

परियोजनाएं

रसायन की खोज परक परियोजना की पृष्ठभूमि

प्रस्तावना

विज्ञान में ज्ञान के विस्तार और परिणामस्वरूप शिक्षा पद्धति में परिवर्तन के कारण शैक्षणिक विधियों में बदलाव आया है। अब पढ़ाने के लिए पुरातन प्रवचन विधि के स्थान पर खोज परक और विचार विमर्श की विधियों को अधिक महत्व दिया जाता है। हायर सेकेंडरी स्तर पर विज्ञान शिक्षण में परियोजना-कार्य सम्मिलित करके एक नया आयाम जोड़ दिया गया है। परियोजना द्वारा शिक्षा देना व्यक्तिगत शिक्षण तकनीक है यह विद्यार्थी को समस्या के निर्धारण, अपनी कार्य योजना बनाने, उचित संसाधन ढूंढने, अपनी योजना को क्रियान्वित करने और निष्कर्ष निकालने का अवसर देती है इस प्रकार से विद्यार्थी आधारभूत वैज्ञानिक सिद्धांतों, विधियों और प्रक्रियाओं से परिचित होते हैं और वैज्ञानिक खोज के विभिन्न पक्षों का प्रत्यक्ष ज्ञान प्राप्त करते हैं। इस प्रकार से परियोजना कार्य सहायक होता है- (क) विज्ञान में अभिरूचि के उद्दीपन में (ख) वैज्ञानिक जिज्ञासा उत्पन्न करने में (ग) स्वतंत्र विवेचनात्मक सोच उत्पन्न करने में (घ) विज्ञान के क्षेत्र के विभिन्न साधनों और तकनीकों के उपयोग का अनुभव देने में और (च) आत्मविश्वास उत्पन्न करने में। इसलिए वर्तमान में विज्ञान शिक्षण में और अधिक परियोजना कार्य को प्रोत्साहन देने की प्रवृत्ति है।

किसी भी प्रकार की खोजबीन, जो पुस्तकालय, प्रयोगशाला, कार्यक्षेत्र अथवा घर में प्रतिपादित, योजनाबद्ध और कार्यान्वित की गई हो, खोज परक परियोजना होती है। परियोजना इतनी आसान हो सकती है कि खनिजों के नमूने एकत्र किए जाएं और यह इतनी कठिन हो सकती है जिसमें किसी रसायन के उत्पादन की परिस्थिति के अनुकूल प्रक्रिया खोजी जाए। कुछ परियोजनाएं पूर्णतः सैद्धांतिक हो सकती हैं और इनमें केवल पुस्तकालय में कार्य की आवश्यकता होती है। अन्यो में प्रयोगशाला में प्रायोगिक कार्य की आवश्यकता पड़ सकती है। विज्ञान का प्रायोगिक कार्य विद्यार्थियों को अनेकों वैज्ञानिक उपकरणों, साधनों और बौद्धिक कुशलता से परिचित करता है।

परियोजना का चुनाव करना

सामान्यतः परियोजना का चुनाव विद्यार्थियों द्वारा किया जाना चाहिए। परियोजना का विचार कक्षा में विषय पढ़ते समय, विभिन्न परियोजनाओं की रिपोर्ट पढ़ते समय, विज्ञान समाचारों से, विज्ञान पत्रिकाओं के लेख पढ़ते समय इत्यादि से प्राप्त होता है। कभी-कभी विज्ञान परियोजना का विचार कक्षा में उन विषयों पर विचार विमर्श करते समय उत्पन्न हो सकता है जहाँ परीक्षण, परिमाण और व्याख्या की आवश्यकता होती है। परियोजनाओं के लिए विचार प्राप्त करने के लिए विज्ञान की कुछ पत्रिकाएँ हैं-

- (क) जर्नल ऑफ़ केमिकल ऐजुकेशन
- (ख) कैमेस्ट्री ऐजुकेशन

- (ग) ऐजुकेशन इन केमेस्ट्री
- (घ) न्यू साइंटिस्ट
- (च) स्कूल साइंस
- (छ) स्कूल साइंस रिव्यू
- (ज) साइंस
- (झ) साइंटिफिक अमेरिकन
- (ट) स्कूल साइंस रिसोर्स लेटर इत्यादि।

एक बार परियोजना कार्य प्रारंभ होने के पश्चात इससे नए शीर्षक और विचार प्राप्त हो सकते हैं।

यदि उपरोक्त वैज्ञानिक साहित्य आसानी से उपलब्ध हो तब भी यह मान लेना उचित नहीं है कि विद्यार्थी सहजता से कार्य प्रारंभ कर पाएंगे। वैज्ञानिक पत्रिकाओं की उपरोक्त सूची में से अधिकतर भारतीय स्कूलों में उपलब्ध नहीं होते अतः विद्यार्थियों को शिक्षकों के मार्गदर्शन की आवश्यकता होती है। यदि कुछ विद्यार्थियों को परियोजना के लिए विचार न मिलें तो शिक्षक परियोजनाओं के सुझाव के लिए सूची दे सकते हैं या विद्यार्थियों को विज्ञान मेलों में यह दिखाने के लिए ले जा सकते हैं कि दूसरे विद्यार्थी क्या कर रहे हैं। परियोजनाओं पर कार्य करने के लिए रूपरेखा नीचे दी गई है-

1. परियोजना का शीर्षक
2. परियोजना का उद्देश्य और महत्व
3. परियोजना की कार्य योजना का संक्षिप्त विवरण

परियोजना का शीर्षक इस प्रकार से लिखा जाना चाहिए कि परियोजना का उद्देश्य और महत्व साफ़ हो। दूसरे शब्दों में परियोजना का शीर्षक और उद्देश्य रुचि और जिज्ञासा उत्पन्न करने वाले होने चाहिए। परियोजना के कार्य की रूपरेखा विद्यार्थियों को कार्य प्रारंभ करने में सहायता करती है।

यह विवाद का विषय हो सकता है कि परियोजना के लिए विचारों का सुझाव देने से परियोजना कार्य का मौलिकता नामक मूल उद्देश्य ही समाप्त हो जाता है, परन्तु विद्यार्थियों को मार्गदर्शन देना प्रत्येक विद्यार्थी को किसी उद्देश्य के लिए पहली बार प्रारंभ करने को प्रेरित करने के लिए संपूर्णतः वैज्ञानिक और आवश्यक है।

समय की व्यवस्था

सेन्ट्रल बोर्ड ऑफ़ सेकेंड्री ऐजुकेशन ने परियोजना कार्य के लिए दस घंटे (पीरियड) का समय निर्धारित किया है। विद्यार्थी सत्र के शुरू होते ही कार्य प्रारंभ कर सकते हैं और इसे चरणों में पूरा करके परियोजना रिपोर्ट सत्र के अन्त में प्रस्तुत कर सकते हैं।

तकनीकी और अकादमिक मार्गदर्शन

यह परियोजना कार्य के निर्विघ्न संचालन के लिए एक आवश्यक कारक है। विद्यार्थी को परियोजना कार्य की योजना बहुत पहले बनाकर इसकी रूपरेखा पर शिक्षक से विचार

विमर्श कर लेना चाहिए। यदि किसी उपकरण अथवा यंत्र का काम चलाने के लिए प्रबंध न करना हो या प्रयोगशाला में कोई रसायन उपलब्ध न हो तो शिक्षक की सहायता ली जा सकती है। यदि तकनीक अथवा अकादमिक मार्गदर्शन की आवश्यकता हो तो न केवल रसायन के संबंधित शिक्षक से अपितु भौतिकी और विज्ञान के अन्य शिक्षकों की सहायता भी ली जा सकती है।

प्रयोगशाला के संसाधन

जहाँ तक संभव हो, ऐसी परियोजना का चुनाव करना चाहिए जिसकी आवश्यक सामग्री (उपकरण, यंत्र, रसायन इत्यादि) आसानी से उपलब्ध हो। यदि रसायन या उपकरण काम चलाऊ अथवा मूल उपकरण प्रयोगशाला में उपलब्ध न हों और विद्यार्थी परियोजना कार्य के लिए इतना उत्सुक हो कि इसे खरीदना चाहे और यह उसकी सामर्थ्य में हो तो वह खरीद सकता है। विद्यार्थियों को बहुत खर्चीली परियोजनाओं को लेने से मना करना चाहिए। प्रभावी परियोजना कार्य का अभिगम विषयोन्मुख न होकर एकीकृत होना चाहिए।

प्रयोगशाला में परियोजना कार्य करने के लिए बड़े और अलग स्थान की आवश्यकता हो सकती है। ऐसी व्यवस्था करनी चाहिए कि दिए गए समय में सभी विद्यार्थी प्रयोगशाला में कार्य न करें। कुछ विद्यार्थी पुस्तकालय में संदर्भ-पुस्तकें इकट्ठी करें जबकि अन्य विद्यार्थी प्रयोगों की रूपरेखा तैयार करें।

संक्षारण और किण्वन इत्यादि जैसी लम्बे समय तक चलने वाले प्रयोगों को करने में कुछ समस्याएं आ सकती हैं। इसके लिए सुझाव है कि प्रयोगशाला में एक अलग मेज हो जिस पर लम्बे समय तक चलने वाले प्रयोग व्यवस्थित किए जा सकें। परियोजना से संबंधित कुछ रसायन और उपकरणों को व्यवस्थित करने के लिए विद्यार्थियों का नाम लिखे गते के डिब्बों का प्रयोग किया जा सकता है। यदि खाली बोतलें उपलब्ध हों तो रसायनों को रखने के काम में लाई जा सकती हैं।

परियोजना-कार्य को रिकॉर्ड करना

परियोजना कार्य के अवलोकनों को रिकॉर्ड करना अत्यंत आवश्यक होता है। विद्यार्थियों को प्रोत्साहित करना चाहिए कि वे नकारात्मक परिणामों को भी रिकॉर्ड करें। परियोजना की रिपोर्ट लिखने के लिए एक सामान्य रूप रेखा नीचे दी गई है।

इसमें निम्नलिखित बिंदु होने चाहिए-

1. परियोजना का शीर्षक जिससे उद्देश्यों की झलक मिलती हो।
2. जाँच के सिद्धांत
3. आवश्यक उपकरण और रसायन
4. यदि कोई कामचलाऊ व्यवस्था की गई हो तो उसका उल्लेख
5. प्रक्रिया
6. अवलोकन और परिकलन
7. परिणाम और वे तर्क जो परिणामों का आधार हों।

8. सावधानियाँ

9. आगे जाँच के लिए यदि कोई सुझाव हो।

उपरोक्त रूपरेखा को स्पष्ट करने के लिए एक परियोजना रिपोर्ट का नमूना अन्त में दिया गया है। यह ध्यान रहे कि परियोजना रिपोर्ट का नमूना परियोजना लिखते समय विद्यार्थियों के मार्गदर्शन के लिए है। यह सर्वांगीण नहीं है और इसमें और सुधार किए जा सकते हैं। कुछ परियोजनाओं की संक्षिप्त रूपरेखा पुस्तक में दी गई है।

परियोजना-1

शीर्षक

जल में सल्फाइड आयन की सांद्रता ज्ञात करके जीवाणु द्वारा जल प्रदूषण का परीक्षण करना और प्रदूषण का कारण जानना।

उद्देश्य

विभिन्न स्रोतों से प्राप्त जल के नमूनों में सल्फाइड आयन की सांद्रता निर्धारित करके जीवाणु प्रदूषण ज्ञात करना।

पृष्ठभूमि

जल में सल्फाइड आयनों की उपस्थिति तब होती है जब अवायवीय जीवाणु जैव द्रव्यों का अपघटन करते हैं अथवा सल्फेटों को अपचित करते हैं। यह ठहरे हुए जल में पाए जाते हैं। सामान्यतः कागज की मिल, गैस उद्योग, चर्म उद्योग, सीवर और दूसरे रासायनिक उद्योग इस प्रकार के जीवाणुओं की बढ़वार के लिए उत्तरदायी होते हैं।

संक्षिप्त प्रक्रिया

नमूने एकत्रित करना

सल्फाइड आसानी से आक्सीकृत हो जाते हैं अतः नमूना लेते समय सावधानी रखनी चाहिए कि वायु को नाइट्रोजन अथवा कार्बन डाइऑक्साइड जैसी गैसों द्वारा निकाल दिया जाए परन्तु नमूना एकत्र करते ही 'स्थिर' कर देना सर्वोत्तम होता है। यह Cd-Zn ऐसीटेट विलयन मिलाकर किया जा सकता है। इसके लिए 80 mL जल में 20 mL Cd-Zn ऐसीटेट विलयन मिला कर कुल 100 mL आयतन प्राप्त करें। Cd-Zn ऐसीटेट विलयन बनाने के लिए 50 g कैडमियम और 50 g जिंक ऐसीटेट को 1.0 L जल में घोलें। यदि नमूना अम्लीय प्रकृति का हो तो पहले इसे क्षारक के आधिक्य से उदासीन कर लें।

‘स्थिर’ किए गए विलयन का अनुमापन

एक अनुमापन फ्लास्क में ‘स्थिर’ किए गए नमूने के 100 mL लेकर 0.025 M आयोडीन विलयन के 20 mL मिलाकर तुरंत (1:1) HCl के 15 mL मिलाएं। आयोडीन के आधिक्य को 0.05 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ द्वारा अनुमापित करें। स्टार्च को सूचक की तरह अंत्य-बिंदु के पास मिलाएं। H_2S से अभिक्रिया में प्रयुक्त हुई आयोडीन की मात्रा से मूल नमूनों में उपस्थित सल्फाइड आयनों की मात्रा की गणना करें। यदि रिक्त अनुमापन के आंकड़े उपलब्ध हों तो उन्हें गणना से प्राप्त मात्रा में से घटाएं।

परियोजना-2

शीर्षक

जल शुद्धिकरण की विधियों का अध्ययन।

उद्देश्य

- शुद्धिकरण की विभिन्न विधियों में उपयुक्त सिद्धांत का अध्ययन।
- विभिन्न विधियों से प्राप्त शुद्धता के स्तर का अध्ययन।
- शुद्धिकरण की विभिन्न विधियों के लाभ और हानि का अध्ययन।
- शुद्ध जल के विशेष उपयोगों को ज्ञात करना।

पृष्ठभूमि

विभिन्न प्राकृतिक स्रोतों से प्राप्त जल की शुद्धता भिन्न-भिन्न होती है। प्रदूषण और अशुद्धता का प्रकार उस स्रोत पर निर्भर होता है जिससे जल प्राप्त किया गया हो। पेय जल के अतिरिक्त हमें शुद्ध जल की आवश्यकता दूसरे अनेकों प्रयोजनों के लिए होती है उदाहरणार्थ, रासायनिक विश्लेषण के लिए। जल शुद्धिकरण की कई विधियाँ उपलब्ध हैं। यह अशुद्धि और प्रदूषण को अलग-अलग स्तर तक निकालती हैं। इन विधियों को प्रयुक्त करने के कुछ लाभ और हानियाँ हैं। शुद्धिकरण की विभिन्न विधियों की तुलना से विशेष कार्य के लिए विशेष शुद्धता वाला जल प्राप्त करने की जानकारी प्राप्त होगी।

प्रक्रिया

विद्यार्थी आसपास की बस्ती में उपयोग में ली जा रही विभिन्न तकनीकों को जानने के लिए सर्वेक्षण कर सकते हैं। विशेष शुद्धता के जल का उपयोग जानने के लिए वे साहित्य का सर्वेक्षण कर सकते हैं और उद्योगों का भ्रमण कर सकते हैं। परियोजना के विभिन्न पक्षों का अध्ययन करने के लिए विद्यार्थी समूहों में कार्य कर सकते हैं।

परियोजना-3

शीर्षक

विभिन्न स्थानीय परिवर्तन की स्थितियों में पेय जल में कठोरता, आयरन, फ्लुओराइड, इत्यादि की उपस्थिति की जाँच करना और यदि अनुमत मात्रा से अधिक उपस्थित हों तो कारण का अध्ययन करना।

उद्देश्य

- जल के विभिन्न नमूनों में कठोरता, आयरन, फ्लुओराइड और क्लोराइड इत्यादि की जाँच करना।
- जल में उपरोक्त आयनों के आने के स्थानीय स्रोतों की जानकारी प्राप्त करना।
- यदि आयन अनुमत मात्रा से अधिक हों तो उनके स्वास्थ्य पर प्रभाव का अध्ययन करना।
- यह जानकारी प्राप्त करना कि क्या ऐसी ही समस्या बस्ती अथवा उसके आसपास हैं?

पृष्ठभूमि

पेय जल की गुणवत्ता का मनुष्य के स्वास्थ्य और जीवन से सीधा संबंध है। यदि लोह, फ्लुओराइड और क्लोराइड इत्यादि अनुमत मात्रा से अधिक मात्रा में उपस्थित हों तो स्वास्थ्य की अनेक समस्याएं उत्पन्न कर सकते हैं। उदाहरणार्थ यदि फ्लुओराइड की मात्रा अनुमत मात्रा से अधिक हो तो स्थानीय लोगों को फ्लुओरोसिस हो सकता है। जल की कठोरता, कैल्सियम और मैग्नीशियम आयनों के कारण होती है। यह सर्वविदित है कठोर जल धुलाई के कार्य के लिए उपयुक्त नहीं होता अतः आयनों की मात्रा और प्रकार को जानना अत्यन्त आवश्यक है।

प्रक्रिया

विद्यार्थी विभिन्न स्रोतों से जल के नमूने एकत्र कर सकते हैं। वे विश्लेषण की सामान्य प्रक्रिया द्वारा विभिन्न आयनों की उपस्थिति ज्ञात कर सकते हैं। जल की संपूर्ण कठोरता का आकलन संकुलमितीय अनुमापन की मानक प्रक्रिया द्वारा किया जा सकता है। Cl^- , F^- और Fe^{2+} आयनों का आकलन करना इस स्तर पर कठिन होगा अतः मात्रात्मक आंकड़े प्राप्त करने के लिए मानक प्रयोगशालाओं की सहायता ली जा सकती है।

परियोजना-4

शीर्षक

कपड़ा धोने के विभिन्न साबुनों की फेनन क्षमता की जाँच और उनकी फेनन क्षमता पर सोडियम कार्बोनेट मिलाने का प्रभाव।

उद्देश्य

साबुनों की फेनन क्षमता और उनकी फेनन क्षमता पर सोडियम कार्बोनेट मिलाने के प्रभाव का अध्ययन।

संक्षिप्त प्रक्रिया

साबुन के 1g नमूने को 100 mL आसुत जल में पूर्णतः घोल लें। एक क्वथन नली में 10 mL साबुन का विलयन लेकर इसके मुँह को कार्क से बंद कर दें और विलयन को 20 बराबर झटके देकर हिलाएं जिससे फेन एक समान बढ़ें। क्वथन नली की लंबाई वहाँ तक नापें जहाँ तक फेन उठा है। इसी प्रकार से दूसरे साबुनों के साथ प्रयोग को दोहराएं।

प्रत्येक साबुन के उपरोक्त विलयन के 50 mL में अलग-अलग 0.5 g सोडियम कार्बोनेट घोलें। अब क्वथन नली में 10 mL विलयन लेकर बराबर बार (उदाहरण 20 एक से झटके) हिलाएं। जहाँ तक फेन उठे वहाँ तक लंबाई नापें। साबुनों के अन्य विलयनों के साथ प्रयोग दोहराएं। अवलोकनों को सारणीबद्ध करें। सोडियम कार्बोनेट मिलाने के बाद और पहले विभिन्न साबुनों से उठे फेन की ऊँचाई की तुलना करें और निष्कर्ष निकालें।

परियोजना-5

शीर्षक

चाय की पत्तियों के विभिन्न नमूनों की अम्लीयता और इन पत्तियों से बनी चाय के रंग में अन्तर के कारण का अध्ययन।

उद्देश्य

चाय के विभिन्न नमूनों में अम्लों की सांद्रता का पता लगाना और निष्कर्ष के रंग पर अम्ल अथवा क्षार मिलाने के प्रभाव का अध्ययन।

संक्षिप्त प्रक्रिया

(क) चाय में उपस्थित अम्लों की सांद्रता पता लगाना

200 mL आसुत जल में चाय की पत्तियों के 10 g नमूने का निष्कर्ष बनाएं। इसके लिए चाय की पत्ती के अलग-अलग नमूनों को निर्धारित समय तक आसुत जल के साथ उबालें।

चाय का 5 mL निष्कर्ष शंक्वाकार फ्लास्क में लेकर 20 mL आसुत जल से तनुकृत करें। विलयन को एकसार मिलाने के लिए अच्छी तरह हिलाएं और $\frac{M}{50}$ NaOH तथा

फ्रीनॉफथेलीन सूचक का प्रयोग करके इसे अनुमापित करें। चाय के विभिन्न नमूनों में अम्लों की सांद्रता की गणना मोलरता में करें। यदि चाय के रंग से कोई समस्या हो तो निष्कर्ष को ब्यूरेट में लें और सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन को शंक्वाकार फ्लास्क में लें। यदि सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन शंक्वाकार फ्लास्क में लिया जाए तो रंग परिवर्तन गुलाबी से रंगहीन की ओर होगा।

(ख) चाय के निष्कर्ष के रंग पर अम्लों और क्षारकों का प्रभाव

निस्संद पत्र की चार पट्टियाँ लेकर उन्हें 'क', 'ख', 'ग', 'घ' और 'च' नामांकित करें। सभी पट्टियों को चाय के निष्कर्ष के किसी एक नमूने में डुबाएं और निकाल लें। अब 'क', 'ख', 'ग', एवं 'घ' पट्टियों पर क्रमशः तनु HCl, ऐसीटिक अम्ल विलयन, NaOH विलयन डालें। इन पट्टियों के रंग में परिवर्तन की तुलना 'घ' पट्टी के रंग से करें। इस प्रयोग को चाय के निष्कर्ष के अन्य नमूनों के साथ दोहराएं।

परियोजना-6

शीर्षक

विभिन्न द्रवों के वाष्पन की दर का अध्ययन।

उद्देश्य

विभिन्न द्रवों की वाष्पन दर और उनकी रासायनिक संरचना के मध्य संबंध का अध्ययन।

संक्षिप्त प्रक्रिया

पाँच साफ और शुष्क तोलने की नलियाँ लेकर उन्हें 'क', 'ख', 'ग', 'घ' और 'च' नामांकित करें। प्रत्येक तोलने की नली को इसके ढक्कन के साथ तोलें। अब अलग-अलग तोलने की नली में अलग-अलग 10 mL द्रव (एथेनॉल, ईथर, टेट्राक्लोरोमेथेन, ऐसीटोन इत्यादि) लें। प्रत्येक तोलने की नली को दोबारा तोलें और प्रत्येक तोलने की नली में लिए गए द्रव का द्रव्यमान ज्ञात करें।

तोलने की नलियों के ढक्कन हटा दें और उन्हें एक घंटे तक कक्ष ताप पर रहने दें। ठीक एक घंटे बाद प्रत्येक तोलने की नली को ढक्कन लगाकर बंद कर दें और उन्हें एक-एक करके तोल लें।

प्रत्येक द्रव के घटे द्रव्यमान को परिकलित करें। प्रत्येक द्रव के वाष्पन के लिए ताप और सतह का क्षेत्रफल समान होना चाहिए। प्रत्येक द्रव के वाष्पन की दर ग्राम प्रति सेकंड में पता लगाएं। द्रवों के वाष्पन की दर को उनकी रासायनिक संरचना और आंतरा-आण्विक/अंतरा-आण्विक बलों के मध्य विभिन्नता से संबद्ध करें।

परियोजना-7

शीर्षक

रेशों की तनन क्षमता पर अम्लों और क्षारों का प्रभाव।

उद्देश्य

विभिन्न प्रकार के रेशों की तनन क्षमता पर अम्लों और क्षारों के प्रभाव का अध्ययन करना।

संक्षिप्त प्रक्रिया

रेशे की तनन क्षमता को उस न्यूनतम भार द्वारा मापा जाता है जो इसे तोड़ने के लिए आवश्यक है। इसे निम्नलिखित प्रकार से किया जा सकता है।

लगभग 20 cm लंबाई का एक धागा लें और इसके एक सिरे को लोहे के स्टैंड पर स्थिर की गई वलय पर बाँध दें और दूसरे सिरे को एक हैंगर से बाँध दें जिस से भार लटका हो। हैंगर पर भार बढ़ाएं और धागा तोड़ने के लिए आवश्यक न्यूनतम भार ज्ञात करें। समान लंबाई और मोटाई के परन्तु अलग-अलग पदार्थ के (उदाहरणार्थ : रूई, ऊन, रेशम, टेरीलीन इत्यादि) धागे लेकर प्रयोग को दोहराएं। यह भार रेशे की तनन क्षमता का माप है।

रेशे की तनन क्षमता पर अम्लों और क्षारों के प्रभाव का निर्धारण उन्हें एक समान सांद्रता के तनु HCl और तनु NaOH विलयन में अलग-अलग बराबर समय के लिए डुबोकर किया जा सकता है। थोड़े और निश्चित समय के बाद, रेशों को विलयन से निकाल कर जल से धोकर सुखा लिया जाता है। इसके बाद इन धागों को तोड़ने के लिए आवश्यक न्यूनतम भार को ज्ञात किया जाता है। यह भार रेशे की अम्ल अथवा क्षार से क्रिया के बाद तनन क्षमता का माप है। अपने अवलोकनों की व्याख्या रेशे के पदार्थ की रासायनिक संरचना के आधार पर कीजिए।

परियोजना-8

शीर्षक

सब्जियों और फलों में उपस्थित अम्लों और खनिजों का अध्ययन।

उद्देश्य

- (क) विभिन्न सब्जियों और फलों में उपस्थित अम्लों की संपूर्ण मात्रा ज्ञात करना।
- (ख) सब्जियों और फलों में आयरन, कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन और शर्करा इत्यादि की उपस्थिति का पता लगाना।

संक्षिप्त प्रक्रिया

(क) अम्ल का अंश

(सेब, संतरा, आँवला, नींबू, गाजर, गन्ना इत्यादि) कुछ फलों और सब्जियों को दबाकर रूप निकालें। रसों को अलग-अलग पात्रों में रखें। विभिन्न नमूनों की pH ज्ञात करें। रसों को M/100 पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड से अनुमापित करके अम्ल की मात्रा ज्ञात करें। इसके लिए फ्रीनॉलफ्थेलीन को सूचक की तरह प्रयुक्त करें। यदि रसों का रंग गहरा हो तो पर्याप्त मात्रा में आसुत जल मिलाकर तनुकृत कर लें जिससे अनुमापन में सुस्पष्ट अंत्य बिंदु प्राप्त किया जा सके।

रसों के अम्ल मान की तुलना करके उनमें अम्ल के अंश की तुलना करें। फलों और सब्जियों में उपस्थित अम्ल को उदासीन करने के लिए आवश्यक पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड की मिलिग्राम में मात्रा अम्लमान कहलाती है।

(ख) आयरन, कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन और शर्करा का अंश

सब्जियों और फलों के रस में आयरन की उपस्थिति ज्ञात करने के लिए रस को सांद्र HNO_3 अम्ल के साथ कुछ समय तक गरम करने के पश्चात आयरन का परीक्षण करें। कार्बोहाइड्रेट (स्टार्च) प्रोटीन एवं शर्करा को सामान्य परीक्षणों द्वारा पहचाना जा सकता है।

नमूना परियोजना रिपोर्ट

शीर्षक

एक ही सजातीय श्रेणी के कार्बनिक यौगिकों की श्यानता में (क) आप्विक द्रव्यमान और (ख) कार्बन श्रृंखला की संरचना के साथ परिवर्तन का अध्ययन।

पृष्ठभूमि

शहद और मोबिल ऑयल जैसे कुछ द्रव बहुत धीरे बहते हैं जबकि जल और मिट्टी के तेल जैसे दूसरे द्रव तेजी से बहते हैं। जो द्रव धीरे बहते हैं उन्हें श्यान द्रव कहते हैं और दूसरे जो जल्दी बहते हैं अश्यान द्रव कहलाते हैं। किसी द्रव का बहाव के प्रति प्रतिरोध श्यानता कहलाता है। श्यानता द्रव में उपस्थित अंतराआप्विक बलों से संबंधित होती है। अंतराआप्विक बलों के परिमाण में विभिन्नता के कारण द्रवों की श्यानता में भिन्नता होती है। किसी विशेष सजातीय श्रेणी के सजातियों और समावयवियों की श्यानता की तुलना करके उनमें उपस्थित अंतराआप्विक बलों का बोध हो जाता है।

उद्देश्य

इस परियोजना का उद्देश्य (क) श्यानता एवं आप्विक द्रव्यमान तथा (ख) श्यानता एवं कार्बन श्रृंखला की प्रकृति में संबंध स्थापित करना है।

सिद्धांत

द्रव का बहाव के प्रति प्रतिरोध श्यानता गुणांक द्वारा मापा जा सकता है जिसे निम्नलिखित प्रकार से परिभाषित करते हैं-

किसी द्रव का निश्चित ताप पर श्यानता गुणांक वह स्थाई बल होता है, जो इकाई दूरी पर स्थित द्रव की ऐसी दो परतों के मध्य, जिनका इकाई क्षेत्रफल संपर्क में हो, श्यानता का अंतर इकाई रखने के लिए आवश्यक होता है। श्यानता गुणांक को ओस्टवाल्ड श्यानता मापी द्वारा मापा जाता है। दो द्रवों के लिए, जिनके श्यानता गुणांक η_1 और η_2 हों, बहाव का समय (सेकंड में) t_1 एवं t_2 हों तथा जिनका घनत्व क्रमशः d_1 और d_2 हो तो इनमें निम्नलिखित संबंध होता है-

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d_1 \times t_1}{d_2 \times t_2}$$

अतः यदि एक द्रव की श्यानता ज्ञात हो तो दूसरे की श्यानता ज्ञात की जा सकती है।

आपदा चेतावनी

- ऐसीटोन और ऐल्कोहॉल की बोतलों को खुला न छोड़ें क्योंकि ये ज्वलनशील होते हैं।
- बोतलों को ज्वाला से दूर रखें।
- प्रयोग करने के पश्चात् अपने हाथों को धोएं।
- सुरक्षा-चश्मा पहनें।

आवश्यक सामग्री

ओस्टवाल्ड श्यानतामापी, स्टॉप वॉच, बीकर (250 mL), पिपेट, मापक सिलेंडर, मिट्टी का तेल, पेट्रोल, डीजल, मेथिल ऐल्कोहॉल, एथिल ऐल्कोहॉल, प्रोपिल ऐल्कोहॉल, आइसोप्रोपिल ऐल्कोहॉल, ब्यूटिल ऐल्कोहॉल, ऐमिल ऐल्कोहॉल।

प्रक्रिया

श्यानतामापी को धोकर ऐल्कोहॉल से खंगालने के बाद सुखा लिया गया। इसमें प्रेक्षण के अंतर्गत आने वाले द्रव के 10 mL भरने के बाद श्यानतामापी पर बने दो निशानों के मध्य द्रव के बहने में लगने वाले समय को स्टॉप वॉच की सहायता से नोट किया। इन प्रेक्षणों को सारणी-I एवं II में रिकॉर्ड किया। विभिन्न द्रवों की श्यानता की गणना सिद्धांत शीर्षक के अंतर्गत दिए गए सूत्र के अनुसार की गई।

प्रेक्षण एवं गणना

कक्ष ताप = 23°C

सारणी-I

क्र. सं.	यौगिक का नाम	बहने का समय (सेकंड)	घनत्व (g/mL)	श्यानता (मिलीप्वाँज़)
1.	जल	13.5	1	10.08
2.	पेट्रोल	8.5	0.8	6.4
3.	मिट्टी का तेल	22.0	1	16.4
4.	डीजल	48.0	1	18.0

ऐल्कोहॉलों के लिए अलग क्षमता का श्यानतामापी प्रयुक्त किया गया।

सारणी-II

क्र. सं.	यौगिक का नाम	आण्विक द्रव्यमान	बहने का समय (सेकंड)	घनत्व (g/mL)	श्यानता (मिलीप्वाँज)
1.	जल	18	180	1	10 ^७ 08
2.	मेथेनॉल	32	136	0.79	7.6
3.	एथेनॉल	46	258	0.78	14.4
4.	प्रोपेन-1-ऑल	60	391	0.8	21.9
5.	प्रोपेन-2-ऑल	60	546	0.79	30.6
6.	ब्यूटेन-1-ऑल	74	612	0.81	34.3
7.	ब्यूटेन-2-ऑल	74	686	0.80	38.4
8.	2-मेथिल प्रोपेन-1-ऑल	74	1406	0.79	78.8
9.	पेन्टेन-1-ऑल	88	784	0.817	43.9

- * यदि ऐल्कोहॉल के सजात/समावयव उपलब्ध न हों तो दूसरे उपयुक्त यौगिक जो उपलब्ध हों और जिन्हें आसानी से प्रबन्धित किया जा सके, प्रयोग में लाए जा सकते हैं।
- ** सारणी में बहाव के लिए रिकॉर्ड किए गए समय किसी श्यानतामापी के लिए विशेष होते हैं अतः इन्हें मानक मान नहीं मानना चाहिए।

गणना

सारणी-I से देखा जा सकता है कि विभिन्न हाइड्रोकार्बनों की श्यानता—यानी पेट्रोल, मिट्टी का तेल और डीजल ऑयल की औसत श्यानता क्रमशः 6.4, 16.4 और 18.0 है। इनका द्रव्यमान पेट्रोल से डीजल ऑयल की ओर बढ़ता है अतः यह इंगित करता है कि आण्विक द्रव्यमान बढ़ने के साथ श्यानता भी बढ़ती है।

नौ ऐल्कोहॉलों की श्यानता निर्धारित की गई और इनके मान सारणी-II में दिए गए हैं। ऐल्कोहॉलों की श्यानता आण्विक द्रव्यमान बढ़ने के साथ बढ़ती है, जैसा कि मेथेनॉल, एथेनॉल, प्रोपेन-1-ऑल, ब्यूटेन-1-ऑल की श्यानताओं से देखा जा सकता है जो क्रमशः 34.8, 38.4 और 78.8 मिलीप्वाँज हैं। यह प्रदर्शित करता है कि कार्बन शृंखला में शृंखलन बढ़ने से श्यानता बढ़ती है।

सावधानियाँ

श्यानता को उपयोग में लाने से पहले अच्छी तरह साफ करके सुखा लेना चाहिए।

आगे की जाँच-पड़ताल के लिए सुझाव

उपयुक्त यौगिकों का प्रयोग करके अंतराआण्विक बलों के साथ श्यानता में परिवर्तन का अध्ययन किया जा सकता है।

संदर्भ पुस्तक

KEENAN, C.W.; Wood, J.H., *General Chemistry*. IVth Ed., Harper & Row Publishers Inc. New York.

परिशिष्ट

परिशिष्ट I

प्रयोगशाला में अभिकर्मकों की व्यवस्था

प्रयोगशाला परिचारकों को ध्यान देना चाहिए कि प्रत्येक सीट की शेल्व, दीवार और उस पर रखे अभिकर्मकों की बोतलें ठीक प्रकार से व्यवस्थित हों। बोतलों पर लेबल लगे हों और उनमें ताजा बने हुए अभिकर्मकों की पर्याप्त मात्रा हो।

1. प्रत्येक सीट पर रखे जाने वाले अभिकर्मक

छोटे मुँह की बोतलों में रखे जाने वाले अभिकर्मक-

1. अमोनियम कार्बोनेट
2. अमोनियम हाइड्रॉक्साइड
3. चूने का पानी
4. तनु नाइट्रिक अम्ल
5. सल्फ्यूरिक अम्ल (तनु)
6. सल्फ्यूरिक अम्ल (सांद्र)
7. हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (तनु)
8. हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (सांद्र)

2. सामान्य शेल्व पर रखे जाने वाले अभिकर्मक-

(क) ढक्कन वाली छोटे मुँह की बोतलों में रखे जाने वाले विलयन

1. अमोनियम ऑक्सैलेट
2. अमोनियम मोलिब्डेट
3. अमोनियम सल्फेट
4. ऐसीटिक अम्ल (ग्लेशियल)
5. ऐसीटिक अम्ल (तनु)
6. कार्बन डाइसल्फाइड
7. क्लोरीन जल
8. कॉपर सल्फेट
9. कैल्सियम क्लोराइड
10. कैल्सियम सल्फेट
11. कोबाल्ट नाइट्रेट
12. डाइमैथिल ग्लाइऑक्सीम
13. पीत अमोनियम सल्फाइड
14. पोटैशियम आयोडाइड
15. पोटैशियम क्रोमेट
16. पोटैशियम डाइक्रोमेट
17. पोटैशियम परमैंगनेट
18. पोटैशियम फेरिसायनाइड
19. पोटैशियम फेरोसायनाइड
20. फेरस सल्फेट
21. फेरिक क्लोराइड
22. फीनॉलपथैलीन
23. बेरियम क्लोराइड
24. ब्रोमीन जल
25. मरक्यूरिक क्लोराइड
26. मैथिल ऑरिन्ज
27. मैग्नीशियम सल्फेट
28. नेस्लर अभिकर्मक
29. लेड ऐसीटेट
30. स्टार्च विलयन
31. स्टेनस क्लोराइड
32. स्पिरिट परिशोधित
33. सार्विक सूचक
34. सिल्वर नाइट्रेट
35. सोडियम नाइट्रोप्रुसाइड
36. सोडियम हाइड्रोजनफॉस्फेट
37. क्षारकीय- β -नैफ्थॉल

(ख) सामान्य शेल्व पर बड़े मुँह की बोतलों में रखे जाने वाले अभिकर्मक

(अ) ठोस

1. अमोनियम क्लोराइड
2. ऑक्सैलिक अम्ल
3. पोटैशियम क्रोमेट
4. पोटैशियम डाइक्रोमेट
5. फेरस सल्फेट
6. बोरेक्स
7. मैग्नीज डाइऑक्साइड
8. सोडियम कार्बोनेट
9. संगलन मिश्रण
10. सोडियम परऑक्साइड
11. सोडियम नाइट्रेट
12. सोडियम नाइट्रोप्रुसाइड
13. सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट
14. सोडियम हाइड्रॉक्साइड

(ब) धातुएँ

1. कॉपर
2. जिंक ग्रेन्यूल
3. जिंक पाउडर
4. टिन

(स) पत्र

1. पोटैशियम डाइक्रोमेट पत्र
2. लेड ऐसीटेट पत्र
3. लिटमस पत्र (नीला)
4. लिटमस पत्र (लाल)
5. स्टार्च आयोडाइड पत्र
6. सार्विक सूचक पत्र
7. स्टार्च पत्र
8. हरिद्रा पत्र

परिशिष्ट II

रसायन प्रयोगशाला के लिए रसायनों और उपकरणों की सूची

क्र.सं.	अकार्बनिक रसायन	ग्रेड	क्र.सं.	अकार्बनिक रसायन	ग्रेड
1.	अमोनियम ऐसीटेट	L.R.	39.	नाइट्रिक अम्ल (सांद्र)	L.R.
2.	अमोनियम कार्बोनेट	L.R.	40.	pH पत्र और चार्ट	—
3.	सीरिक अमोनियम नाइट्रेट	L.R.	41.	पोटेश ऐलम	L.R.
4.	अमोनियम क्लोराइड	L.R.	42.	पोटेश ऐलम	L.R.
5.	अमोनियम मोलिब्डेट	L.R.	43.	पोटेशियम ब्रोमाइड	L.R.
6.	अमोनियम नाइट्रेट	L.R.	44.	पोटेशियम क्रोमेट	L.R.
7.	अमोनियम ऑक्सैलेट	L.R.	45.	पोटेशियम डाइक्रोमेट	L.R.
8.	अमोनियम फ्रॉस्फेट	L.R.	46.	पोटेशियम फेरिसायनाइड	L.R.
9.	अमोनियम सल्फेट	L.R.	47.	पोटेशियम फेरोसायनाइड	L.R.
10.	अमोनियम थायोसायनेट	L.R.	48.	पोटेशियम हाइड्रॉक्साइड	L.R.
11.	आर्सेनियस ऑक्साइड	L.R.	49.	पोटेशियम आयोडेट	L.R.
12.	आयोडीन	L.R.	50.	पोटेशियम आयोडाइड	L.R.
13.	एल्यूमिनियम क्लोराइड	L.R.	51.	पोटेशियम नाइट्रेट	L.R.
14.	एल्यूमिनियम सल्फेट	L.R.	52.	पोटेशियम नाइट्राइट	L.R.
15.	कैडमियम कार्बोनेट	L.R.	53.	पोटेशियम परमैंगनेट	L.R.
16.	कैडमियम क्लोराइड	L.R.	54.	पोटेशियम सल्फेट	L.R.
17.	कैडमियम नाइट्रेट	L.R.	55.	पोटेशियम थायोसायनेट	L.R.
18.	कैल्सियम कार्बोनेट	L.R.	56.	फेरिक ऐलम	L.R.
19.	कैल्सियम क्लोराइड	L.R.	57.	फेरिक क्लोराइड	L.R.
20.	कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड	L.R.	58.	फेरस अमोनियम सल्फेट	L.R.
21.	कैल्सियम हाइड्रोजनफ्रॉस्फेट (एनहाइड्रस)	L.R.	59.	फेरस सल्फेट	L.R.
22.	कैल्सियम नाइट्रेट	L.R.	60.	फेरस सल्फाइड	L.R.
23.	कैल्सियम ऑक्साइड	L.R.	61.	बेरियम क्लोराइड	L.R.
24.	क्लोरीन जल	L.R.	62.	बेरियम नाइट्रेट	L.R.
25.	कोबाल्ट नाइट्रेट	L.R.	63.	बिस्मथ नाइट्रेट	L.R.
26.	कॉपर कार्बोनेट	L.R.	64.	बोरिक ऐसिड	L.R.
27.	कॉपर सल्फेट	L.R.	65.	ब्रोमीन (द्रव)	L.R.
28.	कॉपर टर्निस	—	66.	मैग्नीशियम ब्रोमाइड	L.R.
29.	क्यूपरिक ऐसीटेट	L.R.	67.	मैग्नीशियम कार्बोनेट	L.R.
30.	क्यूपरिक नाइट्रेट	L.R.	68.	मैग्नीशियम क्लोराइड	L.R.
31.	ज़िंक ऐसीटेट	L.R.	69.	मैग्नीशियम रिबन	L.R.
32.	ज़िंक कार्बोनेट	L.R.	70.	मैग्नीशियम सल्फेट	L.R.
33.	ज़िंक क्लोराइड	L.R.	71.	मैंगनीज डाइऑक्साइड	L.R.
34.	ज़िंक धातु (कणीकृत)	—	72.	मैंगनीज सल्फेट	L.R.
35.	ज़िंक ऑक्साइड	L.R.	73.	मार्बल चिप्स	L.R.
36.	ज़िंक सल्फेट	L.R.	74.	मक्खूरिक क्लोराइड	L.R.
37.	टिन धातु	—	75.	मेथिल ओरेंज	A.R.
38.	निकैल(II)नाइट्रेट	L.R.	76.	मेथिल रेड	A.R.

* L. R. = प्रयोगशाला अभिकर्मक
A. R. = विश्लेषिक अभिकर्मक

क्र.सं.	अकार्बनिक रसायन	ग्रेड
77.	यूरेनिल जिंक ऐसीटेट	L.R.
78.	लोहे को छीलन	L.R.
79.	लेड ऐसीटेट	L.R.
80.	लेड क्लोराइड	L.R.
81.	लेड नाइट्रेट	L.R.
82.	लिकर अमोनिया	L.R.
83.	लिटमस विलयन	—
84.	सिल्वर नाइट्रेट	L.R.
85.	सोडियम ऐसीटेट	L.R.
86.	सोडियम ब्रोमाइड	L.R.
87.	सोडियम कार्बोनेट	L.R.
88.	सोडियम क्लोराइड	L.R.
89.	सोडियम डाइहाइड्रोजनओर्थोफॉस्फेट	L.R.
90.	सोडियम डाइहाइड्रोजनफॉस्फेट	L.R.
91.	सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट	L.R.
92.	सोडियम हाइड्रॉक्साइड (फ्लेक)	L.R.
93.	सोडियम मेटाबाइसल्फाइड	L.R.
94.	सोडियम धातु	L.R.
95.	सोडियम नाइट्रेट	L.R.

क्र.सं.	अकार्बनिक रसायन	ग्रेड
96.	सोडियम नाइट्राइट	L.R.
97.	सोडियम नाइट्रोप्रुसाइड	L.R.
98.	सोडियम ऑक्सैलेट	L.R.
99.	सोडियम परऑक्साइड	L.R.
100.	सोडियम पोटेशियम टार्ट्रेट (रोशेल लवण)	L.R.
101.	सोडियम सल्फेट	L.R.
102.	सोडियम टार्ट्रेट	L.R.
103.	सोडियम थायोसल्फेट	L.R.
104.	स्टैनस क्लोराइड	L.R.
105.	स्टार्च (घुलनशील)	L.R.
106.	सल्फैनिलिक अम्ल	L.R.
107.	सल्फर (गंधक)	L.R.
108.	सल्फ्यूरिक अम्ल, (व्यवसायिक)	L.R.
109.	सार्विक सूचक विलयन/पत्र	L.R.
110.	डाइसोडियम टेट्राबोरेट	L.R.
111.	हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (सांद्र)	L.R.
112.	हाइड्रोजन परऑक्साइड	L.R.
113.	शिफ अभिकर्मक (अथवा फुक्सीन)	L.R.

क्र.सं.	कार्बनिक रसायन	ग्रेड
1.	अरण्ड तेल	L.R.
2.	अलसी का तेल	L.R.
3.	ऑक्सैलिक अम्ल	L.R.
4.	ऐसीटैल्डहाइड	L.R.
5.	ऐसीटेनेलाइड	L.R.
6.	ऐसीटिक अम्ल (ऐथानॉइक अम्ल)	L.R.
7.	ऐसीटिक ऐनहाइड्राइड	L.R.
8.	ऐसीटोन	L.R.
9.	ऐसीटिल क्लोराइड	L.R.
10.	ऐमिल ऐल्कोहॉल	L.R.
11.	ऐनिलीन	L.R.
12.	डाइऐमीनोबेन्जीन	L.R.
13.	डाइएथिल ईथर	L.R.
14.	एरिओक्रोम ब्लैक-T	AR.
15.	एथिल ऐसीटेट	L.R.
16.	एथिल ऐल्कोहॉल	L.R.
17.	एथिलऐमिन	L.R.
18.	एथिलीन डाइऐमीन टेट्राऐसीटिक अम्ल का डाइसोडियम लवण	A.R.
19.	कार्बन डाइसल्फाइड	L.R.
20.	कार्बन टेट्राक्लोराइड	L.R.

क्र.सं.	कार्बनिक रसायन	ग्रेड
21.	क्लोरोफॉर्म	L.R.
22.	p-डाइक्लोरोनोबेन्जीन	L.R.
23.	कागो रेड (डायरेक्ट ऐजो रंजक)	L.R.
24.	ग्लूकोस	L.R.
25.	ग्लिसरॉल	L.R.
26.	p-टालुडीन	L.R.
27.	थायोरूरिया	L.R.
28.	थैलिक अम्ल	L.R.
29.	थैलिक ऐनहाइड्राइड	L.R.
30.	नेफ्थलीन	L.R.
31.	1-नेफ्थाइलऐमीन	L.R.
32.	1-नेफ्थॉल	L.R.
33.	2-नेफ्थॉल	L.R.
34.	निनहाइड्रिन	L.R.
35.	2, 4-डाइनाइट्रोफेनिल हाइड्रैजीन	L.R.
36.	पैराफिन द्रव	L.R.
37.	पेट्रोलियम ईथर (60-80°)	L.R.
38.	पिपिडीन	L.R.
39.	पाइरोगैलॉल	L.R.
40.	डाइफेनिलऐमिन	L.R.
41.	फेलिंग विलयन (A एवं B)	L.R.

क्र.सं.	कार्बनिक रसायन	ग्रेड
42.	फॉर्मैलिडहाइड	L.R.
43.	फॉर्मिक अम्ल	L.R.
44.	फ्रक्टोज	L.R.
45.	फीनॉल	L.R.
46.	फीनॉलप्रथैलीन	L.R.
47.	फ्रेनिल हाइड्रैजीन हाइड्रोक्लोराइड	L.R.
48.	बेनेडिक्ट अभिकर्मक	L.R.
49.	बेन्जीन	L.R.
50.	बेन्जोइक अम्ल	L.R.
51.	बेन्जिल ऐल्कोहॉल	L.R.
52.	बेन्जैलिडहाइड	L.R.
53.	ब्यूटेनॉल	L.R.
54.	डाइमेथिल ग्लाइऑक्सिम	L.R.

क्र.सं.	कार्बनिक रसायन	ग्रेड
55.	मैलेकाइट ग्रीन (क्षारकीय रंजक)	L.R.
56.	मालटोस	L.R.
57.	मशीन का तेल	L.R.
58.	मेथिल ऐल्कोहॉल	L.R.
59.	मेथिल ओरेंज (अम्लीय रंजक)	L.R.
60.	यूरिया	L.R.
61.	रिसॉर्सिनॉल	L.R.
62.	लेक्टॉस	L.R.
63.	सिट्रिक अम्ल	L.R.
64.	सरसों का तेल	L.R.
65.	सेलिसिलिक अम्ल	L.R.
66.	सक्सीनिक अम्ल	L.R.
67.	सूक्रोज	L.R.

क्र.सं.	काँच का सामान (बोरोसिलिकेट)
1.	अंशांकित सिलिंडर (10 mL)
2.	अंशांकित सिलिंडर (50 mL)
3.	अंशांकित सिलिंडर (100 mL)
4.	अंशांकित सिलिंडर (100 mL)
5.	अंशांकित सिलिंडर (250 mL)
6.	क्वथन नली
7.	काँच का ड्रॉपर
8.	किप उपकरण (व्यास 1000 mm)
9.	केल्डाल फ्लास्क
10.	जल चूषित्र
11.	तोलने की बोतल
12.	थीले नली
13.	पेट्रि डिश (8 cm व्यास)
14.	पिपेट (10 mL)
15.	पिपेट (25 mL)
16.	पृथक्कन फनल (250 mL)

क्र.सं.	काँच का सामान (बोरोसिलिकेट)
17.	परखनलली (15 mL)
18.	फ्लास्क (500 mL) गोल पेंदे का
19.	फ्लास्क (1 litre) गोल पेंदे का
20.	फ्लास्क (1 litre) चपटे पेंदे का
21.	फनल (8 cm व्यास)
22.	बीकर (50 mL)
23.	बीकर (100 mL)
24.	बीकर (150 mL)
25.	बीकर (250 mL)
26.	बीकर (500 mL)
27.	ब्यूरेट (50 mL)
28.	लिबिग संघनित्र
29.	शंक्वाकार फ्लास्क (100 mL)
30.	शंक्वाकार फ्लास्क (150 mL)
31.	शंक्वाकार फ्लास्क (250 mL)
32.	वाच ग्लास (9 cm व्यास)

विविध वस्तुएं

क्र. सं. वस्तु का विवरण	क्र. सं. वस्तु का विवरण
1. अगर-अगर	33. नीला काँच
2. अभिकर्मक बोतल (150 mL)	34. निस्यंद पत्र की शीट (हॉटमेन और सामान्य)
3. अभिकर्मक बोतल (250 mL)	35. परखनली ब्रश
4. अभिकर्मक बोतल (500 mL)	36. परखनली होल्डर
5. अभिकर्मक बोतल (2500 mL)	37. परखनली स्टैंड (प्लास्टिक)
6. आयरन स्टैंड	38. प्लेटिनम का तार
7. ऐम्मीटर (0.1 amp)	39. पॉलीथीन की धावन बोतल (500 mL)
8. कैलोरीमीटर	40. पार्सीलेन डिश
9. केशिका नली	41. प्रञ्जवलन नली
10. क्लैम्प	42. फूँकनी
11. कॉपर प्लेट	43. फनल स्टैंड
12. कॉर्क	44. बीहाइव शोल्फ
13. कॉर्क वेधक सेट	45. बुन्सेन बर्नर
14. कॉर्क खोलने वाला	46. ब्यूरेट ब्रश
15. काँच की छड़	47. बाट पेटी (रासायनिक तुला के लिए)
16. काँच की नली	48. भिन्नात्मक भाग
17. काँच की रूई	49. मोम (पैराफिन)
18. खरल और मूसल	50. रासायनिक तुला
19. चारकोल ब्लॉक	51. रिंग क्लैम्प
20. जोड़ने के तार	52. रबर की नली
21. जल ऊष्मक	53. रेगमाल पत्र
22. जल आसवन प्लांट	54. रेत ऊष्मक
23. जिंक प्लेट	55. लकड़ी का ब्यूरेट स्टैंड
24. टूफ	56. वुल्फ बोतल
25. टॉम्स	57. श्वेत ग्लेज़ टाइल
26. ड्राइ सेल (1.5 volts)	58. स्विच (एक ओर)
27. ढक्कन सहित गैस जार	59. सभी आकार के रबर कॉर्क
28. तार की जाली (केंद्र में)	60. स्पैचुला (प्लास्टिक)
29. थर्मामीटर-सामान्य (100°C और 360°C)	61. स्पिरिट
30. थर्मामीटर (0-110°C और 1/10th विभाजित)	62. स्पिरिट लैंप
31. थीसल फनल	63. स्टॉप बॉच
32. धावन बोतल	64. त्रिकोणी रेती
	65. त्रिपाद स्टैंड (आयरन)

परिशिष्ट III

प्रयोगशाला के सामान्य अभिकर्मकों को बनाना

I. सांद्र अम्ल

नाम	सन्निकट सांद्रता	विशिष्ट घनत्व	सन्निकट मात्रा	भार प्रतिशत
1. ऐसीटिक अम्ल (ग्लेशियल)	17.6 M (17.6 N)	1.06	1.06 g/mL	99.5%
2. सांद्र नाइट्रिक अम्ल	15.6 M (15.6 N)	1.42	0.998 g/mL	69.5%
3. सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल	18 M (36.0 N)	1.84	1.76 g/mL	98.0%
4. सांद्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल	11.7 M (11.7 N)	1.19	0.426 g/mL	36.0%

नोट - सांद्र अम्ल जैसे प्राप्त होते हैं वैसे ही प्रयोग में लाए जाते हैं।

II. तनु अम्ल

नाम	सांद्रता	बनाने की विधि
1. तनु ऐसीटिक अम्ल	5 M (5 N)	285 mL ग्लेशियल ऐसीटिक अम्ल को आसुत जल द्वारा एक लिटर तक तनुकृत करें।
2. तनु नाइट्रिक अम्ल	5 M (5 N)	320 mL सांद्र नाइट्रिक अम्ल को आसुत जल द्वारा एक लिटर तक तनुकृत करें।
3. तनु सल्फ्यूरिक अम्ल	2.5 M (5 N)	140 mL सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल को धीरे-धीरे 500 mL आसुत जल में विलोडित करते हुए मिलाएं और ठंडा करने के पश्चात 1 लिटर आयतन बना लें।
4. तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल	5 M (5 N)	430 mL सांद्र HCl को आसुत जल द्वारा एक लिटर तक तनुकृत करें।

III. क्षारक

नाम	सांद्रता	बनाने की विधि
1. अमोनिया विलयन (लिकर अमोनिया)	15 M (15 N)	जैसा प्राप्त हो।
2. अमोनिया विलयन	2 M (2 N)	266.6 mL सांद्र (लिकर) अमोनिया विलयन को आसुत जल द्वारा एक लिटर तक तनुकृत कर लें।
3. सोडियम हाइड्रॉक्साइड	5 M (5 N)	200 g सोडियम हाइड्रॉक्साइड को आसुत जल में घोलकर एक लिटर विलयन बनाएं।

IV. अन्य अभिकर्मक

नाम	सांद्रता	मोलर द्रव्यमान	बनाने की विधि
1. अमोनियम ऐसीटेट	2 M (2 N)	77	154 g लवण को आसुत जल में घोलकर एक लिटर विलयन बनाएं।
2. अमोनियम क्लोराइड	5 M (5 N)	53.5	267.5 g लवण को आसुत जल में घोलकर एक लिटर विलयन बनाएं।
3. अमोनियम कार्बोनेट	1.7 M (3.5 N)	96	160 g अमोनियम कार्बोनेट को 140 mL लिकर अमोनिया में घोलें और विलयन का आयतन आसुत जल से एक लिटर बना लें।

4.	अमोनियम मोलिब्डेट	-		100 g लवण को 100 mL लिटर अमोनिया में घोल लें और इसमें 250 g अमोनियम नाइट्रेट मिलाने के पश्चात आसुत जल द्वारा एक लिटर तक तनुकृत कर दें।
5.	अमोनियम ऑक्सैलेट	0.5 M (1 N)	142	71 g लवण को आसुत जल में घोलकर एक लिटर विलयन बनाएं।
6.	अमोनियम सल्फेट	1 M (2 N)	132	132 g लवण को आसुत जल में घोलकर एक लिटर विलयन बनाएं।
7.	अमोनियम सल्फाइड (पीला) (NH ₄) ₂ Sx	6 N		एक बोतल में सांद्र अमोनिया विलयन के लगभग 200 mL लें और इसे H ₂ S गैस से संतृप्त कर लें। इसमें 10 g गंधक के फूल और 200 mL सांद्र NH ₄ OH मिलाएं। हल्का गरम करें और गंधक के आसुत जल से पूरा घुलने तक हिलाएं। विलयन को एक लिटर तक तनुकृत करें।
8.	आयोडीन विलयन		254	2 g पोटैशियम आयोडाइड को आसुत जल की न्यूनतम मात्रा में घोल लें। इसमें 1 g आयोडीन घोलकर विलयन को आसुत जल से 100 mL तक तनुकृत कर लें।
9.	एरियोक्रोम ब्लैक T निर्जलीय माध्यम में (EDTA के लिए आयतनमापी प्रक्रिया के लिए सूचक)			0.5 g टोस एरियोक्रोम ब्लैक T को मेथेनॉल में घोलकर विलयन का 100 mL आयतन बना लें।
10.	कैल्सियम क्लोराइड	0.5 M (0.5 N)	219	55 g लवण को आसुत में घोलकर एक लिटर आयतन बना लें।
11.	क्लोरीन जल	-	71	टोस KMnO ₄ की सांद्र HCl द्वारा अभिक्रिया से क्लोरीन गैस बनाएं और आसुत जल को इससे संतृप्त करने के पश्चात विलयन को गहरे रंग की बोतल में रखें।
12.	कॉपर सल्फेट	14%	249.5	14 g लवण को आसुत जल में घोलकर 100 mL आयतन बना लें।
13.	कोबाल्ट नाइट्रेट	0.15 M (0.075 N)	291	43.65 g लवण को आसुत जल में घोलकर 1 लिटर आयतन बना लें।
14.	चूने का जल Ca(OH) ₂	0.02 M (0.04 N)	74	2-3 g कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड को एक लिटर आसुत जल में मिलाकर हिलाएं और कुछ देर रखने के पश्चात विलयन को निस्संदिग्ध कर लें एवं अधिकतम बोतल में रखें। बोतल को अच्छी तरह बंद करें जिससे वायुमंडलीय CO ₂ से बचाव रहे।
15.	नेस्लर अभिकर्मक	-		आसुत जल में 23 g मर्क्यूरिक आयोडाइड और 16 g पोटैशियम आयोडाइड घोलें और 100 mL आयतन बना लें। इसमें 4 M NaOH विलयन के 150 mL मिलाएं। 24 घंटे रखने के बाद इसे निथार लें। विलयन को गहरे रंग की बोतल में रखें।
16.	पोटैशियम क्रोमेट K ₂ CrO ₄	0.25 M (0.5 N)	194	49 g लवण को आसुत जल में घोलकर एक लिटर आयतन बना लें।
17.	पोटैशियम डाइक्रोमेट	0.15 M (1 N)	294	49.0 g लवण को आसुत जल में घोलकर एक लिटर आयतन बना लें।
18.	पोटैशियम फेरोसायनाइड	0.15 M (0.5 N)	368	46.0 g लवण को आसुत जल में घोलकर एक लिटर विलयन बनाएं।
19.	पोटैशियम फेरिसायनाइड	0.2 M (0.5 N)	329	55.0 g लवण को आसुत जल में घोलकर एक लिटर विलयन बनाएं।
20.	पोटैशियम आयोडाइड	0.5 M (0.5 N)	166	83.0 g लवण को आसुत जल में घोलकर एक लिटर आयतन बना लें।

21. पोटैशियम परमैंगनेट	0.06 M (0.3 N)	158	10.0 g लवण को एक लिटर आसुत जल में घोलें। विलयन को गरम करें और ग्लास वूल से निर्यदिता कर लें।
22. पोटैशियम थायोसाइनेट	0.5 M (0.5 N)	97	49.0 g लवण को आसुत जल में घोलकर विलयन का एक लिटर आयतन बना लें।
23. फेरिक क्लोराइड $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.33 M (1 N)	270	90 g लवण को 10 mL सांद्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में घोलकर एक लिटर आयतन बना लें।
24. डाइफेनिलऐमिन	0.5%		0.5 g टोस को 85 mL सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल में घोल लें और सावधानीपूर्वक 100 mL आसुत जल द्वारा तनुकृत कर लें।
25. फीनॉलफ्थैलीन	1%		1.0 g लवण को 100 mL एथिल ऐल्कोहॉल में घोलें।
26. बफर विलयन निर्जलीय माध्यम में (EDTA के लिए आयतनमापी प्रक्रिया के लिए)			67.5 g अमोनियम क्लोराइड को 570 mL सांद्र अमोनिया विलयन में घोल लें और विलयन को आसुत जल द्वारा एक लिटर तक तनुकृत कर लें।
27. बेरियम क्लोराइड $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.5 M (0.5 N)	244	61 g लवण को आसुत जल में घोल कर 1 लिटर विलयन बनाएं।
28. ब्रोमीन जल	संतृप्त	160	2 mL ब्रोमीन और 100 mL आसुत जल के मिश्रण को अच्छी तरह हिलाएं। इसे गहरे रंग की बोतल में रखें।
29. मर्क्यूरिक क्लोराइड	0.25 M (0.5 N)	272	आसुत जल की थोड़ी सी मात्रा में 70 g लवण घोलें और विलयन का आसुत जल द्वारा एक लिटर आयतन बना लें।
30. मेथिल ऑरेंज			1 g टोस को एक लिटर आसुत जल में घोल लें।
31. डाइमेथिल ग्लाइऑक्सिम	1%		1.0 g टोस को 100 mL एथिल ऐल्कोहॉल में घोलें।
32. लेड ऐसीटेट $(\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{Pb}$	0.5 M (N)		200 g टोस लवण को 15 mL ऐसीटिक अम्ल युक्त 500 mL आसुत जल में घोल लें और विलयन को आसुत जल द्वारा तनुकृत करके एक लिटर आयतन बनाएं।
33. लिटमस विलयन (नीला)	-		10 g लिटमस को आसुत जल में घोलकर एक लिटर विलयन बना लें।
34. लिटमस विलयन (लाल)	-		नीले लिटमस विलयन में हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की लगभग 10 बूँदें मिलाएं।
35. डाइसोडियम हाइड्रोजन फॉस्फेट $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	0.3 M (N)	358	120.0 g लवण को आसुत जल में घोलकर एक लिटर आयतन बना लें।
36. सिल्वर नाइट्रेट	0.1 M	170	17 g लवण को 250 mL आसुत जल में घोलकर भूरे रंग की बोतल में रखें।
37. सोडियम ऐसीटेट	5 M (5 N)	82	410 g लवण को एक लिटर आसुत जल में घोलें।
38. सोडियम नाइट्रोप्रुसाइड			4 g टोस को 100 mL आसुत जल में घोलें।
39. स्टार्च			1.0 g घुलनशील स्टार्च का टंडे पानी में पेस्ट बना लें और इसे धीरे-धीरे लगातार हिलाते हुए 100 mL उबलते हुए पानी में मिला लें। इसे 10 मिनट तक उबालें और ठंडा करें।
40. स्टेनस क्लोराइड $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.25 M (0.5 N)	226	55.0 g लवण को 200 mL सांद्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में गरम करके (यदि आवश्यक हो) घोल लें। इसे आसुत जल द्वारा तनुकृत करके एक लिटर आयतन बना लें विलयन में कुछ टुकड़े धात्विक टिन के मिलाएं।

कार्बनिक विश्लेषण में प्रयुक्त होने वाले विशेष अभिकर्मक

1. ऐल्कोहॉल (1:1)	-	परिशोधित स्पिरिट और आसुत जल का बराबर आयतन मिलाएं।
2. ऐल्कोहॉली पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड विलयन	-	11.2 g पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड को 100 mL एथेनॉल (अथवा परिशोधित स्पिरिट) में 30 मिनट उबाल कर घोल लें।
3. कॉपर सल्फेट विलयन	-	14 g कॉपर सल्फेट को 100 mL आसुत जल में घोलें। (14% विलयन)
4. टॉलेन अभिकर्मक	-	2% सिल्वर नाइट्रेट के विलयन में 10% सोडियम हाइड्रॉक्साइड का 1 mL विलयन मिलाएं जिससे अवक्षेप प्राप्त हो जाए। इसमें अमोनियम हाइड्रॉक्साइड का विलयन विलोडित करते हुए तब तक मिलाएं जब तक अवक्षेप न घुल जाए। अमोनियम हाइड्रॉक्साइड को आधिक्य में नहीं मिलाना चाहिए। सदैव ताजा बना टॉलेन अभिकर्मक उपयोग करें।
5. 2,4-डाइनाइट्रोफेनिलहाइड्रैज़ीन अभिकर्मक		
(i) जल में विलेय यौगिकों के लिए	-	0.5 g टोस को 42 mL सांद्र HCl और 54 mL जल के मिश्रण में जल ऊष्मक पर गरम करके घोलें। इसमें जल मिलाकर 250 mL आयतन प्राप्त कर लें।
(ii) जल में अविलेय यौगिकों के लिए	-	1 g अभिकर्मक को 7.5 mL सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल में घोलें। इस विलयन को 7.5 mL परिशोधित स्पिरिट में धीरे-धीरे मिलाएं। इसमें जल मिलाकर 250 mL आयतन प्राप्त कर लें।
6. निनहाइड्रिन अभिकर्मक	-	0.25% जलीय विलयन बनाएं।
7. पोटैशियम परमैंगनेट	-	1 % जलीय विलयन बनाएं।
8. *फेलिंग विलयन A	-	69.28 g कॉपर सल्फेट के क्रिस्टलों को एक लिटर जल में घोलें।
9. *फेलिंग विलयन B	-	350 g रोशेल लवण और 100 g सोडियम हाइड्रॉक्साइड को एक लिटर जल में घोलें।
10. बारफोयड अभिकर्मक	-	13 g कॉपर ऐसीटेट को 1% ऐसीटिक अम्ल के 200 mL में घोलें।
11. बेनेडिक्ट विलयन	-	17.3 g क्रिस्टलित कॉपर सल्फेट को 100 mL आसुत जल में घोलें। 173 g सोडियम सिट्रेट और 100 g ऐनहाइड्रस निर्जलीय सोडियम कार्बोनेट को अलग से 800 mL जल में घोलें। दोनों विलयनों को मिलाकर एक लिटर विलयन बना लें।
12. मोलिश अभिकर्मक	-	10 g 1-नैफ्थॉल को 90 mL परिशोधित स्पिरिट में घोलें।
13. शिफ अभिकर्मक	-	1 g of रोज़एनिलीन को 50 mL जल में हलका गरम करके घोलें। ठंडा करें और विलयन को सल्फर डाइऑक्साइड गैस से संतृप्त करें। विलयन को जल से 1 लिटर तक तनुकृत करें। यदि रखने पर गुलाबी रंग पुनः प्राप्त हो जाए तो इसमें सल्फर डाइऑक्साइड विलयन की कुछ बूँदें विलोडित करते हुए मिलाएं जब तक यह दोबारा रंगहीन न हो जाए।
14. सेलिवेनॉफ अभिकर्मक	-	1 g रिसॉर्सिनॉल को 20% हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के 100 mL में घोलें।
15. सोडियम हाइपोक्लोराइट (2M)	-	100 g NaOH को एक बड़े बीकर में 200 mL जल में घोलें। विलयन को ठंडा करें और लगभग 500 g कुटी हुई बर्फ मिलाएं। बीकर को तुला पर तोलें और विलयन में से क्लोरीन गैस तब तक प्रवाहित करें जब तक भार 72 g न बढ़ जाए। विलयन को जल से एक लिटर तक तनुकृत करें। विलयन को ठंडे और अंधेरे स्थान पर रखना चाहिए। तब भी यह धीरे-धीरे विघटित होता है।
16. सीरिक अमोनियम नाइट्रेट विलयन	-	40 g अभिकर्मक को 2 N नाइट्रिक अम्ल के 100 mL में घोलें।
17. हाइड्रॉक्सिलऐमीन हाइड्रोक्लोराइड	-	69.5 g शुष्क टोस को 1 L मेथिल ऐल्कोहॉल में घोलें।
18. क्षारकीय β -नैफ्थॉल	-	10 g β -नैफ्थॉल को 10% सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन के 100 mL में घोलें।

* प्रयोग में लाने से पहले फेलिंग विलयन A और फेलिंग विलयन B के बराबर आयतन मिलाएं।

परिशिष्ट IV

कुछ उपयोगी सारणियाँ

सारणी 1 - मूल भौतिक स्थिरांक

भौतिक स्थिरांक	प्रतीक	मान
गुरुत्वाकर्षण का त्वरण	g	9.81 ms^{-2}
परमाणु द्रव्यमान मात्रक	amu	$1.66053 \times 10^{-27} \text{ Kg}$
आवोगाद्रो स्थिरांक	N_A	$6.02217 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
बोल्ट्जमान नियतांक	K	$1.38062 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
इलेक्ट्रॉन का आवेश	e	$1.602192 \times 10^{-19} \text{ C}$
फैराडे-स्थिरांक	F	$9.64867 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
गैस-स्थिरांक	R	$8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
'हिमांक' ताप	T_{ice}	273.150 K
मानक ताप और दाब पर आदर्श गैस का मोलर द्रव्यमान	V_m	$2.24136 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
निर्वात का परावैद्युतांक	E_0	$8.854185 \times 10^{-12} \text{ Kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^4 \text{ A}^2$
प्लांक-नियतांक	h	$6.62620 \times 10^{-34} \text{ J s}$
रिड्बर्ग स्थिरांक	R_w	$1.973731 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$
मानक दाब (वायुमंडल)	p	101325 N m^{-2}
जल का त्रिक बिंदु		273016 K
निर्वात में प्रकाश की गति	c	$2.997925 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

सारणी 2 - कुछ कार्बनिक यौगिकों के सामान्य गुणधर्म

यौगिक	गलनांक °C	क्वथनांक °C	घनत्व/ Kg m^{-3} (298 K)	अपवर्तनांक (n_D) (293 K)	$10^4 \times$ श्यानता/ N s m^{-2} (298 K)	$10^3 \times$ पृष्ठ तनाव/ N m^{-1} (293 K)
ऐसीटिक अम्ल	16.7	117.9	1044.0	1.3716	11.55	27.8
ऐसीटोन	-94.7	56.1	785.0	1.3588	3.16	23.7
ऐनिलीन	-6.3	184.1	1022.0 (293)	1.5863	3.71	42.9
बेन्जोइक अम्ल	122.4	249.0	1266.0 (288)	1.504 (405)	-	-
कार्बन टेट्राक्लोराइड	-22.9	76.5	1584.0	1.4601	8.8	26.95
क्लोरोबेन्जीन	-45.2	132.0	1106.0	1.5241	7.97	33.56
क्लोरोफॉर्म	-63.5	61.7	1480.0	1.4459	5.42	27.14
साइक्लोहेक्सेन	6.6	80.7	774.0	1.42662	9.8	25.5
डाइएथिलईथर	-116.2	34.51	714.0	1.3526	2.22	17.01
एथिलऐसीटेट	-82.4	77.1	900.0 (293)	1.3723	4.41	23.9
एथेनॉल	-114.1	78.3	785.0	1.3611	10.6	22.75
ग्लिसरॉल	18.07	290.0	1264.4	1.4746	942.0	63.4
हेक्सेन	-95.3	68.7	655.0	1.37506	2.94	18.43
मेथेनॉल	-97.7	64.5	787.0	1.3288	5.47	22.61
नैफ्थैलीन	80.3	218.0	1180.0	1.4003 (297)	-	-
फीनॉल	40.9	181.8	1132.0	1.5509	-	-
टालुईन	-95.1	110.6	862.0	1.4961	5.50	28.5

सारणी 3 - सामान्य अकार्बनिक यौगिकों की जल में विलेयता

ऋणायन का नाम	प्रतीक	ये आयन निम्नलिखित धनायनों के साथ घुलनशील यौगिक बनाते हैं (0.1 M से अधिक विलेयता)	कम विलेय यौगिक बनाते हैं (0.1 M से कम विलेयता)
नाइट्रेट	NO_3^-	अधिकतर धनायन	कोई भी नहीं
ऐसीटेट	CH_3COO^-	अधिकतर धनायन	Ag^+
क्लोराइड	Cl^-	अधिकतर धनायन	Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+}
ब्रोमाइड	Br^-	अधिकतर धनायन	Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+}
आयोडाइड	I^-	अधिकतर धनायन	Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+}
सल्फेट	SO_4^{2-}	अधिकतर धनायन	Ba^{2+} , Sr^{2+} , Pb^{2+} , Ag^+
क्रोमेट	CrO_4^{2-}	अधिकतर धनायन	Ba^{2+} , Sr^{2+} , Pb^{2+} , Ag^+
सल्फाइड	S^{2-}	NH_4^+ , क्षारीय धातु एवं क्षारीय मृदा धातु धनायन	अधिकतर अन्य धनायन
हाइड्रॉक्साइड	OH^-	NH_4^+ , क्षारीय धातु एवं क्षारीय मृदा धातु धनायन तथा Ba^{2+} और Sr^{2+}	अधिकतर अन्य धनायन
कार्बोनेट	CO_3^{2-}	NH_4^+ और क्षारीय धातु धनायन	अधिकतर अन्य धनायन
फॉस्फेट	PO_4^{3-}	Li^+ के अतिरिक्त	

परिशिष्ट V

तत्त्व, उनकी परमाणु-संख्या और मोलर द्रव्यमान

तत्त्व	संकेत	परमाणु क्रमांक	मोलर द्रव्यमान ($g\ mol^{-1}$)	तत्त्व	संकेत	परमाणु क्रमांक	मोलर द्रव्यमान ($g\ mol^{-1}$)
ऐक्टिनियम	Ac	89	227.03	मर्क्युरी	Hg	80	200.59
ऐलुमिनियम	Al	13	26.98	मॉलिब्डेनम	Mo	42	95.94
ऐमरिसियम	Am	95	(243)	नीयोडियम	Nd	60	144.24
ऐन्टीमनी	Sb	51	121.75	नियोन	Ne	10	20.18
आर्गन	Ar	18	39.95	नैप्टूनियम	Np	93	(237.05)
आर्सेनिक	As	33	74.92	निकेल	Ni	28	58.71
ऐसटेटिन	At	85	210	नियोबियम	Nb	41	92.91
बेरियम	Ba	56	137.34	नाइट्रोजन	N	7	14.0067
बकैलियम	Bk	97	(247)	नोबेलियम	No	102	(259)
बेरिलियम	Be	4	9.01	ओसमियम	Os	76	190.2
बिस्मथ	Bi	83	208.98	ऑक्सीजन	O	8	16.00
बोहरियम	Bh	107	(264)	पैलेडियम	Pd	46	106.4
बोरॉन	B	5	10.81	फ्रांस्फोरस	P	15	30.97
ब्रोमीन	Br	35	79.91	प्लैटिनम	Pt	78	195.09
कैडमियम	Cd	48	112.40	प्लूटोनियम	Pu	94	(244)
सीज़ियम	Cs	55	132.91	पोलोनियम	Po	84	210
कैल्सियम	Ca	20	40.08	पोटेशियम	K	19	39.10
केलिफोर्नियम	Cf	98	251.08	प्रैजियोडिमियम	Pr	59	140.91
कार्बन	C	6	12.01	प्रोमैथियम	Pm	61	(145)
सीरियम	Ce	58	140.12	प्रोटेक्टिनियम	Pa	91	231.04
क्लोरीन	Cl	17	35.45	रेडियम	Ra	88	(226)
क्रोमियम	Cr	24	52.00	रेडॉन	Rn	86	(222)
कोबाल्ट	Co	27	58.93	रीनियम	Re	75	186.2
कॉपर	Cu	29	63.54	रोडियम	Rh	45	102.91
क्यूरियम	Cm	96	247.07	रूबिडियम	Rb	37	85.47
ड्यूबनियम	Db	105	(263)	रुथीनियम	Ru	44	101.07
डिसप्रोसियम	Dy	66	162.50	रदरफोर्डियम	Rf	104	(261)
आइन्स्टीनियम	Es	99	(252)	सैमेरियम	Sm	62	150.35
अर्बियम	Er	68	167.26	स्कैन्डियम	Sc	21	44.96
यूरोपियम	Eu	63	151.96	सीबॉर्गियम	Sg	106	(266)
फर्मियम	Fm	100	(257.10)	सिलीनियम	Se	34	78.96
फ्लूओरीन	F	9	19.00	सिलिकन	Si	14	28.08
फ्रेंसियम	Fr	87	(223)	सिल्वर	Ag	47	107.87
गैडोलिनियम	Gd	64	157.25	सोडियम	Na	11	22.99
गैलियम	Ga	31	69.72	स्ट्रॉन्शियम	Sr	38	87.62
जर्मेनियम	Ge	32	72.61	सल्फर	S	16	32.06
गोल्ड	Au	79	196.97	टैन्टलम	Ta	73	180.95
हैफनियम	Hf	72	178.49	टेक्नीशियम	Tc	43	(98.91)
हैसियम	Hs	108	(269)	टेलुरियम	Te	52	127.60
हीलियम	He	2	4.00	टर्बियम	Tb	65	158.92
होल्मियम	Ho	67	164.93	थैलियम	Tl	81	204.37
हाइड्रोजन	H	1	1.0079	थोरियम	Th	90	232.04
इंडीयम	In	49	114.82	थूलियम	Tm	69	168.93
आयोडीन	I	53	126.90	टिन	Sn	50	118.69
इरीडियम	Ir	77	192.2	टाइटैनियम	Ti	22	47.88
आयरन	Fe	26	55.85	टंगस्टन	W	74	183.85
क्रिप्टॉन	Kr	36	83.80	अनअनबियम	Uub	112	(277)
लैन्थेनम	La	57	138.91	अनअनिलियम	Uun	110	(269)
लॉरेन्शियम	Lr	103	(262.1)	अनअननीयम	Uuu	111	(272)
लेड	Pb	82	207.19	यूरेनियम	U	92	238.03
लीथियम	Li	3	6.94	वैनेडियम	V	23	50.94
ल्यूटेशियम	Lu	71	174.96	जिर्नॉन	Xe	54	131.30
मैग्नीशियम	Mg	12	24.31	इटर्बियम	Yb	70	173.04
मैंगनीज	Mn	25	54.94	इट्रियम	Y	39	88.91
मिटैनियम	Mt	109	(268)	ज़िंक	Zn	30	65.37
मैडेलीवियम	Md	101	258.10	ज़र्कोनियम	Zr	40	91.22

कोष्ठक में दिया गया मान अधिकतम ज्ञात अर्थात् वाले समस्थानिक का मोलर द्रव्यमान है।

परिशिष्ट VI

कुछ लाभप्रद रूपांतरण-गुणांक

द्रव्यमान और भार के सामान्य मात्रक

$$1 \text{ पौंड} = 453.59 \text{ ग्राम}$$

$$1 \text{ पौंड} = 453.59 \text{ ग्राम} = 0.45359 \text{ किलोग्राम}$$

$$1 \text{ किलोग्राम} = 1000 \text{ ग्राम} = 2.205 \text{ पौंड}$$

$$1 \text{ ग्राम} = 10 \text{ डेसीग्राम} = 100 \text{ सेंटीग्राम} \\ = 1000 \text{ मिलीग्राम}$$

$$1 \text{ ग्राम} = 6.022 \times 10^{23} \text{ परमाणु द्रव्यमान मात्रक}$$

$$1 \text{ परमाणु द्रव्यमान} = 1.6606 \times 10^{-24} \text{ ग्राम}$$

$$1 \text{ मीट्रिक टन} = 1000 \text{ किलोग्राम} \\ = 2205 \text{ पौंड}$$

आयतन का सामान्य मात्रक

$$1 \text{ क्वाटर्ज} = 0.9463 \text{ लिटर}$$

$$1 \text{ लिटर} = 1.056 \text{ क्वाटर्ज}$$

$$1 \text{ लिटर} = 1 \text{ घन डेसीमीटर} = 1000 \text{ घन}$$

$$\text{सेंटीमीटर} = 0.001 \text{ घनमीटर}$$

$$1 \text{ मिलीलिटर} = 1 \text{ घन सेंटीमीटर} = 0.001 \text{ लिटर} \\ = 1.056 \times 10^{-3} \text{ क्वाटर्ज}$$

$$1 \text{ घनफुट} = 28.316 \text{ लिटर} = 29.902 \text{ क्वाटर्ज} \\ = 7.475 \text{ गैलन}$$

ऊर्जा का सामान्य मात्रक

$$1 \text{ जूल} = 1 \times 10^7 \text{ ergs}$$

$$1 \text{ ऊष्म रासायनिक केलोरी}^{**} = 4.184 \text{ जूल} \\ = 4.184 \times 10^7 \text{ ergs} \\ = 4.129 \times 10^{-2} \text{ लिटर वायुमंडल} \\ = 2.612 \times 10^{19} \text{ इलेक्ट्रॉन बोल्ट}$$

$$1 \text{ ergs} = 1 \times 10^{-7} \text{ जूल} = 2.3901 \times 10^{-8} \text{ केलोरी}$$

$$1 \text{ इलेक्ट्रॉन वोल्ट} = 1.6022 \times 10^{-19} \text{ जूल} \\ = 1.6022 \times 10^{-12} \text{ erg} \\ = 96.487 \text{ kJ/mol}^\dagger$$

$$1 \text{ लिटर-वायुमंडल} = 24.217 \text{ केलोरी} \\ = 101.32 \text{ जूल} \\ = 1.0132 \times 10^9 \text{ ergs}$$

$$1 \text{ ब्रिटिश ऊष्मा का मात्रक} = 1055.06 \text{ जूल} \\ = 1.05506 \times 10^{10} \text{ ergs} \\ = 252.2 \text{ केलोरी}$$

लंबाई का सामान्य मात्रक

$$1 \text{ इंच} = 2.54 \text{ सेंटीमीटर (सटिक)}$$

$$1 \text{ मील} = 5280 \text{ फीट} = 1.609 \text{ किलोमीटर}$$

$$1 \text{ गज} = 36 \text{ इंच} = 0.9144 \text{ मीटर}$$

$$1 \text{ मीटर} = 100 \text{ सेंटीमीटर} = 39.37 \text{ इंच} \\ = 3.281 \text{ फीट} \\ = 1.094 \text{ गज}$$

$$1 \text{ किलोमीटर} = 1000 \text{ मीटर} = 1094 \text{ गज} \\ = 0.6215 \text{ मील}$$

$$1 \text{ एंगस्ट्रॉम} = 1.0 \times 10^{-8} \text{ सेंटीमीटर} \\ = 0.10 \text{ नैनोमीटर} \\ = 1.0 \times 10^{-10} \text{ मीटर} \\ = 3.937 \times 10^{-9} \text{ इंच}$$

बल* और दाब के सामान्य मात्रक

$$1 \text{ वायुमंडल} = 760 \text{ मिलीमीटर मरकरी का} \\ = 1.013 \times 10^5 \text{ पास्कल} \\ = 14.70 \text{ पौंड प्रति वर्गइंच}$$

$$1 \text{ बार} = 10^5 \text{ पास्कल}$$

$$1 \text{ टार} = 1 \text{ मिलीमीटर मरकरी का}$$

$$1 \text{ पास्कल} = 1 \text{ kg/ms}^2 = 1 \text{ N/m}^2$$

ताप SI आधारित मात्रक केल्विन (K)

$$K = -273.15^\circ\text{C}$$

$$K = ^\circ\text{C} + 273.15$$

$$^\circ\text{F} = 1.8(^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1.8}$$

* बल- 1 न्यूटन (N) = 1 kg m/s², 1 न्यूटन वह बल है, जो एक सेकंड लगाने पर 1 किलोग्राम द्रव्यमान को 1 मीटर प्रति सेकंड का वेग प्रदान करता है।

** ऊष्मा की वह मात्रा, जो 1 ग्राम जल का ताप 14.5°C से 15.5°C तक बढ़ाने के लिए आवश्यक होती है।

† ध्यान रहे कि अन्य मात्रक प्रतिकण हैं, जिन्हें 6.022 × 10²³ से गुणा करना होगा, ताकि सही-सही तुलना हो सके।

परिशिष्ट VII

वैद्युत् रासायनिक क्रम में 298 K पर मानक विभव

अपचयन अर्ध अभिक्रिया	E° / V	अपचयन अर्ध अभिक्रिया	E° / V
$H_4XeO_6 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow XeO_3 + 3H_2O$	+3.0	$Pu^{4+} + e^- \longrightarrow Pu^{3+}$	+0.97
$F_2 + 2e^- \longrightarrow 2F^-$	+2.87	$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \longrightarrow NO + 2H_2O$	+0.96
$O_3 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow O_2 + H_2O$	+2.07	$2Hg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Hg_2^{2+}$	+0.92
$S_2O_8^{2-} + 2e^- \longrightarrow 2SO_4^{2-}$	+2.05	$ClO^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow Cl^- + 2OH^-$	+0.89
$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$	+1.98	$Hg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Hg$	+0.86
$Co^{3+} + e^- \longrightarrow Co^{2+}$	+1.81	$NO_3^- + 2H^+ + e^- \longrightarrow NO_2 + H_2O$	+0.80
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$	+1.78	$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$	+0.80
$Au^+ + e^- \longrightarrow Au$	+1.69	$Hg_2^{2+} + 2e^- \longrightarrow 2Hg$	+0.79
$Pb^{4+} + 2e^- \longrightarrow Pb^{2+}$	+1.67	$Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Fe^{2+}$	+0.77
$2HClO + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow Cl_2 + 2H_2O$	+1.63	$BrO^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow Br^- + 2OH^-$	+0.76
$Ce^{4+} + e^- \longrightarrow Ce^{3+}$	+1.61	$Hg_2SO_4 + 2e^- \longrightarrow 2Hg + SO_4^{2-}$	+0.62
$2HBrO + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow Br_2 + 2H_2O$	+1.60	$MnO_4^{2-} + 2H_2O + 2e^- \longrightarrow MnO_2 + 4OH^-$	+0.60
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	+1.51	$MnO_4^- + e^- \longrightarrow MnO_4^{2-}$	+0.56
$Mn^{3+} + e^- \longrightarrow Mn^{2+}$	+1.51	$I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$	+0.54
$Au^{3+} + 3e^- \longrightarrow Au$	+1.40	$I_3^- + 2e^- \longrightarrow 3I^-$	+0.53
$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$	+1.36	$Cu^+ + e^- \longrightarrow Cu$	+0.52
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1.33	$NiOOH + H_2O + e^- \longrightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$	+0.49
$O_3 + H_2O + 2e^- \longrightarrow O_2 + 2OH^-$	+1.24	$Ag_2CrO_4 + 2e^- \longrightarrow 2Ag + CrO_4^{2-}$	+0.45
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$	+1.23	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$	+0.40
$ClO_4^- + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow ClO_3^- + H_2O$	+1.23	$ClO_4^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow ClO_3^- + 2OH^-$	+0.36
$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$	+1.23	$[Fe(CN)_6]^{3-} + e^- \longrightarrow [Fe(CN)_6]^{4-}$	+0.36
$Pt^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pt$	+1.20	$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$	+0.34
$Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$	+1.09	$Hg_2Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Hg + 2Cl^-$	+0.27

$\text{AgCl} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag} + \text{Cl}^-$	+0.27	$\text{S} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{S}^{2-}$	-0.48
$\text{Bi}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Bi}$	+0.20	$\text{In}^{3+} + \text{e}^- \longrightarrow \text{In}^{2+}$	-0.49
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	+0.17	$\text{U}^{4+} + \text{e}^- \longrightarrow \text{U}^{3+}$	-0.61
$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}^+$	+0.16	$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Cr}$	-0.74
$\text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Sn}^{2+}$	+0.15	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Zn}$	-0.76
$\text{AgBr} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag} + \text{Br}^-$	+0.07	$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cd} + 2\text{OH}^-$	-0.81
$\text{Ti}^{4+} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ti}^{3+}$	0.00	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0.83
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$ (परिभाषानुसार)	0.0	$\text{Cr}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cr}$	-0.91
$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}$	-0.04	$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Mn}$	-1.18
$\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{HO}_2^- + \text{OH}^-$	-0.08	$\text{V}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{V}$	-1.19
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Pb}$	-0.13	$\text{Ti}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ti}$	-1.63
$\text{In}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{In}$	-0.14	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Al}$	-1.66
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Sn}$	-0.14	$\text{U}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{U}$	-1.79
$\text{AgI} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag} + \text{I}^-$	-0.15	$\text{Sc}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Sc}$	-2.09
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ni}$	-0.23	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Mg}$	-2.36
$\text{V}^{3+} + \text{e}^- \longrightarrow \text{V}^{2+}$	-0.26	$\text{Ce}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Ce}$	-2.48
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Co}$	-0.28	$\text{La}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{La}$	-2.52
$\text{In}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{In}$	-0.34	$\text{Na}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Na}$	-2.71
$\text{Tl}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Tl}$	-0.34	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ca}$	-2.87
$\text{PbSO}_4 + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0.36	$\text{Sr}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Sr}$	-2.89
$\text{Ti}^{3+} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ti}^{2+}$	-0.37	$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ba}$	-2.91
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cd}$	-0.40	$\text{Ra}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ra}$	-2.92
$\text{In}^{2+} + \text{e}^- \longrightarrow \text{In}^+$	-0.40	$\text{Cs}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Cs}$	-2.92
$\text{Cr}^{3+} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Cr}^{2+}$	-0.41	$\text{Rb}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Rb}$	-2.93
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}$	-0.44	$\text{K}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{K}$	-2.93
$\text{In}^{3+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{In}^+$	-0.44	$\text{Li}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Li}$	-3.05

परिशिष्ट VIII

लघुगणक

कभी-कभी किसी संख्यात्मक व्यंजक में बड़ी संख्याओं का गुणा, भाग अथवा परिमेय घात सम्मिलित होते हैं। ऐसी गणनाओं में लघुगणक बहुत उपयोगी होते हैं। यह कठिन गणनाओं को आसान बनाने में सहायक होते हैं। रसायन विज्ञान में लघुगणकों के मानों की आवश्यकता रासायनिक बलगतिकी, ऊष्मागतिकी, वैद्युतरसायन इत्यादि में होती है। हम पहले इस संकल्पना का परिचय देंगे तथा नियमों की विवेचना करेंगे, उसके पश्चात् लघुगणकों का उपयोग सीखेंगे और फिर इस तकनीक का प्रयोग यह देखने के लिए करेंगे कि यह कैसे कठिन गणनाओं को आसान बना देती है।

हम जानते हैं कि

$$2^3 = 8, 3^2 = 9, 5^3 = 125, 7^0 = 1$$

साधारणतः किसी धनात्मक वास्तविक संख्या a , तथा एक परिमेय संख्या m के लिए मान लें कि $a^m = b$.

जहाँ b एक वास्तविक संख्या है। दूसरे शब्दों में आधार a की m^{th} घात b है।

इसे कहने का दूसरा तरीका यह है कि—

a आधार पर b का लघुगणक m है

यदि एक धनात्मक वास्तविक संख्या a के लिए $a \neq 1$ हो तो

$$a^m = b,$$

हम कहते हैं कि b का लघुगणक, a आधार पर m है। हम इसे इस प्रकार से लिखते हैं—

$$\log_a^b = m,$$

“logarithm” (लघुगणक) शब्द का संकेताक्षर ‘log’ है। इस प्रकार से—

$$\log_2 8 = 3, \quad \text{क्योंकि } 2^3 = 8$$

$$\log_3 9 = 2, \quad \text{क्योंकि } 3^2 = 9$$

$$\log_5 125 = 3, \quad \text{क्योंकि } 5^3 = 125$$

$$\log_7 1 = 0, \quad \text{क्योंकि } 7^0 = 1$$

लघुगणकों के नियम

निम्नलिखित विवेचना में हम लघुगणक किसी भी आधार ‘a’ पर प्राप्त करेंगे ($a > 0$ तथा $a \neq 1$)

प्रथम नियम—

$$\log_a (mn) = \log_a m + \log_a n$$

प्रमाण—

मान लीजिए कि $\log_a m = x$ तथा $\log_a n = y$

$$\text{तब } a^x = m, a^y = n$$

$$\text{अतः } mn = a^x \cdot a^y = a^{x+y}$$

लघुगणक की परिभाषा के अनुसार

$$\log_a (mn) = x + y = \log_a m + \log_a n$$

दूसरा नियम-

$$\log_a \left(\frac{m}{n} \right) = \log_a m - \log_a n$$

प्रमाण-

मान लीजिए कि $\log_a m = x$, $\log_a n = y$

तब $a^x = m$, $a^y = n$

अतः
$$\frac{m}{n} = \frac{a^x}{a^y} = a^{x-y}$$

इसलिए,
$$\log_a \left(\frac{m}{n} \right) = x - y = \log_a m - \log_a n$$

तीसरा नियम-

$$\log_a (m^n) = n \log_a m$$

प्रमाण-

पहले की ही तरह, यदि $\log_a m = x$, तब $a^x = m$

इसलिए $m^n = (a^x)^n = a^{nx}$, अतः प्राप्त होगा-

$$\log_a (m^n) = nx = n \log_a m$$

अतः प्रथम नियम के अनुसार, दो संख्याओं के गुणन का लघुगणक, उन संख्याओं के लघुगणकों के जोड़ के बराबर होता है। इसी प्रकार से दूसरा नियम बताता है कि दो संख्याओं के भाग का लघुगणक, उन संख्याओं के लघुगणकों में अंतर के बराबर होता है। इस प्रकार से इन नियमों का उपयोग गुणा/भाग की समस्या को जोड़/घटाने की समस्या में बदल देता है जिसे करना गुणा/भाग की अपेक्षा सरल है। यही कारण है कि लघुगणक संख्यात्मक अभिकलन में इतने सहायक हैं।

10 के आधार पर लघुगणक

संख्याओं को लिखने के लिए संख्या 10 आधार है अतः 10 के आधार पर लघुगणकों का प्रयोग करना बहुत सुगम होता है।

कुछ उदाहरण इस प्रकार हैं-

$\log_{10} 10 = 1,$	क्योंकि $10^1 = 10$
$\log_{10} 100 = 2,$	क्योंकि $10^2 = 100$
$\log_{10} 10000 = 4,$	क्योंकि $10^4 = 10000$
$\log_{10} 0.01 = -2,$	क्योंकि $10^{-2} = 0.01$
$\log_{10} 0.001 = -3,$	क्योंकि $10^{-3} = 0.001$
and $\log_{10} 1 = 0$	क्योंकि $10^0 = 1$

उपरोक्त परिणाम दर्शाते हैं कि यदि n , 10 की पूर्णांक घात है यानि संख्या 1 के बाद अनेक शून्य या संख्या 1 से पहले दशमलव बिंदु तक अनेक शून्य हैं तो लघुगणक आसानी से प्राप्त किया जा सकता है।

यदि 10 की पूर्णांक घात n नहीं है तो $\log n$ की गणना आसान नहीं है। परंतु गणित में इसके लिए तालिकाएं उपलब्ध हैं जिनसे सीधे ही 1 से 10 तक किसी भी धनात्मक संख्या के लघुगणक का सन्निकट मान पढ़ा जा सकता है और ये दशमलव में प्रदर्शित किसी भी संख्या का लघुगणक प्राप्त करने के लिए पर्याप्त हैं। इस उद्देश्य के लिए हम दशमलव को सदैव पूर्णांक घात 10 तथा 1 से 10 के बीच किसी संख्या के गुणनफल के रूप में लिखते हैं।

दशमलव का मानक रूप

हम किसी भी संख्या को दशमलव में ऐसे लिख सकते हैं कि— (i) यह पूर्णांक घात के साथ 10 का और (ii) 1 से 10 के बीच किसी संख्या का गुणनफल हो। यहाँ कुछ उदाहरण दिए गए हैं—

(i) 25.2, 10 और 100 के बीच में है

$$\therefore 25.2 = \frac{25.2}{10} \times 10 = 2.52 \times 10^1$$

(ii) 1038.4, 1000 तथा 10000 के बीच में है

$$\therefore 1038.4 = \frac{1038.4}{1000} \times 10^3 = 1.0384 \times 10^3$$

(iii) 0.005, 0.001 और 0.01 के बीच में है

$$\therefore 0.005 = (0.005 \times 1000) \times 10^{-3} = 5.0 \times 10^{-3}$$

(iv) 0.00025, 0.0001 तथा 0.001 के बीच में है।

$$\therefore 0.00025 = (0.00025 \times 10000) \times 10^{-4} = 2.5 \times 10^{-4}$$

प्रत्येक उदाहरण में हम दशमलव को 10 से किसी घात सहित भाग या गुणा करते हैं जो अलग से प्रदर्शित है। इसलिए कोई भी धनात्मक दशमलव निम्न रूप में लिखा जा सकता है।

$$n = m \times 10^p$$

p एक पूर्णांक है (धनात्मक, शून्य या ऋणात्मक) तथा $1 \leq m < 10$ । इसे “n का मानक रूप कहते हैं।”

कार्यकारी नियम

1. दशमलव को आवश्यकतानुसार दाहिनी अथवा बायीं ओर स्थानांतरित करें जिससे एक संख्या जो शून्य न हो, दशमलव के बायीं ओर आ जाए।
2. (i) यदि आपको p स्थानों द्वारा बायीं ओर जाना पड़े तो 10^p से गुणा करें।
(ii) यदि आपको p स्थानों द्वारा दाहिनी ओर जाना पड़े तो 10^{-p} से गुणा करें।
(iii) यदि आपको दशमलव बिंदु किसी भी ओर स्थानांतरित न करना पड़े तो 10^0 से गुणा करें।
(iv) दिए गए दशमलव का मानक रूप प्राप्त करने के लिए 10 की घात के साथ प्राप्त नए दशमलव को (चरण 2 से) लिखें।

पूर्णांश (Characteristic) एवं अपूर्णांश (Mantissa)

n के मानक रूप की ओर ध्यान दें

$$n = m \times 10^p, \text{ जहाँ } 1 \leq m < 10$$

10 के आधार पर लघुगणक लेने पर और लघुगणक नियमों का प्रयोग करने पर

$$\begin{aligned} \log n &= \log m + \log 10^p \\ &= \log m + p \log 10 \\ &= p + \log m \end{aligned}$$

यहाँ p एक पूर्णांक है और क्योंकि $1 \leq m < 10$, इसलिए $0 \leq \log m < 1$, यानि m शून्य और 1 के बीच में है। जब $\log n$ को $p + \log m$ से प्रदर्शित किया गया है जहाँ p एक पूर्णांक है और $0 \leq \log m < 1$, तब हम कहते हैं कि p, $\log n$ का पूर्णांश (Characteristic) है तथा $\log m$ को $\log n$ का अपूर्णांश (mantissa) कहते हैं। ध्यान दें कि पूर्णांश हमेशा ही धनात्मक, ऋणात्मक अथवा शून्य पूर्णांक होता है तथा अपूर्णांश कभी भी ऋणात्मक नहीं होता तथा सदैव 1 से कम होता है। यदि हम $\log n$, का पूर्णांश और अपूर्णांश प्राप्त कर लेते हैं तो $\log n$ को प्राप्त करने के लिए हमें उन्हें केवल जोड़ना पड़ता है।

अतः $\log n$ को प्राप्त करने के लिए, हमें निम्न प्रकार से बढ़ना है—

1. n के मानक रूप की ओर ध्यान दीजिए।
 $n = m \times 10^p, 1 \leq m < 10$
2. $\log n$ के पूर्णांश p को उपरोक्त व्यंजक में से पढ़ें (10 की घात)

3. तालिका से $\log m$ देखें, जिसे नीचे समझाया गया है,
 4. लिखें $\log n = p + \log m$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
..
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7803	7810	7817	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7935	7945	7954	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	6	6
..

यदि किसी संख्या n का पूर्णांश p है और अपूर्णांश $.4133$ है तब $\log n = 2 + .4133$ पूर्णांश होगा, जिसे हम 2.4133 लिख सकते हैं। परंतु पूर्णांश यदि -2 है और अपूर्णांश $.4123$ है तब $\log m = -2 + .4123$ होगा। लेकिन इसे हम -2.4123 नहीं लिख सकते (क्यों?) इस असंगति से बचने के लिए हम -2 को $\bar{2}$ लिखते हैं और तब हम $m = \bar{2}.4123$ लिख सकते हैं।

आइए अब हम समझें कि हम अपूर्णांश प्राप्त करने के लिए लघुगणक तालिका का उपयोग कैसे करते हैं। इस परिशिष्ट के अंत में एक तालिका जुड़ी है।

ध्यान दीजिए कि तालिका में प्रत्येक पंक्ति दो अंकों वाली एक संख्या से प्रारंभ होती है, 10, 11, 12, ... 97, 98, 99। प्रत्येक स्तम्भ के शीर्ष पर एक अंक की संख्या, 0, 1, 2, ... 9 है। दाहिनी ओर एक खंड है जिसे औसत अंतर (मीन डिफरेंस) कहते हैं, इसमें 9 स्तम्भ हैं जिनके शीर्ष पर 1, 2...9 संख्याएं लिखी हैं।

अब मान लीजिए हमें $\log (6.234)$ ज्ञात करना है, हम 62 से प्रारंभ होने वाली पंक्ति देखते हैं। इस पंक्ति में उस स्तंभ को देखिए जिसके शीर्ष पर 3 लिखा है। यह संख्या 7945 है। इसका अर्थ है कि $\log (6.230) = 0.7945^*$

परंतु हमें $\log (6.234)$ का मान चाहिए, इसलिए हमारा उत्तर इससे कुछ अधिक होगा। कितना अधिक होगा? इसके लिए हम 'मीन डिफरेंसेज' के खंड को देखते हैं हमारा चौथा अंक 4 है इसलिए हम वह स्तम्भ देखते हैं जिसके शीर्ष पर 4 लिखा है (62 वाली पंक्ति में) हम अंक 3 प्राप्त करते हैं। इसलिए हम $.7945$ में 3 जोड़ते हैं। हमें 7948 प्राप्त होता है। अतः अन्त में हमें प्राप्त होता है—

$$\log (6.234) = 0.7948.$$

दूसरा उदाहरण लेते हैं। $\log (8.127)$, प्राप्त करने के लिए 81 वाली पंक्ति में स्तंभ 2 में देखते हैं और हमें 9096 प्राप्त होता है। हम इसी पंक्ति में आगे बढ़ते हैं और पाते हैं कि 7 स्तंभ में अंक 4 प्राप्त होता है। इसे 9096 में जोड़ते हैं और हमें 9100 प्राप्त होता है अतः

$$\log (8.127) = 0.9100.$$

log n दिया हो तो n का मान प्राप्त करना

अभी तक हमने $\log n$ को ज्ञात करने की विधि की विवेचना की है। अब हम इसकी विपरीत प्रक्रिया की ओर जाते हैं यानि जब $\log n$ दिया हो तो n का मान ज्ञात करते हैं। इसके लिए हम एक विधि प्रस्तुत करते हैं। यदि $\log n = t$ हो तो हम प्रायः कहते हैं कि $n = \text{antilog } t$, अतः हमें दिए गए t का प्रतिलघुगणक (antilog) प्राप्त करना है। हम पहले से उपलब्ध प्रतिलघुगणक तालिका का उपयोग करते हैं।

$$\text{मान लीजिए } \log n = 2.5372.$$

n प्राप्त करने के लिए हम पहले केवल $\log n$ का अपूर्णांश लेते हैं। यहाँ पर यह $.5372$ है (ध्यान रहे कि यह धनात्मक हो)। अब इस संख्या के प्रतिलघुगणक को, तालिका से प्राप्त करते हैं, जिसे लघुगणक तालिका (log table) की ही तरह प्रयोग में लाया जाता है। प्रतिलघुगणक तालिका में स्तंभ 7 में $.53$ वाली पंक्ति में $.3443$ लिखा तथा इस पंक्ति में अंतिम अंक का मीन डिफरेंस 2 है। इसलिए तालिका से 3445 प्राप्त होता है।

* यह ध्यान रखना चाहिए कि तालिकाओं में दिए गए मान यथार्थ मान नहीं हैं। यह केवल निकटतम मान हैं, यद्यपि हम 'बराबर' का संकेत प्रयोग में लाते हैं, जिससे यह आभास होता है कि ये यथार्थ मान हैं। इसी परिपाटी का अनुसरण प्रतिलघुगणक के लिए भी किया जाएगा।

अतः $\text{antilog} (.5372) = 3.445$

क्योंकि $\log n = 2.5372$ है, अतः $\log n$ का पूर्णांश 2 है इसलिए n को मानक रूप में निम्न प्रकार से लिख सकते हैं—

$$n = 3.445 \times 10^2$$

या $n = 344.5$

उदाहरण 1—

यदि $\log x = 1.0712$ हो तो x ज्ञात कीजिए—

हल— हम पाते हैं कि संख्या 1179, संख्या 0712 के समकक्ष है। $\log x$ का पूर्णांश है।

$$\begin{aligned} \text{अतः } x &= 1.179 \times 10^1 \\ &= 11.79 \end{aligned}$$

उदाहरण 2—

यदि $\log x = \bar{2}.1352$, हो तो x ज्ञात कीजिए

हल: प्रतिलघुगण तालिका से हम पाते हैं कि संख्या 1366 संख्या .1352 के समकक्ष है। यहाँ पूर्णांश $\bar{2}$ यानि -2 , है, इसलिए

$$x = 1.366 \times 10^{-2} = 0.01366$$

संख्यात्मक गणनाओं में लघुगणक का उपयोग

उदाहरण 1—

6.3×1.29 ज्ञात कीजिए

हल— माना $x = 6.3 \times 1.29$

$$\text{तब } \log x = \log (6.3 \times 1.29) = \log 6.3 + \log 1.29$$

$$\text{अब } \log 6.3 = 0.7993$$

$$\log 1.29 = 0.1106$$

$$\therefore \log x = 0.9099,$$

प्रतिलघुगणक लेने पर

$$x = 8.127$$

उदाहरण 2—

$\frac{(1.23)^{1.5}}{11.2 \times 23.5}$ का मान ज्ञात कीजिए

$$\text{हल— माना } x = \log \frac{(1.23)^{\frac{3}{2}}}{11.2 \times 23.5}$$

$$\text{तब, } \log x = \log \frac{(1.23)^{\frac{3}{2}}}{11.2 \times 23.5}$$

$$= \frac{3}{2} \log 1.23 - \log (11.2 \times 23.5)$$

$$= \frac{3}{2} \log 1.23 - \log 11.2 - 23.5$$

अब,

$$\log 1.23 = 0.0899$$

$$\frac{3}{2} \log 1.23 = 0.13485$$

$$\log 11.2 = 1.0492$$

$$\log 23.5 = 1.3711$$

$$\log x = 0.13485 - 1.0492 - 1.3711$$

$$= \overline{3.71455}$$

$$\therefore x = 0.005183$$

उदाहरण 3:

$$\sqrt{\frac{(71.24)^5 \times \sqrt{56}}{(2.3)^7 \times \sqrt{21}}}$$
 का मान ज्ञात करिए

$$\text{हल: माना } x = \sqrt{\frac{(71.24)^5 \times \sqrt{56}}{(2.3)^7 \times \sqrt{21}}}$$

$$\text{तब, } \log x = \frac{1}{2} \log \left[\frac{(71.24)^5 \times \sqrt{56}}{(2.3)^7 \times \sqrt{21}} \right]$$

$$= \frac{1}{2} [\log (71.24)^5 + \log \sqrt{56} - \log (2.3)^7 - \log \sqrt{21}]$$

$$= \frac{5}{2} \log 71.24 + \frac{1}{4} \log 56 - \frac{7}{2} \log 2.3 - \frac{1}{4} \log 21$$

अब तालिकाओं का प्रयोग करने पर—

$$\log 71.24 = 1.8527$$

$$\log 56 = 1.7482$$

$$\log 2.3 = 0.3617$$

$$\log 21 = 1.3222$$

$$\therefore \log x = \frac{5}{2} \log (1.8527) + \frac{1}{4} (1.7482) - \frac{7}{2} (0.3617) - \frac{1}{4} (1.3222)$$

$$= 3.4723$$

$$\text{या } x = 2967$$

लघुगणक

सारणी 1

N	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	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6471	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

लघुगणक

सारणी 1 (क्रमशः)

N	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	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9992	9996	0	1	1	2	2	3	3	4	4

प्रतिलघुगणक

सारणी 2

N	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	2	3
.14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	2	2	2	2	2	3

प्रतिलघुगणक

सारणी 2 (क्रमशः)

N	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	6950	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

टिप्पणी

© NCERT
not to be republished