हो जाते हैं। अगर बर्तन अब भी चिकना हो तो मेथिलेटेड स्पिरिट या परिशोधित स्पिरिटमें कास्टिक सोडाके संतृप्त घोलसे धोइये और बादमें आसुत पानीसे धो लीजिये।

अगर बर्तनको साफ़ करनेकी अब भी ज़रूरत पड़े तो उसमें क्रोमिक अम्लका घोल (पोटैसियम डाइक्रोमेट+सान्द्र सल्फ़्यूरिक अम्ल) भरकर रख दीजिये और दूसरे दिन आसुत पानीसे धो लीजिये।

नपने बर्तनोंको सुखानेके लिए उन्हें या तो रात भर उल्टा रख देते है जिससे उनके भीतर का पानी निकल जाय, या उन्हें एसिटोनसे धो लेते हैं और उसमें बिना धूलकी हवा प्रवाहित करके सुखा लेते है।

हवाकी धूल दूर करनेके लिए उसे शीशेकी ऊन (glass wool) से होकर गुज़ारते है।

आयतनमितीय उपकरणके माप-चिह्नोंको शुद्ध करना (Calibration of Volumetric apparatus).

आयतनमितीय उपकरण पर लगे निशानोंमें कुछ ग़लती हो सकती है। इस ग़लतीको जांचकर माप चिह्नोंको शुद्ध कर लेना चाहिए।

पिपेट. सावधानीसे पिपेटको निशान तक आसुतपानीसे भर लीजिये और बाहरके पानीको एक साफ़ छन्ने कागज़से पोंछ लीजिये। एक फ़्लास्कको साफ़ करके तौल लीजिये और उसमें पिपेटका सारा पानी डाल दीजिये। फ़्लास्कको फिर तौल लीजिये। पानीका ताप मालूम कर लीजिये और पानीकी सहतिको उस ताप पर पानीके घनत्वसे भाग दे दीजिये। इस तरह उस पानीका ठीक आयतन मालूम हो जायगा। यही पिपेटका सही आयतन है।

ब्यूरेट. ब्यूरेटमें "०" के निशान तक आसुत पानी भरिए मगर यह ध्यान रहे कि "०" निशानके ऊपर ब्यूरेटकी दीवारमें पानी न चिपके। एक साफ़ और पहले से तौले हुए फ़्लास्कमें (जिसमें शीशेकी डाट लगी हो) ब्यूरेटसे पानी गिराइए। पानीको तौल लीजिये और उसका ताप मालम कर लीजिये। ब्यूरेटको '०' के निशान तक फिर भर लीजिये और दूसरे फ़्लास्कमें १० घ० से० पानी गिराइये। इस फ़्लास्कको भी पहलेसे ही तौल लीजिये। १० घ० से० पानीकी सहति पिछली रीतिसे मालूम कर लीजिये और उसका ताप भी मालूम कर लीजिये। इसी तरह बार-बार ब्यूरेटको "०" के निशान तक भर लीजिये और उसमें से क्रमशः १५, २०, २५,...४५, ५० घ० से० पानी अलग-अलग फ़्लास्कोंमें गिराइये और हर बार उनको तौल लीजिये और ताप मालूम कर लीजिये।

इस तरह ५, १०, १५, २०, २५,..., ४५ और ५० घ० से० पानीकी संहति और उनका ताप मालूम हो जायगा। विभिन्न तापों पर पानीके घनत्वसे उनकी अलग-अलग संहतियोंको भाग देकर उनका अलग-अलग आयतन मालम कर लीजिये। यदि वे क्रमशः ठीक-ठीक ५, १०, १५, ..४५ और ५० घ० से० है तो ब्यूरेट पर निशान सही-सही लगे होंगे। अगर ऐसा न हो तो हर आयतनके लिए त्रुटि (error) मालूम करके लिखे आयतनों और उनके अनुरूप (corresponding) सही आयतनोंका एक ग्राफ़ खीच लीजिये। इस ग्राफ़से किसी भी लिखित आयतनके अनुरूप सही आयतन मालूम किया जा सकता है।

नपना फ़्लास्क. खाली नपना फ़्लास्क तौल लीजिये। इसमें निशान तक आसुत पानी भरकर उसे फिर तौल लीजिये और उसका ताप मालूम कर लीजिये। पानीकी संहतिको

उस ताप पर पानीके घनत्वसे भाग देकर उसका ठीक-ठीक आयतन निकाल लीजिये। अगर कोई संशोधन (correction) हो तो उसे लिख लीजिये।

पाठ्यांक (Observations).

खाली (empty) नपना फ़्लास्ककी संहति	=७५·०३९० ग्राम
पानीसे भरे नपना फ़्लास्ककी संहति	=३२४·१३१० ग्राम
पानीका तापक्रम	=३०°C

गणना.

पानीकी संहति (m)	=२४९·०९२० ग्राम
३०°C पर पानीका घनत्व (सारणी द्वारा) (D)	=०·९९५७७ ग्राम/घ० से०
पानीका आयतन (m/D)	=२५०·१५ घ० से०

इसलिए नपने फ़्लास्कमें जिस पर २५० घ० से० का निशान लगा है, २५०·१५ घ० से० पानी आता है।

पिपेट और ब्यूरेटके माप-चिह्नोंको ठीक करनेके लिए भी इसी तरहसे गणना करनी होती है।

परिभाषाएं.

१. **प्रामाणिक घोल (Standard solution)**. यह वह घोल है, जिसकी सान्द्रता मालूम होती है। अर्थात् घोलके (घोलकके नहीं) किसी निश्चित आयतनमें घुले हुए घुलित (solute) की मात्रा मालूम होती है। किसी घोलकी सान्द्रता नीचे लिखी दो रीतियोंसे बताई जाती है।

(क) १ लिटर घोलमें कितने ग्राम घुलित है।

(ख) १ लिटर घोलमें कितने ग्राम-तुल्यांक (gram-equivalent) घुलित है, अर्थात् नॉर्मलताकी मापमें।

२. **ग्राम-तुल्यांक भार (Gram-equivalent weight)**. तुल्यांक भार जब ग्राममें बताया जाता है तो उसे ग्राम-तुल्यांक भार कहते हैं जैसे क्लोरीनका तुल्यांक भार ३५·४६ है लेकिन इसका ग्राम-तुल्यांक भार ३५·४६ ग्राम है।

३. **तत्वका ग्राम-तुल्यांक भार**. किसी तत्वका ग्राम-तुल्यांक भार उस तत्वका वह भार है जो १·००८ ग्राम हाइड्रोजन या ८·०० ग्राम ऑक्सीजन या ३५·५ ग्राम क्लोरीनसे संयोग करता है या उसे हटाता (displaces) है।

४. **अम्लका ग्राम-तुल्यांक भार**. किसी अम्लका ग्राम-तुल्यांक भार अम्लका वह भार है जिसमें १·००८ ग्राम ऐसी हाइड्रोजन उपस्थित हो जो भस्मको दी जा सके, या

$$\text{अम्लका ग्राम-तुल्यांक भार} = \frac{\text{ग्राम-तुल्यांक भार}}{\text{अम्लके एकअणुमें हटाये जानेवाले हाइड्रोजन परमाणुओंकी संख्या}}$$

अम्ल	ग्राम अणुभार (A)	भास्मिकता (एक अणु में हटाये जानेवाले हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या) (B)	ग्राम-तुल्यांक भार (A/B)
HCl	३६·५ ग्राम	१	३६·५ ग्राम
HNO_3	६३ ग्राम	१	६३ ग्राम
CH_3COOH	६० ग्राम	१	६० ग्राम
H_2SO_4	९८ ग्राम	२	४९ ग्राम
$(COOH)_2.2H_2O$	१२६ ग्राम	२	६३ ग्राम
H_3PO_4	९८ ग्राम	३	३२·६७ ग्राम

भस्मका ग्राम-तुल्यांक भार. किसी भस्मका ग्राम-तुल्यांक भार वह भार है, जो किसी अम्लसे १·००८ ग्राम हाइड्रोजन हटा सकता है। या

$$\text{भस्मका ग्राम तुल्यांक भार} = \frac{\text{ग्राम अणु भार}}{\text{भस्मके एक अणुमें हटाये जानेवाले हाइड्रॉक्सिल समूहोंकी संख्या}}$$

भस्म	ग्राम अणु भार (A)	भस्मके अणुमें (OH) समूहोंकी संख्या (B)	ग्राम-तुल्यांक भार (A/B)
$NaOH$	४०·००५ ग्राम	१	४०·००५ ग्राम
KOH	५६·१०४ ग्राम	१	५६·१०४ ग्राम
NH_4OH	३५·०४८ ग्राम	१	३५·०४८ ग्राम
$Ca(OH)_2$	७४·०९६ ग्राम	२	३७·०४८ ग्राम
$Ba(OH)_2$	१७१·३७६ ग्राम	२	८५·६८८ ग्राम

लवण का ग्राम-तुल्यांक भार. किसी लवण का ग्राम-तुल्यांक भार, लवण का वह भार है जिसमें विद्युत्-धनात्मक (electro-positive) तत्त्व या मूलकका एक ग्राम-तुल्यांक उपस्थित हो। या

$$\text{लवण का ग्रामतुल्यांक-भार} = \frac{\text{ग्राम अणु भार}}{\text{लवणके एक अणुमें विद्युत्-धनात्मक तत्त्वों या मूलकों के तुल्यांकोंकी संख्या}}$$

लवण	ग्राम अणु भार (A)	लवणके एक अणुमें विद्युत्-धनात्मक तत्त्वों या मूलकोंके तुल्यांकोंकी संख्या(B)	ग्राम-तुल्यांक भार (A/B)
NaCl	५८·४५४ ग्राम	१	५८·४५४ ग्राम
NH_4Br	९७·९५६ ग्राम	१	९७·९५६ ग्राम
Na_2CO_3	१०६·००४ ग्राम	२	५३·००२ ग्राम
$CuSO_4$	१५९·६०६ ग्राम	२	७९·८०३ ग्राम
$FeCl_3$	१६२·२२१ ग्राम	३	५४·०७४ ग्राम

७. ऑक्सीकारकों और अवकारकोंके ग्राम-तुल्यांक भारकी परिभाषाएं ऑक्सीकारकों और अवकारकोंके अनुमापनमें पृष्ठ ७० और ७१ पर दी गई हैं।

८. **नॉर्मल घोल (Normal solution).** नार्मल घोल वह घोल है जिसके एक लिटर में घुलित का एक ग्राम-तुल्यांक घुला हो।

किसी घोलकी नार्मलता (normality) 'N' से बताई जाती है।

जिस घोलमें घुलितके दो ग्राम-तुल्यांक घुले है, उस घोलकी नॉर्मलता '2N' होगी, और जिसमें $\frac{1}{2}$ ग्राम तुल्यांक घुला है, उसकी नॉर्मलता N/२ या ०·५N होगी।

साधारणतया एक घोल जिसमें किसी घुलितके X ग्राम-तुल्यांक घुले है उसकी नॉर्मलता 'XN' होगी।

कुछ सम्बन्ध (Some relationships)

$$\text{नॉर्मलता} = \frac{\text{एक लिटर घोलमें घुला हुआ घुलित (ग्राममें)}}{\text{घुलितका ग्राम-तुल्यांक भार}}$$

घोलकी सान्द्रता (ग्राम प्रति लिटरमें) = घुलितका ग्राम-तुल्यांक भार × नॉर्मलता

अनुमापन (Titration)

किसी अपरिचित घोल (unknown solution) की सान्द्रता प्रामाणिक घोल (standard solution) के साथ उसका अनुमापन करके मालूम की जाती है। जब हम कहते हैं कि एक घोलका दूसरेके साथ अनुमापन करते है तो इसका यह मतलब होता है कि हम उस घोलका वह आयतन निकालते है जो प्रामाणिक घोलके निश्चित आयतनके साथ पूरी तरहसे क्रिया करनेके लिए काफी है।

संकेतक (Indicators). संकेतक वे पदार्थ हैं जिनकी सहायतासे आयतनमितीय विश्लेषणमे उस सीमाको मालूम करते हैं जिस पर दो घोलोंकी क्रिया पूरी हो जाती है। इस सीमाको छोर बिन्दु (end point) कहते हैं। जब यह सीमा आ जाती है तो घोलका रंग बदल जाता है। लिटमस, फ़िनॉफ़्थेलीन (Phenolphthalein), मेथिल ऑरेंज

(methyl orange), कांगो रेड (Congo red) और स्टार्च आदि संकेतकके रूपमें प्रयुक्त होते हैं।

अनुमापनकी गणनाका आधार. एक नॉर्मल घोलका दिया हुआ आयतन किसी दूसरे नॉर्मल घोलके उसी आयतनके बराबर होता है। यही '२N', 'N/२' और 'XN' घोलोंके साथ होता है।

किसी अम्लका N/१० सान्द्रताका २० घ०से० घोल किसी भस्मके N/१० सान्द्रताके २० घ० से० घोलको ठीक उदासीन कर देता है।

जब अलग-अलग नॉर्मलताके घोल प्रतिक्रिया करते हैं तो उनका समतुल्य आयतन जो प्रतिक्रिया करता है उनकी नॉर्मलताओंके उत्क्रमानुपाती होता है। जैसे किसी अम्लका N/१० सान्द्रताका २०० घ० से० घोल किसी भस्मकी N/५ सान्द्रताके १० घ० से० या N/४ सान्द्रताके ८ घ० से० घोल या N/२ सान्द्रताके ४ घ० से० घोल या नॉर्मल घोलके २ घ० से० को ठीक-ठीक उदासीन कर देगा। इसलिए अगर 'V_1' और 'V_2' क्रमशः पहले और दूसरे घोलोंके आयतन हों और 'S_1' तथा 'S_2' उनकी नॉर्मलता हों तो $V_1/V_2 = S_2/S_1$

$$\text{अथवा } S_2 = \frac{S_1 \times V_1}{V_2}$$

इन चारोंमें से अगर कोई तीन मालूम हों तो चौथेकी गणना की जा सकती है।

उदाहरण. २५ घ० से० कास्टिक सोडाके घोलको पूरी तरह उदासीन बनानेके लिए N/१० सान्द्रताके ३० घ० से० घोलकी आवश्यकता पड़ी। कास्टिक सोडाके घोलकी सान्द्रता (क) नॉर्मलता की मापमें और (ख) ग्राम प्रति लिटर, में बताइये।

$$S_2 = S_1 \times \frac{V_1}{V_2} = \frac{N}{१०} \times \frac{३०}{२५} = \frac{३}{२५} N$$

$$\text{or } S_2 = ०.१२N$$

ग्राम प्रति लिटरमे सान्द्रता = नॉर्मलता × ग्राम-तुल्यांक भार

$$= ०.१२ \times ४०$$
$$= ४.८$$

उत्तर. (क) ०·१२N
(ख) NaOH का ४·८ गाम प्रति लिटर घोलमें

प्रामाणिक घोलोंका बनाना.

प्रामाणिक घोल बनानेकी दो विधियां है :

१. सीधे तौलकर. जिस पदार्थका घोल बनाना है अगर वह शुद्ध अवस्थामें मिलता हो तो इस विधिका प्रयोग करते हैं। उस पदार्थके ज्ञात भारको ठीक-ठीक तौल लेते हैं और उसे थोड़ेसे आसुत पानीमें घोल लेते हैं। इस घोलमें और आसुत पानी मिलाकर निश्चित आयतनका घोल बना लेते हैं।

२. दूसरे प्रामाणिक घोलके साथ अनुमापन द्वारा. जब पदार्थ शुद्ध अवस्थामें नहीं मिलता तो इस विधिसे उसका घोल बनाते हैं। तब इस पदार्थके उपनिष्ट (approximate) भारको आसुत पानीमें घोल लेते हैं। इस घोलकी सान्द्रता जाननेके लिए इसका और एक दूसरे घोलका, जिसकी सान्द्रता पहलेसे मालूम होती है, अनुमापन करते हैं।

कास्टिक सोडाकी अपेक्षा ऑक्ज़ेलिक अम्ल अधिक शुद्धतामें आसानीसे मिल जाता है। इसलिए ऑक्ज़ेलिक अम्लका घोल पहली विधिसे बनाया जा सकता है और कास्टिक सोडाके घोलका इससे अनुमापन करके कास्टिक सोडा घोलकी सान्द्रता मालूम की जा सकती है।

N/१० सान्द्रताका ऑक्ज़ेलिक अम्लका २५ घ० से० प्रामाणिक घोल तैयार करना.

ऑक्ज़ेलिक अम्ल $(COOH)_2.2H_2O$ का ग्राम अणुभार = १२६·०४८ ग्राम

∴ ऑक्ज़ेलिक अम्लका ग्राम-तुल्यांक भार = ६३·०२४ ग्राम

१००० घ० से० N घोलमें ६३·०२४ ग्राम ऑक्ज़ेलिक अम्ल होना चाहिए।

∴ २५० ,, ,, ,, $\frac{६३·०२४ \times २५०}{१०००}$,, ,, ,, ,,

∴ ,, N/१० ,, $\frac{६३·०२४}{४०}$

= १·५७५६ ग्राम ऑक्ज़ेलिक अम्ल

विधि. लगभग १·६ ग्राम शुद्ध ऑक्ज़ेलिक अम्लको भौतिक तुला पर तोलकर उसे तुलन-शीशी (weighing bottle) में छोड़ दीजिये। इस शीशी और इसमें भरे हुए ऑक्ज़ेलिक अम्लकी, विश्लेषक तुला पर, सही तौल मालूम कर लीजिये। अब तुलन-शीशीका ऑक्ज़ेलिक अम्ल एक साफ़ और आसुत पानीसे धोये हुए बीकरमें उंडेल लीजिये। शीशीको विश्लेषक तुला पर फिरसे तौल लीजिये।

शीशी + ऑक्ज़ेलिक अम्लकी संहति = x ग्राम

खाली शीशीकी संहति = y ग्राम

∴ बीकरमें गिराये गये ऑक्ज़ेलिक अम्लकी संहति = x − y ग्राम

बीकरमें लगभग ५० घ० से० आसुत पानी लेकर उसे इतना हिलाइये कि ऑक्ज़ेलिक अम्ल घुल जाय। हिलाते समय इतना ध्यान रखिए कि पानीकी छोटीसे-छोटी बूंद भी बाहर न गिरने पाये। कीप (funnel) की मददसे इस घोलको २५० घ० से० आयतनके नपने फ़्लास्कमें उलट लीजिये। आसुत पानीसे बीकरको तीन बार धोइये और उस पानीको नपने फ़्लास्कमें छोड़ लीजिये। कीपको धोकर फ़्लास्कमें पानी छोड़ते जाइये। जब पानीका तल फ़्लास्कमें लगे निशानके $\frac{१}{२}$ सेंटीमीटर नीचे रह जाय तो कीपसे पानी छोड़ना बन्द कर दीजिये और पिपेट या साफ़ ड्रॉपरसे एक-एक बूंद आसुत पानी छोड़िये। जब पानीका निचला तल फ़्लास्कमें लगे निशान तक पहुँच जाय तो उसमें शीशेकी डाट लगाकर उसे ५ मिनट तक ज़ोरसे हिलाइये। अब घोल तैयार हो गया है।

घोलकी सान्द्रता नीचे लिखी रीतिसे निकाली जाती है:

१·५७५६ ग्राम ऑक्ज़ेलिक अम्लके २५० घ० से० घोलकी सान्द्रता = N/१० है

∴ (x − y) ,, ,, ,, $= \frac{x-y}{१·५७५६} \times \frac{N}{१०}$

अर्थात् ऑक्ज़ेलिक अम्लके घोलकी

$$\text{सान्द्रता} = \frac{\text{लिए हुए ऑक्ज़ेलिक अम्लकी संहति}}{१·५७५६} \times \frac{N}{१०}$$

आसुत पानीमें सही-सही १·५७५६ ग्राम ऑक्ज़ेलिक अम्ल घोलकर N/१० सान्द्रताका २५० घ० से० घोल बनानेकी कोई प्रथा नहीं है। इसका कारण यह है कि किसी भारको ठीक-ठीक तौलना मुश्किल है। अगर बिल्कुल ठीक N/१० सान्द्रताका घोल बनाना हो तो पहले एक ऐसा घोल बना लीजिये जिसकी सान्द्रता N/१० से ज़्यादा हो। अब यह पता लगा लीजिये कि इस घोलकी सान्द्रताको N/१० बनानेके लिए इसमें कितना आसुत पानी मिलाना होगा। पानीके इस आयतनको ब्यूरेटकी सहायतासे नापकर घोलमें मिला लीजिये।

सोडियम कार्बोनेटका प्रामाणिक घोल तैयार करना

सोडियम बाइकार्बोनेट, सोडियम कार्बोनेटकी अपेक्षा अधिक शुद्ध अवस्थामें मिल सकता है। इसलिए सोडियम बाइकार्बोनेटसे ही सोडियम कार्बोनेट लेते हैं और फिर उसका घोल बना लेते हैं। सोडियम बाइकार्बोनेटको गर्म करके परिमाणात्मक रूपसे सोडियम कार्बोनेटमें बदल लेते हैं।

$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$
$$2 \times 84 \qquad 106$$

सोडियम कार्बोनेटका ग्राम-तुल्यांक भार ५३ है। N/१० सान्द्रताका २५० घ० से० घोल बनानेके लिए $\frac{५३}{४ \times १०}$ ग्राम Na_2CO_3 चाहिए।

∵ १०६ ग्राम सोडियम कर्बोनेट १६८ ग्राम सोडियम बाइकार्बोनेटसे मिलता है।

∴ १·३२५ ,, ,, ,, $\frac{१६८ \times १·३२५}{१०६}$,, ,, ,,

$= २·१$ ग्राम (लगभग)

विधि. २० मिनट तक क्रुसिबुलको बुन्सन ज्वालककी दीप्तिहीन ज्वाला पर गर्म करिए। इसको क्लेपाइप त्रिभुज पर तब तक ठण्डा करिए जब तक इसमेंसे ऊष्माका विकिरण कम न हो जाय। क्रुसिबुलके ऊपर हाथ लाकर इसे देख लीजिये। अब इसे १० मिनट तक शोषित्र (डेसिकेटर) मे ठण्डा कर लीजिये। इसे फिर २० मिनट तक गर्म करिए और ऊपरकी रीतिसे ठण्डा कर लीजिये। इस क्रियाको तब तक करिए जब तक दो तौलोंमें दशमलवके बाद चौथे स्थानमें २ से ज़्यादाका फ़र्क न हो।

क्रुसिबुलमें २·१ शुद्ध सोडियम कार्बोनेट रखिए और उसे दीप्तिहीन ज्वाला पर गर्म करिए। एक प्लैटिनम-तारसे उसे चलाते रहिए। चूर्णमें छोटे-छोटे सूराख हो जाते हैं जिनमें होकर कार्बन डाइऑक्साइड गैस बाहर निकल जाती है।

जब कार्बन डाइऑक्साइड निकलना बन्द हो जाय और चर्ण क्रुसिबुलमें चिपकने लगे तो ज्वालाको तेज़ कर दीजिये। पहलेकी तरह क्रुसिबुलको ठण्डा करके तौल लीजिये। दस मिनट तक इसे फिर गर्म करिए और शोषित्रमें ठण्डा कर लीजिये। इसके बाद इसे तौल लीजिये। इस क्रियाको तब तक दुहराइये जब तक दो तौलोंमें दशमलवके बाद चौथे स्थानमें २ से अधिक का अन्तर न रहे।

एक साफ़ बीकरमें सोडियम कार्बोनेटको गिराकर खाली क्रुसिबुलको फिर तौल लीजिये। जिस तरह ऑक्ज़ेलिक अम्लका घोल बनाया था उसी तरह सोडियम कार्बोनेटका घोल भी बना लीजिये।

$$\text{सोडियम कार्बोनेट घोलकी सान्द्रता} = \frac{\text{सोडियम कार्बोनेटकी संहति}}{१·३२५} \times \frac{N}{१०}$$

टिप्पणी. जब सोडियम कार्बोनेटको पानीमें घोलना हो तो बीकरमें थोड़ा-सा पानी पहले ही से रख लीजिये और बादमें सोडियम कार्बोनेट छोड़िए। अगर पहले सोडियम कार्बोनेट और बादमें पानी छोड़ेंगे तो उसमें गुलठी पड़ जायगी और उसे घोलना मुश्किल हो जायगा।

अम्ल और भस्मका अनुमापन. साधारणतया अम्लके दिये हुए नमूनेकी सान्द्रता मालूम करनेके लिए उसका अनुमापन किसी भस्मके प्रामाणिक घोलके साथ करते हैं और किसी भस्म की सान्द्रता निकालनेके लिए उसका अनुमापन किसी अम्लके प्रामाणिक घोलके साथ करते हैं। क्योंकि किसी संकेतककी उपस्थितिसे वह स्थिति जानी जा सकती है जब घोल ठीक-ठीक उदासीन हो गया है।

यह याद रखिए कि सौम्य (weak) अम्लोंका अनुमापन सौम्य भस्मोंके साथ कभी न किया जाय। तीव्र अम्लोंका अनुमापन सौम्य या तीव्र भस्मोंके साथ कर सकते हैं और तीव्र भस्मोंका सौम्य या तीव्र अम्लोंके साथ।

तीव्र अम्ल—हाइड्रोक्लोरिक अम्ल, नाइट्रिक अम्ल, सल्फ़्यूरिक अम्ल
सौम्य अम्ल—एसिटिक अम्ल, ऑक्ज़ेलिक अम्ल, सक्सीनिक अम्ल
तीव्र भस्म—सोडियम हाइड्रॉक्साइड, पोटैसियम हाइड्रॉक्साइड, बेरियम हाइड्रॉक्साइड, कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड
सौम्य भस्म—अमोनियम हाइड्रॉक्साइड, सोडियम कार्बोनेट

अम्ल और भस्म अनुमापनके संकेतक. नीचे लिखे पदार्थोंका अम्लीय और भस्मीय घोलों में अलग-अलग रंग होता है।

संकेतक	भस्मीय घोलोंमें रंग	अम्लीय घोलोंमें रंग
फ़िनॉफ़्थेलीन	गुलाबी	रंगहीन
मेथिल ऑरेंज	पीला	लाल
काँगो रेड	लाल	नीला
लिटमस	नीला	लाल

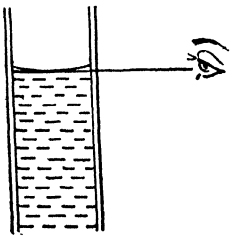
एक या दो बूंदसे ज़्यादा संकेतक मत प्रयोग कीजिये क्योंकि वे स्वयं सौम्य अम्ल या भस्म होते हैं, इसलिए अगर घोलमें अधिक संकेतक छोड़ेंगे तो परिणाममें कुछ न कुछ ग़लती हो जायगी।

तीव्र अम्ल और तीव्र भस्मके अनुमापनमें कोई भी संकेतक इस्तेमाल कर सकते हैं।
तीव्र अम्ल और सौम्य भस्मके अनुमापनमें मेथिल ऑरेंजका प्रयोग करते हैं।
सौम्य अम्लके साथ तीव्र भस्मके अनुमापनमें फ़िनॉफ़्थेलीनका प्रयोग करते हैं।

आयतनमितीय परिमापन (Volumetric Estimation).

उद्देश्य. ऑक्ज़ेलिक अम्लके प्रामाणिक घोलके साथ अनुमापन करके दिये हुए कास्टिक सोडा घोलकी सान्द्रता—(क) नार्मलतामें (ख) ग्राम प्रति लिटरमें निकालना।

विधि. तैयार किये हुए प्रामाणिक ऑक्ज़ेलिक अम्लके घोलसे १० घ० से० घोल ले लीजिये। उससे ब्यूरेटको धो लीजिये। ब्यूरेटको स्टैण्डमें लगाकर उसमें कीपकी सहायतासे ऑक्ज़ेलिक अम्लका घोल '०' के निशानसे थोड़ा ऊपर तक भर लीजिये। कीप निकालकर ब्यूरेटकी टोंटीसे थोड़ा-सा अम्ल बाहर निकल जाने दीजिये और देख लीजिये कि टोंटीमें हवा का कोई बुलबुला तो नहीं है। घोल अब या तो '०' के निशान पर होगा या इससे कुछ नीचे। सावधानीसे ०·०५ घ० से०तक पढ़ लीजिये। रीडिंग पढ़ते समय यह ध्यान रहे कि द्रवका सबसे नीचेका तल पढ़ें।



दिये हुए कास्टिक सोडाके घोलसे पिपेटको धो लीजिये। पिपेटमें घोलको खींचिए जिससे वह उसमें बने निशानके २ इंच ऊपर तक भर जाय। अपनी पहली उँगलीको पिपेटके ऊपरी सिरे पर लगाकर घोलको वहीं रोक लीजिये। अब उँगलीको धीरे-धीरे हटाकर घोलको फ़्लास्कमें गिराइये। जब घोलके तलके सबसे नीचेके तल पर पिपेटका निशान स्पर्श रेखा हो जाय तो उँगलीको जल्दीसे दबाकर घोलका गिरना बन्द करदें। आसुत पानीसे धुले बीकरमें पिपेटके घोलको गिराइये। आप देखेंगे कि पिपेटकी नोकमें एक या दो बूंद घोल रह जाता है। **इसे फूँक कर बाहर मत निकालिए।** इसे बाहर निकालनेके लिए पिपेटके ऊपरी सिरेको उँगलीसे बन्दा करके उसके बल्बको हथेलीसे धीरेसे दबाकर पकड़िए। ऐसा करनेसे पिपेटके अन्दरकी हवा गर्मी पाकर फैलेगी और बचे हुए घोलको धक्का देकर बाहर निकाल देगी। लेकिन अब भी एक बहुत छोटी बूंद नोकमें बच रहेगी। इस बूंदको पिपेटमें ही रहने दीजिये क्योंकि पिपेटके अंशांकनके समय इस बहुत छोटी बूंदके रह जानेका विचार कर लिया जाता है।

बीकरमें रखे क्षारमें एक बूंद फ़िनॉफ़्थेलीन छोड़ दीजिये। यह गुलाबी हो जाता है। दाहिने हाथसे ब्यूरेटके स्टॉपर या पिंचकॉकको खोलकर अम्लका घोल बीकरमें गिरने दीजिये और बायें हाथसे बीकर हिलाते जाइये। अम्ल छोड़नेसे पहले तो गुलाबी रंग गायब हो जाता है मगर हिलानेके बाद ही फिर आ जाता है। जब रंग फीका पड़ने लगे तो केवल दो बूंद अम्ल छोड़कर बीकरको खूब हिलाइये। जिस बूंदको छोड़नेके बाद रंग स्थायी रूपसे गायब हो जाय उसके बाद अम्लकी कोई बूंद मत छोड़िए। यह प्रतिक्रियाका छोर-बिन्दु है। यह तभी सही होगा जब आखरी बूंद छोड़ने पर रंग एक दमसे बदल जाय। यह बूंद छोड़नेके पहले घोलका रंग गुलाबी होना चाहिए और इसे छोड़ते ही उसे रंगहीन हो जाना चाहिए।

छोर बिन्दुके सही होनेकी जांच करनेके लिए इस रंगहीन घोलमें क्षारीय घोलकी एक बूंद छोड़िए। छोर बिन्दु सही होनेके लिए घोलको गुलाबी हो जाना चाहिए। ब्यूरेटकी रीडिंग पढ़ कर प्रयोगमें आये अम्लका आयतन ज्ञात कर लीजिये।

बीकरमें रखे घोलको फेंक दीजिये और उसे आसुत पानीसे धो लीजिये। इसमें पिपेटसे क्षारका उतना ही आयतन फिर ले लीजिये। इसमें एक बूंद फ़िनॉफ़्थेलीन छोड़कर पहलेकी तरह अनुमापन कर लीजिये। अनुमापनकी क्रियाको तब तक दुहराइये जब तक दो अनुमापनोंमें ·०५ घ० से०से अधिक अन्तर न हो।

अपने पाठ्यांकोंको नीचे दी हुई विधिसे लिखिए।

प्रयोग किये हुए ऑक्ज़ेलिक अम्लके घोलकी सान्द्रता $= \frac{x}{१·५७५६} \times \frac{N}{१०}$

हर अनुमापनके लिए प्रयोग किये गये सोडियम हाइड्रॉक्साइडका आयतन=२५ घ० से० (यह कुछ भी हो सकता है)।

अनुमापन संख्या	ब्यूरेटकी रीडिंग		प्रयोग किये हुए अम्लका आयतन
	पहली	आखरी	
१.			
२.			
३.			

मान लीजिये कि 'V' घ० से० अम्ल प्रयोग किया गया है।

गणना.

अम्लकी सान्द्रता × अम्लका आयतन = भस्मकी सान्द्रता × भस्मका आयतन

$$\text{भस्मकी सान्द्रता} = \frac{x \times N \times V}{१·५७५६ \times १० \times २५} \quad \text{(नॉर्मलताकी मापमें)}$$

NaOH का ग्राम-तुल्यांक भार=४० ग्राम

$$\text{NaOH की सान्द्रता} = \frac{x \times ४० \times V}{१·५७५६ \times १० \times २५} \text{ ग्राम प्रति लिटर}$$

दिये हुए सल्फ़्यूरिक या हाइड्रोक्लोरिक अम्लके घोलका सोडियम कार्बोनेटके प्रामाणिक घोल के साथ अनुमापन करके उसकी (अम्लकी) सान्द्रता निकालना.

विधि. ब्यूरेटमें सल्फ़्यूरिक (या हाइड्रोक्लोरिक) अम्ल भर लीजिये और बीकरमें सोडियम कार्बोनेटका घोल ले लीजिये। इन दोनोंका अनुमापन ऊपर दी गयी विधिसे करिए। इस प्रयोगमें मेथिल ऑरेंज संकेतक प्रयोगमें लाया जाता है। बीकरमे इसकी दो बूदें छोड़िए। जब अम्लकी किसी बूदसे घोलका रंग पीलेसे हल्का लाल हो जाय तो अनुमापन बन्द कर दीजिये। अनुमापनके बीकरके पास एक दूसरा बीकर रख दीजिये जिसमें ५० घ० से० आसुत पानी हो। इस पानीमें दो बूद मेथिल ऑरेंज छोड़ दीजिये। जब उदासीन बिन्दु आ जाय तो दोनों बीकरोंके घोलके रंगोंकी तुलना कीजिये। ऐसा करनेसे उदासीन बिन्दु सही-सही मालूम हो जायगा और रंगोंको देखनेमें भी काफ़ी आसानी होगी।

अपने पाठ्यांकोंको पीछे बतायी रीतिसे लिख लीजिये और उसी तरह घोलकी सान्द्रता की गणना भी कर लीजिये।

दिये हुए कार्बोनेटका तुल्यांक भार मालूम करना. हाइड्रोक्लोरिक अम्लके नॉर्मल घोल (की अधिक मात्रा) में कार्बोनेटको घोल लीजिये और घोलको किसी निश्चित आयतन तक बढ़ा लीजिये। इस घोलका तथा किसी क्षारके प्रामाणिक घोलका अनुमापन करिए। इससे यह पता चल जायगा कि कार्बोनेटके साथ कितने अम्लकी क्रिया नहीं हुई।

विधि. लगभग एक ग्राम कार्बोनेटको सही-सही तौल कर एक बीकर या शंकु-आकार

फ़्लास्क (conical flask) में उलट लीजिये। एक पिपेटसे हाइड्रोक्लोरिक अम्लका २५ घ० से० नॉर्मल (लगभग) घोल इसमें छोड़िए। जब कार्बन डाइऑक्साइड गैस निकलनी बन्द हो जाय तो बीकरको गर्म करिए जिससे घोलमें घुली कार्बन डाइऑक्साइड गैस भी निकल जाय। इस घोलको २५० घ० से० के नपने फ़्लास्कमें रख लीजिये।

बीकर या शंकु-आकार फ़्लास्कको आसुत पानीसे धोइये और इसे उसी नपने फ़्लास्कमें छोड़ दीजिये। २५० घ० से० के निशान तक आसुत पानी मिलाकर फ़्लास्कको अच्छी तरह हिलाइये।

इस घोलका अनुमापन सोडियम हाइड्रॉक्साइड या सोडियम कार्बोनेटकी सहायतासे करिए। इस घोलको ब्यरेटमें रखिए। मेथिल-ऑरेंज संकेतकका प्रयोग करिए।

गणना.

मान लीजिये कि

(क) लिये गये कार्बोनेटकी संहति = १·१५४७ ग्राम

(ख) प्रयोग किये गये हाइड्रोक्लोरिक अम्लकी सान्द्रता ठीक-ठीक नॉर्मल है।

(ग) हाइड्रोक्लोरिक अम्लके ५० घ० से० घोलको उदासीन करनेके लिए N/१० सान्द्रताके १५ घ० से० सोडियम कार्बोनेट घोलकी आवश्यकता होती है।

$$\text{अम्लीय घोलकी नॉर्मलता} = \frac{१५ \times N}{२५ \times १०} = ०·०६N$$

∴ इस घोलके २५० घ० से० में हाइड्रोक्लोरिक अम्लके $\frac{०·०६ \times २५०}{१०००}$ ग्राम तुल्यांक है।

= हाइड्रोक्लोरिक अम्लके ०·०१५ ग्राम तुल्यांक

हाइड्रोक्लोरिक अम्लका वह अंश जिसकी कार्बोनेटसे क्रिया नहीं हुई

= ०·०१५ ग्राम तुल्यांक

किन्तु प्रारम्भमें लिए गये हाइड्रोक्लोरिक अम्लका आयतन = N. घोलका २५ घ० से०

$$= \frac{२५}{१०००} \text{ ग्राम-तुल्यांक}$$

= ०·०२५ „ „

हाइड्रोक्लोरिक अम्लकी वह मात्रा जिसकी कार्बोनेटसे क्रिया हुई है

= ०·०२५ − ०·०१५

= ०·०१ ग्राम-तुल्यांक

∵ १·१५४७ ग्राम कार्बोनेटमें ०·०१ ग्राम-तुल्यांक हाइड्रोक्लोरिक अम्ल है।

दिये हुए कार्बोनेटका ग्राम-तुल्यांक भार $= \frac{१·१५४७}{०·०१}$ ग्राम

= ११५·४७ ग्राम

ऑक्सीकरण-अवकरण अनुमापन
(Oxidation-Reduction Titration)

किसी ऑक्सीकारक पदार्थका ग्राम-तुल्यांक भार उस पदार्थका वह भार है जिससे दूसरे पदार्थोंको ऑक्सीकृत करनेके लिए ८ ग्राम ऑक्सीजन मिल सके।

किसी अवकारक पदार्थका ग्राम-तुल्यांक भार उस पदार्थका वह भार है जो दूसरे पदार्थों से ८ ग्राम ऑक्सीजन हटा सके।

ऐसा होनेका कारण यह है कि ऑक्सीजनका तुल्यांक भार ८ है।

अनुमापनमें प्रयोग होनेवाले कुछ ऑक्सीकारक और अवकारक पदार्थ.

ऑक्सीकारक पदार्थ.	**ग्राम-तुल्यांक भार**
तनु सल्फ्यूरिक अम्लकी उपस्थितिमें $KMnO_4$	=३१·६ ग्राम
तनु सल्फ्यूरिक अम्लकी उपस्थितिमें $K_2Cr_2O_7$	=४९ ग्राम
आयोडीन	=१२६·९ ग्राम
अवकारक पदार्थ.	
ऑक्ज़ेलिक अम्ल	=६३·०३ ग्राम
हाइड्रोजन परॉक्साइड	=१७·००८ ग्राम
फ़ेरस अमोनियम सल्फेट (मोरका साल्ट) (Mohr's salt)	=३९२ ग्राम
सोडियम थायो सल्फ़ेट	=२४८·२ ग्राम

पोटैसियम परमैंगनेट ($KMnO_4$) और ऑक्ज़ेलिक अम्लके ग्राम-तुल्यांक भारकी गणना करना.

पोटैसियम परमैंगनेट गर्म ऑक्ज़ेलिक अम्लसे क्रिया करके ऑक्सीजन हटा देता है।

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

२×१५८·०३ ५×१६

∵ ५×१६ ग्राम ऑक्सीजन २×१५८·०३ ग्राम $KMnO_4$ से मिलती है।

∴ ८ ग्राम ऑक्सीजन $\frac{२ \times १५८·०३ \times ८}{८०}$ ग्राम $KMnO_4$ से मिलती है।

=३१·६०६ ग्राम

इसलिए $KMnO_4$ का ग्राम-तुल्यांक भार ३१·६०६ ग्राम है।

ऑक्सीजन ऑक्ज़ेलिक अम्लको नीचे दिये समीकरणके अनसार ऑक्सीकृत कर देती है।

$$(COOH)_2.2H_2O + O \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

१२६·०६ १६

∴ ऑक्ज़ेलिक अम्लका वह भार जो ८ ग्राम ऑक्सीजनसे प्रतिक्रिया करता है

$= \frac{१२६·०६}{२}$ ग्राम

=६३·०३ ग्राम

∴ ऑक्ज़ेलिक अम्लका ग्राम-तुल्यांक भार=६३·०३ ग्राम

पोटैसियम परमैंगनेट घोलका प्रामाणीकरण.

गर्म तनु सल्फ्यूरिक अम्लकी उपस्थितिमें ऑक्जेलिक अम्लके साथ पोटैसियम परमैंगनेट घोलका अनुमापन करके उसका प्रामाणीकरण करते है।

विधि. ब्यूरेटको पोटैसियम परमैंगनेटके घोलसे दो बार धो लीजिये और उसमें '०' के निशान तक (या किसी और निशान तक) परमैंगनेट घोल भर दीजिये। ऐसा करते समय यह अवश्य देख लीजिये कि ब्यूरेटकी नोकमें हवाका कोई बुलबुला तो नहीं है। एक पिपेटकी सहायतासे ऑक्ज़ेलिक अम्लके प्रामाणिक घोलका २५ घ० से० एक शंकु-आकार फ़्लास्कमें ले लीजिये। इसीमें तनु सल्फ़्यूरिक अम्लका लगभग उतना ही आयतन और मिला दीजिये। तारकी जाली पर फ़्लास्कको इतना गर्म करिए कि घोल उबले नहीं। फ़्लास्कको ब्यूरेटके नीचे रख दीजिये और ब्यूरेटसे पोटैसियम परमैंगनेट घोल धीरे-धीरे गिराइये। फ़्लास्कको बराबर हिलाते रहिए। शुरूमें पोटैसियम परमैंगनेट घोल रंगहीन होता जायगा मगर कुछ देर बाद फ़्लास्कमें रखा घोल कुछ रंगीन हो जाता है। अब इसमें दो बूद पोटैसियम परमैंगनेट घोल छोड़िए और उसे हिलाते जाइये। जब आखरी बूद छोड़नेसे घोलका रंग हल्का गुलाबी हो जाय तो परमैंगनेट घोल छोड़ना बन्द कर दीजिये और ब्यूरेटके माप-चिह्न पढ़ लीजिये।

इसी अनुमापनको २५ घ० से० ऑक्ज़ेलिक अम्ल और २५ घ० से० तनु सल्फ़्यूरिक अम्लके घोल **में आने** को गर्म करके पहलेकी तरह फिरसे करिए। जब दो रीडिंगोंमें ०·०५ घ० से० या उससे कमका अन्तर रहे तो और अनुमापन मत कीजिये।

टिप्पणियां.

१. अगर सल्फ़्यूरिक अम्लको पर्याप्त मात्रामें नहीं मिलाया जाता है तो MnO_2 का भूरा अवक्षेप बन जाता है। इस अवक्षेपका घुलना मुश्किल हो जाता है। यदि ऐसा हो जाय तो घोल में थोड़ा सल्फ़्यूरिक अम्ल और मिलाकर उसे थोड़ा और गर्म कर लीजिये।

२. अगर अनमापन करते समय फ़्लास्कमें रखा घोल ठण्डा हो जाय तो उसे फिरसे गर्म कर लीजिये।

३. मैंगनस सल्फ़ेट पोटैसियम परमैंगनेटके अवकरणमें उत्प्रेरकका काम करता है। इसी लिए जब थोड़ा पोटैसियम परमैंगनेट अवकृत हो जाता है तब उसका अवकरण अधिक तेज़ीसे होने लगता है।

गणना.

$$KMnO_4 \text{ की सान्द्रता} = \frac{\text{ऑक्ज़ेलिक अम्लकी सान्द्रता} \times \text{ऑक्ज़ेलिक अम्लका आयतन}}{KMnO_4 \text{ का आयतन}}$$

सान्द्रताको नॉर्मलितासे ग्राम प्रति लिटरमें बदलनेके लिए उसे $KMnO_4$ के ग्राम-तुल्यांक भार (३१·६) से गुणा कर दीजिये।

कुछ अन्य आयतनमितीय प्रयोग

वार्शिक सोडाके दिये हुए नमूनेमें निर्जल (anhydrous) सोडियम कार्बोनेटका प्रतिशत निकालना.

विधि. लगभग N/५ सान्द्रताके हाइड्रोक्लोरिक अम्लके घोलके साथ सोडियम कार्बोनेट के प्रामाणिक घोल (लगभग N/५) का अनमापन करके अम्लके घोलका प्रामाणीकरण कर

लीजिये। सोडियम बाइकार्बोनेटको जलाकर सोडियम कार्बोनेट बनाना चाहिए। अनुमापनमें मेथिल-ऑरेंज संकेतकका प्रयोग करिए।

वाशिंग सोडाके दिये हुए नमूनेमें से २·५ ग्राम सही-सही तौल लीजिये। इसे पानीमें घोल कर २५० घ० से० घोल बनाइये। इस घोलके २५ घ० से० का हाइड्रोक्लोरिक अम्लके प्रामाणिक घोल के साथ अनुमापन करिए। मेथिल ऑरेंज संकेतकका प्रयोग करिए।

गणना. मान लीजिये कि २·५२४ ग्राम वाशिंग सोडाका २५० घ० से० घोल बनाया गया। इस घोलके २५ घ० से० को उदासीन करनेके लिए N/५ हाइड्रोक्लोरिक अम्लके २० घ० से० आयतनकी आवश्यकता पड़ी।

$$\text{वाशिंग सोडाके घोलकी सान्द्रता} = \frac{२० \times N}{२५ \times ५} = ०·१६N$$

सोडियम कार्बोनेटका ग्राम-तुल्यांक भार = ५३ ग्राम

N घोलके १००० घ० से० घोलमें ५३ ग्राम सोडियम कार्बोनेट रहता है।

$$\therefore\ ०·१६\,N \text{ ,, } २५० \text{ ,, ,, } \frac{५३ \times २५० \times ०·१६}{१०००} \text{ ,, ,,}$$

$$= २·१२ \text{ ग्राम}$$

इसलिए वाशिंग सोडाके नमूनेमें सोडियम कार्बोनेटकी प्रतिशत

$$= \frac{२·१२ \times १००}{२·५२४} = ८३·९९$$

चॉक (कैल्सियम कार्बोनेट) के नमूनेकी शुद्धताकी जांच करना

विधि. चॉकके नमूनेमें से एक ग्राम तौल कर शंकु-आकार फ़्लास्क या छोटेसे बीकरमें रखिए। इसमें हाइड्रोक्लोरिक अम्लका २५ घ० से० प्रामाणिक घोल (लगभग N घोल) छोड़िए। जब कार्बन डाइऑक्साइड गैस निकलनी बन्द हो जाय तो उसे उबालिए। इसे ठण्डा करके नपना फ़्लास्कमें २५० घ० से० बना लीजिये। इस घोलके २५ घ० से० का N/१० क्षारके प्रामाणिक घोलके साथ अनुमापन करिए।

गणना. यह पता लगाइये कि कार्बोनेटको उदासीन करनेके लिए हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के कितने ग्राम-तुल्यांक लगेंगे। (यह कार्बोनेटके तुल्यांक भार निकालनेकी तरह है) मान लीजिये यह x है। अब दिये हुए नमूनेमें कैल्सियम कार्बोनेटके x ग्राम-तुल्यांक हैं और कैल्सियम कार्बोनेटका ग्राम-तुल्यांक भार = ५० ग्राम, इसलिए दिये हुए नमूनेमें ५०×x ग्राम कैल्सियम कार्बोनेट है।

$$\text{अगर ली गई चॉककी संहति } y \text{ हो तो उसकी शुद्धता} = \frac{५० \times x \times १००}{y}\ \%$$

केलासीय ऑक्ज़ेलिक अम्लमें निर्जल ऑक्ज़ेलिक अम्लका प्रतिशत निकालना

ऑक्ज़ेलिक अम्लके केलासोंमें से १·५ ग्राम सही-सही तौल लीजिये। आसुत पानीमें इसे घोलकर २५० घ० से० घोल बना लीजिये। इस घोलके २५ घ० से० में तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल मिलाकर उसे गर्म करिए और N/१० पोटैसियम परमैंगनेटके प्रामाणिक घोलके साथ उसका अनुमापन करिए। (पोटैसियम परमैंगनेट घोलका ऑक्ज़ेलिक अम्लके प्रामाणिक घोलके साथ अनुमापन करके उसका प्रामाणीकरण कर लीजिये।)

$$(COOH)_2 + O \rightarrow H_2O + 2CO_2$$
$$९०\qquad १६$$

इसके माने हैं कि १६ ग्राम ऑक्सीजन ९० ग्राम ऑक्ज़ेलिक अम्लसे क्रिया करती है।
∴ ८ ग्राम ऑक्सीजन ४५ ग्राम निर्जल ऑक्जेलिक अम्लके साथ क्रिया करेगी।
इसलिए निर्जल ऑक्ज़ेलिक अम्लका ग्राम-तुल्यांक भार ४५ ग्राम है।
अब ऑक्ज़ेलिक अम्लकी नॉर्मलता निकालिए। मान लीजिये यह x N है।
तब निर्जल ऑक्ज़ेलिक अम्लकी संहति = ४५ x ग्राम प्रति लिटर है।

या २५० घ० से० में $\frac{४५\ x}{४}$ ग्राम है।

अगर y ग्राम केलासीय ऑक्ज़ेलिक अम्ल लिया गया हो तो निर्जल ऑक्ज़ेलिक अम्लका प्रतिशत आसानीसे निकाला जा सकता है।

फ़ेरस अमोनियम सल्फ़ेटमें आयरनकी प्रतिशतताका परिमापन (To estimate the percentage).

$$FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O \equiv Fe \equiv \tfrac{1}{5}KMnO_4 \equiv \tfrac{1}{2}O$$
$$३९२{\cdot}२५\qquad ५५{\cdot}८५\qquad ३१{\cdot}६\qquad ८$$

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

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

इसलिए $10FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \equiv 2KMnO_4 \equiv 5O$

$$FeSO_4.(NH_4)_2SO_4 \equiv \tfrac{1}{5}KMnO_4 \equiv \tfrac{1}{2}O$$
$$Fe \equiv \tfrac{1}{5}KMnO_4 \equiv \tfrac{1}{2}O$$
$$५५{\cdot}८५\qquad ३१{\cdot}६\qquad ८$$

दिये हुए फ़ेरस अमोनियम सल्फ़ेट घोलके २५ घ० से० में इतना ही आयतन तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल मिलाइये और अब इसका ब्यरेटमें भरे पोटैसियम परमगनेट घोलसे अनुमापन करिए।

जब परमैंगनेट घोलकी आखरी बूंद गिरानेसे स्थायी गुलाबी रंग आ जाय तो छोर बिन्दु आ गया (इस अनुमापनमें घोलको गर्म नहीं करते।)

फ़ेरस सल्फ़ेट की सान्द्रता × इसका आयतन = $KMnO_4$ की सान्द्रता × इसका आयतन

मान लीजिये कि $FeSO_4$ की सान्द्रता = x N है।

इसलिए इसमें ५५{·}८५ x ग्राम प्रति लिटर आयरन होगा।

टिप्पणी.

तीव्र अम्लके साथ तीव्र भस्मका अनुमापन करनेके लिए किसी भी संकेतकका प्रयोग कर सकते हैं। तीव्र अम्ल और सौम्य भस्मके अनुमापनमें मेथिल-ऑरेंजका प्रयोग करना चाहिए। सौम्य अम्ल और तीव्र भस्मके अनुमापनमें किसी अम्लीय संकेतकका प्रयोग करना चाहिए, जैसे फिनॉफ़्थेलीन। सौम्य अम्ल और सौम्य भस्मके अनुमापनके लिए कोई भी संकेतक ठीक नहीं है। इसलिए इस प्रकारसे अनुमापन नहीं करना चाहिए।

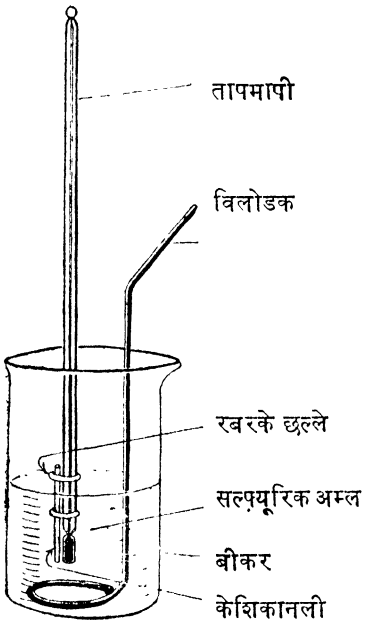
१३

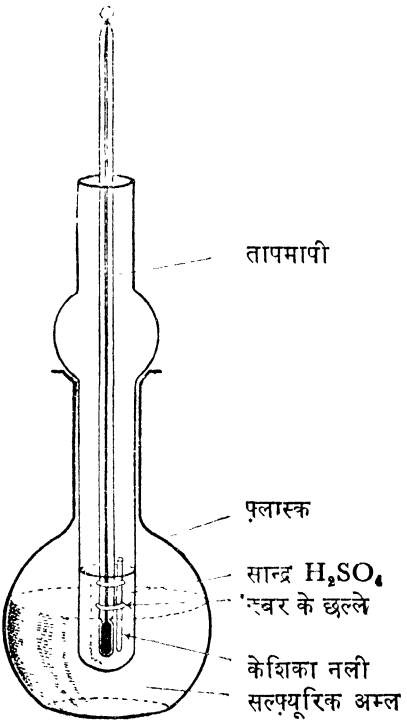
गलनांक और क्वथनांक

गलनांक ज्ञात करना

गलनांक वह स्थिर ताप है जिस पर कोई ठोस द्रवमें बदल जाता है।

१–१·५ मिलीमीटर व्यासकी पतले शीशेकी केशिका नलीमें पदार्थका थोड़ा-सा चूर्ण ले लीजिये। रबरके पतले छल्लेसे नलीको तापमापीके बल्बके साथ बांध दीजिये। दोनोंको





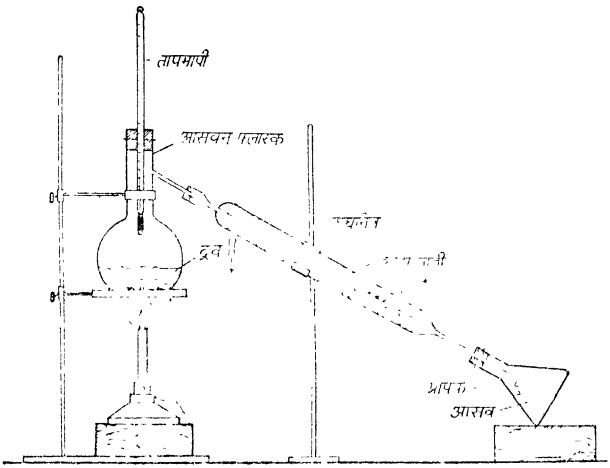
एक छोटे बीकरमें रखे सल्फ़्यूरिक अम्लमें डुबो दीजिये। इसके बजाय तापमापी और नलीको सान्द्र सल्फ़्यूरिक अम्लसे भरी परखनलीमें रख सकते हैं। परखनलीको उसी अम्लसे भरे बीकर में रख देते हैं। अब रबरके छल्लेको हटा सकते हैं। ऐसा करनेसे नली सब तरफ़से एकसार (uniform) गर्म हो जाती है।

अब छोटी ज्वाला पर ऊष्मकको बहुत धीरे-धीरे गर्म करते हैं। जिस ताप पर पदार्थ गलने लगे उसे देख लीजिये। यही सही गलनांक है।

अगर पदार्थ शुद्ध है तो एक डिग्री ताप के अन्दर-अन्दर ही गलन शुरू होकर पूरा हो जाता है। किन्तु यदि अशुद्ध है तो गलनांकका ताप आनेके पहले ही वह ढीला होने लगता है और दससे पन्द्रह डिग्री तककी दौड़में पदार्थ गलता है।

क्वथनांक ज्ञात करना

जिस स्थिर ताप पर कोई द्रव उबलकर वाष्पमें परिवर्तित होता है वह उस द्रवका क्वथनांक कहलाता हैं (क्वथन=उबालना)। जिस तापक्रम पर उस द्रवका वाष्प-दबाव वायु-मण्डलके दबावके बराबर हो जाता है वही ताप उस द्रवका क्वथनांक होता है। इससे यह स्पष्ट है कि वायुमण्डलीय दबाव बदलनेसे क्वथनांक भी बदल जायगा।



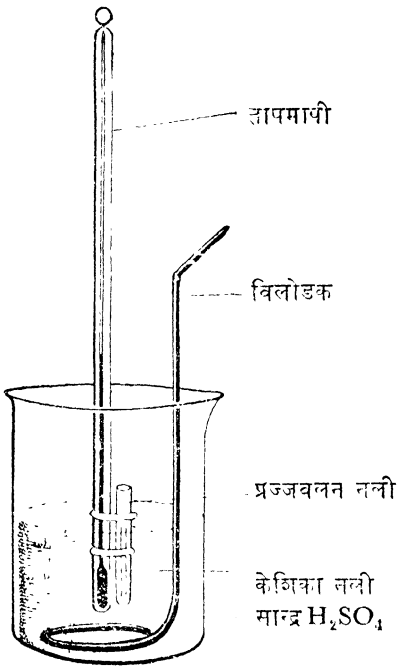
५० घ० से० आसवन-फ्लास्क लेकर आसवनके लिए उपकरण उसी तरह लगाइये जैसा चित्रमें दिखाया गया है। तापमापी में पारेकी स्थिति ध्यानसे देखिए। आसवन फ्लास्ककी निकास नलीके पास तापमापीका बल्ब होना चाहिए। फ्लास्कमें लगभग १०—२० घ० से० द्रव छोड़कर उसमें सरन्ध्र मिट्टी (porus clay) छोड़ दीजिये जिससे द्रव बराबर उबल सके। एक छोटी ज्वाला पर फ्लास्कको गर्म करिए। ज्वालाका कोई भी भाग फ्लास्कके उस भागको न छूने पावे जिसमें द्रव नहीं है। जब द्रव उबलने लगता है और आसवन होने लगता है तो तापमापी में ताप धीरे-धीरे बढ़ने लगता है और अन्तमें स्थिर हो जाता है। उस वायु-मण्डलीय दबाव पर यही क्वथनांक है।

किसी द्रवका क्वथनांक निकालना जब केवल उसकी कुछ ही बूंदें प्राप्त हों

प्रज्ज्वलन नलीमें द्रवकी कुछ बूंदें रख लीजिये। यह तापमापीके बल्बके साथ दो रबरके छल्लों द्वारा बांध दी जाती है। यह दोनों सान्द्र सल्फ़्यूरिक अम्ल या ग्लिसरॉलके

ऊष्मकमें रख दिये जाते हैं। तापमापीका बल्ब प्रज्ज्वलन नलीके द्रवके तलके पास रहना चाहिए। एक केशिका नली निचले सिरेसे एक सेण्टीमीटरकी दूरी पर सील (seal) करके प्रज्ज्वलन नलीमें रख देते हैं।

अब ऊष्मकको नीची ज्वाला पर धीरे-धीरे गर्म करते हैं और शीशेके विलोडकसे चलाते जाते है। केशिका नलीके निचले सिरेसे हवाके बुलबुले निकलते हैं। जैसे-जैसे ताप बढ़ता जाता है वैसे ही हवाके बुलबुलोंकी संख्या भी बढ़ती जाती है। क्वथनांक पर बुलबुलोंकी एक छोटी धारा द्रवसे बाहर निकलने लगती है। इस क्रियाको कई बार करिए और हर बार दूसरी केशिका नली लेकर करिए। सब पाठ्यांकोंका औसत निकालिए। यही द्रवका क्वथनांक होगा। किन्तु यह क्वथनांक बिल्कुल सही नहीं होगा।



कुछ ठोसोंके गलनांक.

ठोस	गलनांक	ठोस	गलनांक
एगिटेमाइड	८२°C	आयोडोफॉर्म	१२०°C
एसिटिनीलाइड	११२°C	नेफ्थेलीन	८१°C
बेंजोइक अम्ल	१२१°C	ऑक्जेलिक अम्ल	१०१°C
ग्लकोज़	१४४°C	यूरिआ	१३२°C

कुछ द्रवोंके क्वथनांक.

द्रव	क्वथनांक	द्रव	क्वथनांक
एसिटोन	५६°C	एथिल अल्कोहल	७८°C
एनिलीन	१८२°C	मेथिल अल्कोहल	६५°C
बेंज़ीन	८०°C	मर्करी (पारा)	३५७°C
क्लोरोफ़ॉर्म	६१°C	सल्फ़्यरिक अम्ल	२९५°C
ईथर	३५°C	पानी	१००°C

१४

कुछ साधारण लवणोंको शुद्ध करना और बनाना

शुद्धिकरण (Purification)

दिये हुए लवणको पीसकर उबलते पानीमें उसका संतृप्त घोल बना लीजिये। इस घोलको बनानेके लिए बीकरमें क़रीब ५०–१०० घ० से० उबलते पानीमें पिसे हुए लवणको थोड़ा-थोड़ा करके छोड़िए और विलोडकसे चलाते जाइये। जब लवण पानीमें घुलना बन्द हो जाय और थोड़ा-सा और लवण छोड़नेसे वह बीकरमें पेंदे पर बैठ जाय तो लवण छोड़ना बन्द कर दीजिये।

इस तरह बने गर्म घोलको छन्नकपत्र पर छान लीजिये। बिना घुली अशुद्धियाँ छन्नकपत्र पर रह जायंगी। घोलको ठण्डा होने दीजिये जिससे केलास बन जांय। अब या तो केलासोंको बाहर निकाल लीजिये या मातृ-द्रवको निकाल लीजिये। इसके बाद केलासोंको छन्नक पत्रकी परतोंमें दबाकर सुखा लीजिये। इस विधिसे नीचे लिखे लवणोंमें से कम-से-कम दो लवणोंको शुद्ध करिए।

१. नीला थोथा, २. शोरा, ३. वाशिंग सोडा, ४. फिटकरी।

लवणोंका बनाना

१. कॉपर सल्फ़ेट ($CuSO_4.5H_2O$). एक बीकरमें क़रीब ५० घ० से० तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल ले लीजिये। इस अम्लकी नॉर्मलता लगभग ४N होनी चाहिए। कॉपर कार्बोनेट या क्यूप्रिक ऑक्साइडकी वह मात्रा मालूम करिए जो इस अम्लको उदासीन बना देगा। इस मात्रासे क़रीब ०.५ ग्राम अधिक कार्बोनेट या ऑक्साइड लें और थोड़ा-थोड़ा करके अम्लमें छोड़ें। जब बुदबुदन होनी बन्द हो जाय तो घोलको ५ मिनट तक गर्म करके अलंकृत (fluted) छन्नक पत्रसे छान लीजिये। नीले छनितको ठण्डा करनेसे केलास बन जाते हैं। ये नीले पारदर्शी और त्रयानत (triclinic) होते हैं। इन्हें छान लीजिये और छन्नकपत्रकी परतोंमें दबाकर सुखा लीजिये।

२. बेरियम क्लोराइड ($BaCl_2.2H_2O$). एक पोर्सलेनकी प्यालीमें ८ घ० से० सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लमे १० घ० से० पानी मिलाकर उसे तनु बना लीजिये। इस घोलमें १० ग्राम बेरियम कार्बोनेट थोड़ा-थोड़ा करके छोड़िए और घोलको विलोडकसे चलाते जाइये। भाप ऊष्मक पर इस घोलको तब तक गर्म करिए जब तक बुदबुदन रुक न जाय। गर्म घोलको छान लीजिये। इसे तब तक वाष्पित करिए जब तक प्यालीकी दीवारों पर केलास न बने। इसे ठण्डा करके छान लें। केलासोंको २० घ० से० उबलते हुए आसुत पानीमें फिर घोलिए और पांच मिनट गर्म करके, गर्ममें ही घोलको छान लीजिये। छनितको ठण्डा करने पर केलास बन जाते है। इन्हें छानकर छन्नकपत्रोंकी परतोंमें दबाकर सुखा लीजिये।

३. क्यूप्रिक क्लोराइड और बेरियम सल्फ़ेट (युग्म-विच्छेदन द्वारा).

$$CuSO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + CuCl_2$$

दो बीकर लेकर एकमें पांच ग्राम कॉपर सल्फ़ेट और दूसरे में पांच ग्राम बेरियम क्लोराइड २०–२० घ० से० पानीमें घोलिए। दोनों घोलोंको उबालिए और आपसमें मिलाकर विलोडकसे चलाइये। उसे पांच मिनट तक उबालनेके बाद आधे घंटे तक ठण्डा करिए। १० घ० से० पानीसे अवक्षेपको तीन बार धो लीजिए। अवक्षेपको पहली बार धोनेसे जो पानी मिले उसे छनितमें मिला लीजिये।

बहुत नीची ज्वाला पर बेरियम सल्फ़ेटके अवक्षेपको सुखाकर तौल लीजिये। छनितको इतना गर्म करिए कि उसका $\frac{2}{3}$ आयतन बच रहे। इसे ठण्डा करिए। कुछ देर बाद क्यूप्रिक क्लोराइडके सुईकी आकृतिके केलास बन जायँगे। मातृ-द्रावको अलग कर दीजिये और केलासोंको छन्नक पत्रकी परतोंमें दबाकर सुखा लीजिये। यह केलास प्रक्लेद्य (deliquescent) होते हैं।

४. **फ़ेरस अमोनियम सल्फ़ेट** $FeSO_4(NH_4)_2.6H_2O$. २० घ० से० पानीमें १५ ग्राम फ़ेरस सल्फ़ेटके केलास गर्म करिए। जब यह घुल जांय तो इसे छान लीजिये। ८ घ० से० पानीमें ७ ग्राम अमोनियम सल्फ़ेट उबालकर घोल लीजिये। छाननेके बाद दोनों घोलोंको गर्म हालतमें ही मिला दीजिये। इस घोलमें ३ घ० से० तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल मिला लीजिये। ठण्डा करने पर फ़ेरस अमोनियम सल्फ़ेटके नीले-हरे केलास बन जाते हैं। इन्हें छान कर सुखा लीजिये।

१५

घुलनशीलताका निश्चयन
(Determination of Solubility)

घुलनशीलता किसी पदार्थकी घुलनेकी क्षमताकी नाप है। यह निम्न प्रकार नापी जाती है।

१०० ग्राम घोलकमें अधिकसे अधिक जितने ग्राम पदार्थ घुला रह सकता है वही उस पदार्थ की घुलनशीलता है। घुलनशीलता बतानेके साथ-साथ घोलका ताप भी बताना आवश्यक है। क्योंकि ताप घटाने या बढ़ानेसे घुलनशीलता भी बदल जाती है।

विधि. पदार्थको पीसकर बहुत महीन कर लीजिये। एक फ़्लास्कमें पानी लेकर पदार्थ उसमें मिला दीजिये। फ़्लास्कका मुह ऐसी कॉर्कसे बन्द करिए जिसमें तापमापी और पिपेट लगे हों। पानीको गर्म करिए और ९०°C पर पदार्थका संतृप्त घोल तैयार कर लीजिये। इसे ठण्डा होने दीजिये। इस घोलकी ५-७ बूदें एक तुलनशीशी में ७०°C ताप पर भर लीजिये और इसकी तौल मालूम कर लीजिये।

इसी क्रियाको तापों, जैसे ६०°C, ५०°C, आदि पर करिए। तुलनशीशियोंसे घोलकोंको उड़ जाने दीजिये और इन्हें सूखे लवणके साथ फिर तौल लीजिये।

अपने निरीक्षणोंको नीचे दी गई रीतिसे लिखिए:

ताप	तुलनशीशीकी संहति (A)	शीशी + घोलकी संहति (B)	शीशी + घुलितकी संहति (C)
७५°C			
७०°C			
६५°C			
६०°C			

गणना. घोलकी संहति = B − A ग्राम
घुलितकी ,, = C − A ग्राम
घोलककी ,, = B − C ग्राम

इसलिए घुलनशीलता $= \frac{C-A}{B-C}$

घुलनशीलता और तापको क्रमशः ग्राफ़-पत्रके ख–अक्ष और कं–अक्ष पर प्रदर्शित करके उनके बीचमें ग्राफ़ खींच लीजिये। इस ग्राफ़की मददसे किसी ताप पर घुलनशीलता मालूम कर सकते हैं।

१६

ऑक्सीकारक और अवकारक
(Oxidising and Reducing Agents)

नीचे लिखे परीक्षणोंकी सहायतासे यह पता लगा सकते है कि दिया हुआ पदार्थ ऑक्सीकारक है या अवकारक।

अवकारक. अगर यह गैस हो तो इसे पोटैसियम परमैंगनेट घोलमें से (जिसे तनु सल्फ़्यूरिक अम्लसे अम्लीय बना लिया गया हो) प्रवाहित करिए।

अगर यह द्रव या ठोस हो तो इसे पोटैसियम परमैंगनेटके उसी अम्लीय घोलमें उबालिए। यदि परमैंगनेट घोल रंगहीन हो जाय तो पदार्थ अवकारक होगा।

इस परीक्षणको नीचे लिखे पदार्थोंके साथ करिए:

१. नवजात हाइड्रोजन, २. हाइड्रोजन, ३. सोडियम सल्फ़ाइट, ४. सोडियम सल्फ़ाइड, ५. सोडियम ऑक्ज़ेलेट, ६. ऑक्ज़ेलिक अम्ल, ७. सोडियम नाइट्राइट।

ऑक्सीकारक. इसका परीक्षण स्टार्च आयोडाइडके कागज़से करिए। यदि उस पर नीला धब्बा बन जाय तो वह पदार्थ ऑक्सीकारक होगा।

इस परीक्षणको नीचे लिखे पदार्थोंके साथ करिए।

१. तनु नाइट्रिक अम्ल, २. अम्लीय पोटैसियम परमैंगनेट, ३. अम्लीय पोटैसियम डाइक्रोमेट, ४. हाइड्रोजन परॉक्साइड, ५. सोडियम नाइट्रेट।

कुछ पदार्थ ऐसे भी होते हैं जो ऑक्सीकारक और अवकारक दोनोंकी तरह काम करते हैं।

पोटैसियम आयोडाइड और स्टार्चमें डुबोकर सुखाये गये छन्नक-पत्रको स्टार्च आयोडाइड कागज़ कहते है। कोई भी ऑक्सीकारक पोटैसियम आयोडाइडको ऑक्सीकृत करके आयोडीन निकाल देता है। आयोडीन स्टार्चके साथ क्रिया करके कागज़को अपना विशेष रंग दे देती है।

परिशिष्ट (क)

प्रतिकारकोंको बनाना (Preparation of Reagents)

१. लगभग ५ N नॉर्मलताके तनु अमलोंको बनाना.

(क) **सल्फ़्यूरिक अम्ल.** एक लिटर आयतनके फ्लास्कको पानीसे आधा भर लीजिए। इसमें १४० घ० से० सान्द्र सल्फ़्यूरिक अम्ल धीरे-धीरे छोड़िए। इसे ठण्डा होने दीजिए और तब इसमें आसुत पानी मिलाकर घोलका आयतन १००० घ० से० बना लीजिये। इसे अच्छी तरह हिला लीजिये।

(ख) **हाइड्रोक्लोरिक अम्ल.** एक नपना फ़्लास्कमें ४३० घ० से० सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्लमें आसुत पानी मिलाकर उसका आयतन १००० घ० से० कर लीजिये।

(ग) **नाइट्रिक अम्ल.** ३१० घ० से० सान्द्र नाइट्रिक अम्लमें आसुत पानी मिलाकर घोलका आयतन १००० घ० से० कर लीजिये।

(घ) **एसिटिक अम्ल.** २८५ घ० से० सान्द्र एसिटिक अम्लमें आसुत पानी मिलाकर घोलका आयतन १००० घ० से० कर लीजिये।

२. लगभग ५N नॉर्मलता के तनु मस्मों को बनाना.

(क) **अमोनियम हाइड्रॉक्साइड घोल.** ३३५ घ० से० सान्द्र क्षारमें आसुत पानी मिलाकर घोलका आयतन १००० घ० से० कर लीजिये।

(ख) **सोडियम हाइड्रॉक्साइड.** २२० ग्राम शुद्ध NaOH को पानीमें घोलकर उसे तनु बना लीजिये। इस घोलका आयतन १००० घ० से० बना लीजिये। इसकी नार्मलता लगभग ५ N होगी।

(ग) **कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड.** एक लिटर पानीमें ३ ग्राम कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड घोल लीजिये। इसे अच्छी तरह हिला कर छान लीजिये।

परिशिष्ट (ख)

सान्द्र अम्लों और क्षारोंकी नॉर्मलता

पदार्थ	आपेक्षिक घनत्व	नॉर्मलता
सल्फ़्यूरिक अम्ल	१·८४	३६ N
हाइड्रोक्लोरिक अम्ल	१·१९	१२ N
नाइट्रिक अम्ल	१·४२	१६ N
एसिटिक अम्ल	१·०५	१७ N
अमोनियम हाइड्रॉक्साइड	०·८८	१५ N

परिशिष्ट (ग)

प्रामाणिक घोलोंमें पदार्थकी संहति

संख्या	नाम	तुल्यांक भार	२५० घ० से० N/१० घोलमें लवणका भार
१.	सल्फ़्यूरिक अम्ल	४९·०४१	१·२२६०
२.	हाइड्रोक्लोरिक अम्ल	३६·४६५	·९११६
३.	नाइट्रिक अम्ल	६३·०१६	१·५७५४
४.	ऑक्जेलिक अम्ल	६३·०३५	१·५७५९
५.	सोडियम हाइड्रॉक्साइड	४०·००५	१·०००१
६.	पोटैसियम हाइड्रॉक्साइड	५६·१०४	१·४०२६
७.	सोडियम कार्बोनेट	५३·००२	१·३२५०
८.	पोटैसियम परमैंगनेट	३१·६०५२	०·७९०१
९.	पोटैसियम डाइक्रोमेट	४९·०३५	१·२२५९
१०.	पोटैसियम क्लोराइड	७४·५५३	१·८६३८
११.	सिल्वर नाइट्रेट	१६९·८८८	४·२४७२

परिशिष्ट (घ)

अन्तर्राष्ट्रीय मान्य परमाणु-भार

तत्त्व	परमाणु-भार	तत्त्व	परमाणु-भार
Aluminium	26·97	Iron	55·85
Antimony	121·76	Lead	207·21
Argon	39·944	Lithium	6·940
Arsenic	74·91	Magnesium	24·32
Barium	137·36	Manganese	54·93
Bismuth	209·00	Mercury	200·61
Boron	10·82	Nickel	58·69
Bromine	79·916	Nitrogen	14·008
Cadmium	112·41	Oxygen	16·00
Calcium	40·08	Phosphorous	30·98
Carbon	12·011	Platinum	195·23
Chlorine	35·457	Potassium	39·096
Chromium	52·01	Silicon	28·06
Cobalt	58·94	Silver	107·880
Copper	63 54	Sodium	22·997
Fluorine	19·00	Strontium	87·63
Gold	197·2	Sulphur	32·066
Helium	4·003	Tin	118·70
Hydrogen	1·008	Uranium	238·07
Iodine	126·92	Zinc	65·38

मुद्रक: दि अपर इंडिया पब्लिशिंग हाउस लिमिटेड, लखनऊ
सर्वाधिकार: नरोत्तम भार्गव

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 2 3	4 5 6	7 8 9
10	0000	0043	0086	0128	0170						5 9 13	17 21 26	30 34 38
						0212	0253	0294	0334	0374	4 8 12	16 20 24	28 32 36
11	0414	0453	0492	0531	0569						4 8 12	16 20 23	27 31 35
						0607	0645	0682	0719	0755	4 7 11	15 18 22	26 29 33
12	0792	0828	0864	0899	0934						3 7 11	14 18 21	25 28 32
						0969	1004	1038	1072	1106	3 7 10	14 17 20	24 27 31
13	1139	1173	1206	1239	1271						3 6 10	13 16 19	23 26 29
						1303	1335	1367	1399	1430	3 7 10	13 16 19	22 25 29
14	1461	1492	1523	1553	1584						3 6 9	12 15 19	22 25 28
						1614	1644	1673	1703	1732	3 6 9	12 14 17	20 23 26
15	1761	1790	1818	1847	1875						3 6 9	11 14 17	20 23 26
						1903	1931	1959	1987	2014	3 6 8	11 14 17	19 22 25
16	2041	2068	2095	2122	2148						3 6 8	11 14 16	19 22 24
						2175	2201	2227	2253	2279	3 5 8	10 13 16	18 21 23
17	2304	2330	2355	2380	2405						3 5 8	10 13 15	18 20 23
						2430	2455	2480	2504	2529	3 5 8	10 12 15	17 20 22
18	2553	2577	2601	2625	2648						2 5 7	9 12 14	17 19 21
						2672	2695	2718	2742	2765	2 4 7	9 11 14	16 18 21
19	2788	2810	2833	2856	2878						2 4 7	9 11 13	16 18 20
						2900	2923	2945	2967	2989	2 4 6	8 11 13	15 17 19
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	1857	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

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 2 3	4 5 6	7 8 9
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
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 2 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	8422	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

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 2 3	4 5 6	7 8 9
·00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0 0 1	1 1 1	2 2 2
·01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0 0 1	1 1 1	2 2 2
·02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0 0 1	1 1 1	2 2 2
·03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0 0 1	1 1 1	2 2 2
·04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0 1 1	1 1 2	2 2 2
·05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0 1 1	1 1 2	2 2 2
·06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0 1 1	1 1 2	2 2 2
·07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0 1 1	1 1 2	2 2 2
·08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0 1 1	1 1 2	2 2 3
·09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0 1 1	1 1 2	2 2 3
·10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0 1 1	1 1 2	2 2 3
·11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0 1 1	1 2 2	2 2 3
·12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0 1 1	1 2 2	2 2 3
·13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0 1 1	1 2 2	2 3 3
·14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0 1 1	1 2 2	2 3 3
·15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0 1 1	1 2 2	2 3 3
·16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0 1 1	1 2 2	2 3 3
·17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0 1 1	1 2 2	2 3 3
·18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0 1 1	1 2 2	2 3 3
·19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0 1 1	1 2 2	3 3 3
·20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0 1 1	1 2 2	3 3 3
·21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0 1 1	2 2 2	3 3 3
·22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0 1 1	2 2 2	3 3 3
·23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0 1 1	2 2 2	3 3 4
·24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0 1 1	2 2 2	3 3 4
·25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0 1 1	2 2 2	3 3 4
·26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0 1 1	2 2 3	3 3 4
·27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0 1 1	2 2 3	3 3 4
·28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0 1 1	2 2 3	3 4 4
·29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0 1 1	2 2 3	3 4 4
·30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0 1 1	2 2 3	3 4 4
·31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0 1 1	2 2 3	3 4 4
·32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0 1 1	2 2 3	3 4 4
·33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0 1 1	2 2 3	3 4 4
·34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1 1 2	2 3 3	4 4 5
·35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1 1 2	2 3 3	4 4 5
·36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1 1 2	2 3 3	4 4 5
·37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1 1 2	2 3 3	4 4 5
·38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1 1 2	2 3 3	4 4 5
·39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1 1 2	2 3 3	4 5 5
·40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1 1 2	2 3 4	4 5 5
·41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1 1 2	2 3 4	4 5 5
·42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1 1 2	2 3 4	4 5 6
·43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1 1 2	3 3 4	4 5 6
·44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1 1 2	3 3 4	4 5 6
·45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1 1 2	3 3 4	5 5 6
·46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1 1 2	3 3 4	5 5 6
·47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1 1 2	3 3 4	5 5 6
·48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1 1 2	3 4 4	5 6 6
·49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1 1 2	3 4 4	5 6 6

ANTILOGARITHMS

#	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 2 3	4 5 6	7 8 9
·50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1 1 2	3 4 4	5 6 7
·51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1 2 2	3 4 5	5 6 7
·52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1 2 2	3 4 5	5 6 7
·53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1 2 2	3 4 5	6 6 7
·54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1 2 2	3 4 5	6 6 7
·55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1 2 2	3 4 5	6 7 7
·56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1 2 3	3 4 5	6 7 8
·57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1 2 3	3 4 5	6 7 8
·58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1 2 3	4 4 5	6 7 8
·59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1 2 3	4 5 5	6 7 8
·60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1 2 3	4 5 6	6 7 8
·61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1 2 3	4 5 6	7 8 9
·62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1 2 3	4 5 6	7 8 9
·63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1 2 3	4 5 6	7 8 9
·64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1 2 3	4 5 6	7 8 9
·65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1 2 3	4 5 6	7 8 9
·66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1 2 3	4 5 6	7 9 10
·67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1 2 3	4 5 7	8 9 10
·68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1 2 3	4 6 7	8 9 10
·69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1 2 3	5 6 7	8 9 10
·70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1 2 4	5 6 7	8 9 11
·71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1 2 4	5 6 7	8 10 11
·72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1 2 4	5 6 7	9 10 11
·73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1 3 4	5 6 8	9 10 11
·74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1 3 4	5 6 8	9 10 12
·75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1 3 4	5 7 8	9 10 12
·76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1 3 4	5 7 8	9 11 12
·77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1 3 4	5 7 8	10 11 12
78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1 3 4	6 7 8	10 11 13
79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1 3 4	6 7 9	10 11 13
·80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1 3 4	6 7 9	10 12 13
81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2 3 5	6 8 9	11 12 14
82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2 3 5	6 8 9	11 12 14
·83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2 3 5	6 8 9	11 13 14
84	6918	6934	0950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2 3 5	6 8 10	11 13 15
85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2 3 5	7 8 10	12 13 15
·86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2 3 5	7 8 10	12 13 15
·87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2 3 5	7 9 10	12 14 16
·88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2 4 5	7 9 11	12 14 16
·89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2 4 5	7 9 11	13 14 16
·90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2 4 6	7 9 11	13 15 17
·91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2 4 6	8 9 11	13 15 17
·92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2 4 6	8 10 12	14 15 17
·93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2 4 6	8 10 12	14 16 18
·94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2 4 6	8 10 12	14 16 18
·95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2 4 6	8 10 12	15 17 19
·96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2 4 6	8 11 13	15 17 19
97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2 4 7	9 11 13	15 17 20
98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2 4 7	9 11 13	16 18 20
·99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2 5 7	9 11 14	16 18 20