एकक 1

रसायन विज्ञान की कुछ मूल अवधारणाएँ
SOME BASIC CONCEPTS OF CHEMISTRY

उद्देश्य

इस एकक के अध्ययन के बाद आप –

- जीवन के विभिन्न क्षेत्रों में रसायन विज्ञान के महत्त्व को समझ सकेंगे;
- द्रव्य की तीन अवस्थाओं के अभिलक्षणों की व्याख्या कर सकेंगे;
- पदार्थों को तत्त्वों, यौगिकों और मिश्रणों में वर्गीकृत कर सकेंगे;
- SI आधार मात्रकों को परिभाषित कर सकेंगे और सामान्यतया प्रयुक्त कुछ पूर्वलग्नों को सूचीबद्ध कर सकेंगे;
- वैज्ञानिक-संकेतन का प्रयोग और संख्याओं पर सरल गणितीय प्रचालन कर सकेंगे;
- परिशुद्धता और यथार्थता में भिन्नता स्पष्ट कर सकेंगे;
- सार्थक अंक निर्धारित कर सकेंगे;
- भौतिक राशियों के मात्रकों को एक प्रणाली से दूसरी प्रणाली में रूपांतरित कर सकेंगे;
- रासायनिक संयोजन के विभिन्न नियमों की व्याख्या कर सकेंगे;
- परमाणु द्रव्यमान, औसत परमाणु द्रव्यमान, अणु द्रव्यमान और सूत्र द्रव्यमान की सार्थकता बता सकेंगे;
- मोल और मोलर द्रव्यमान-पदों का वर्णन कर सकेंगे;
- किसी यौगिक के घटक विभिन्न तत्त्वों का द्रव्यमान-प्रतिशत परिकलित कर सकेंगे;
- दिए गए प्रायोगिक आँकड़ों से किसी यौगिक के लिए मूलानुपाती सूत्र और अणु-सूत्र निर्धारित कर सकेंगे;
- स्टॉइकियोमीट्री गणनाएँ कर सकेंगे।

"*रसायन विज्ञान अणुओं और उनके रूपांतरण का विज्ञान है। यह न केवल एक सौ तत्त्वों का विज्ञान है, अपितु उनसे निर्मित होने वाले असंख्य प्रकार के अणुओं का भी विज्ञान है।*"

रोअल्ड हॉफमैन

रसायन विज्ञान पदार्थ के संघटन, संरचना, गुणधर्म से संबंधित है, जिन्हें पदार्थ के मौलिक अवयवों-परमाणुओं तथा अणुओं के माध्यम से अच्छी प्रकार समझा जा सकता है। यही कारण है कि रसायन विज्ञान 'परमाणुओं तथा अणुओं का विज्ञान' कहलाता है। क्या हम कणों को देख सकते हैं, उनका भार माप सकते हैं और उनकी उपस्थिति को अनुभव कर सकते हैं? क्या किसी पदार्थ की निश्चित मात्रा में परमाणुओं और अणुओं की संख्या ज्ञात कर सकते हैं और क्या हम इन कणों (परमाणुओं तथा अणुओं) की संख्या एवं उनके द्रव्यमान के मध्य मात्रात्मक संबंध दर्शा सकते हैं? इस एकक में हम ऐसे ही कुछ प्रश्नों के उत्तर पाएँगे। इसके अतिरिक्त हम यहाँ पर यह भी वर्णन करेंगे कि किसी पदार्थ के भौतिक गुणों को उपयुक्त इकाइयों की सहायता से मात्रात्मक रूप से किस प्रकार दर्शाया जा सकता है।

1.1 रसायन विज्ञान का महत्त्व

मानव द्वारा प्रकृति को समझने और उसका वर्णन करने के लिए ज्ञान को क्रमबद्ध करने की निरंतर चेष्टा ही 'विज्ञान' है। सुविधा के लिए विज्ञान को विभिन्न विधाओं (जैसे–रसायन विज्ञान, भौतिक विज्ञान, जीव विज्ञान, भू-विज्ञान आदि) में वर्गीकृत किया गया है। रसायन विज्ञान, विज्ञान की वह शाखा है, जिसमें पदार्थ के संघटन, गुणधर्म और अन्योन्य क्रियाओं का अध्ययन किया जाता है। रसायनज्ञ निरंतर यह जानने के लिए उत्सुक रहते हैं कि रासायनिक रूपांतरण किस प्रकार हो रहे हैं। विज्ञान में रसायन विज्ञान की महत्त्वपूर्ण भूमिका है, जो प्राय: विज्ञान की अन्य शाखाओं (जैसे–भौतिक विज्ञान, जीव विज्ञान, भू-विज्ञान आदि) के साथ अभिन्न रूप से जुड़ी हुई है। दैनिक जीवन में भी रसायन विज्ञान की महत्त्वपूर्ण भूमिका है।

© NCERT not to be republished

रसायन विज्ञान के सिद्धांतों का व्यावहारिक उपयोग मौसम विज्ञान, नाड़ी–तंत्र और कंप्यूटर प्रचालन सदृश विभिन्न क्षेत्रों में होता है। राष्ट्रीय अर्थव्यवस्था में महत्त्वपूर्ण योगदान उर्वरकों, क्षारों, अम्लों, लवणों, रंगों, बहुलकों, दवाओं, साबुनों, अपमार्जकों, धातुओं, मिश्र धातुओं तथा अन्य कार्बनिक और अकार्बनिक रसायनों सहित नवीन सामग्री के निर्माण में लगे रासायनिक उद्योगों का है।

मानव के जीवन–स्तर को ऊँचा उठाने हेतु भोजन, स्वास्थ्य–सुविधा की वस्तुएँ और अन्य सामग्री की आवश्यकताओं को पूरा करने में रसायन विज्ञान ने महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाई है। विभिन्न उर्वरकों, जीवाणुनाशकों तथा कीटनाशकों की उत्तम किस्मों का उच्च स्तर पर उत्पादन इसके ज्वलंत उदाहरण हैं। इसी प्रकार कैन्सर की चिकित्सा में प्रभावी औषधियाँ (जैसे–सिसप्लाटिन तथा टैक्सोल) और एड्स से ग्रस्त रोगियों के उपचार हेतु उपयोग में आनेवाली औषधि एजिडोथाईमिडिन (AZT) सदृश अनेक जीवनरक्षक औषधियाँ पौधों और प्राणी–स्रोतों से प्राप्त या संश्लेषित की गई हैं।

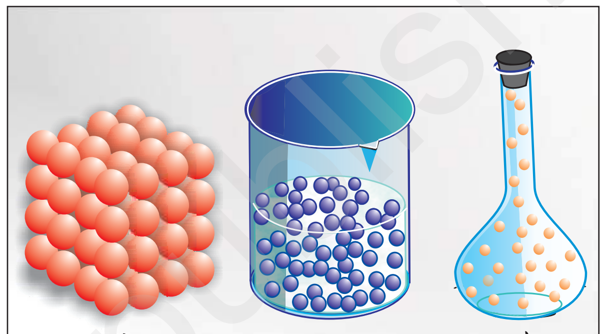
रासायनिक सिद्धांत भली–भाँति होने के बाद अब विशिष्ट चुंबकीय, विद्युतीय और प्रकाशीय गुणधर्मयुक्त पदार्थ संश्लेषित करना संभव हो गया है, जिसके फलस्वरूप अतिचालक सिरेमिक, सुचालक बहुलक, प्रकाशीय फाइबर (तंतु) सदृश पदार्थ संश्लेषित किए जा सकते हैं और ठोस अवस्थीय पदार्थों को लघु रूप में विकसित किया जा सकता है। पिछले कुछ वर्षों में रसायन शास्त्र की सहायता से पर्यावरणीय प्रदूषण से संबंधित कुछ गंभीर समस्याओं को काफी सीमा तक नियंत्रित किया जा सका है। उदाहरणस्वरूप–समतापमंडल (stratosphere) में ओजोन अवक्षय (Ozone depletion) उत्पन्न करनेवाले एवं पर्यावरण–प्रदूषक क्लोरोफ्लोरो कार्बन, अर्थात् सी.एफ.सी. (CFC) सदृश पदार्थों के विकल्प सफलतापूर्वक संश्लेषित कर लिये गए हैं, परंतु अभी भी पर्यावरण की अनेक समस्याएँ रसायनविदों के लिए गंभीर चुनौती बनी हुई हैं।

ऐसी ही एक समस्या ग्रीन–हाउस गैसों (जैसे–मेथैन, कार्बन डाइऑक्साइड आदि) का प्रबंधन है। रसायनविदों की भावी पीढ़ियों के लिए जैव–रासायनिक प्रक्रियाओं की समझ, रसायनों के व्यापक स्तर पर उत्पादन हेतु एंजाइमों का उपयोग और नवीन मोहक पदार्थों का उत्पादन कुछेक बौद्धिक चुनौतियाँ हैं। ऐसी चुनौतियों का सामना करने के लिए हमारे देश तथा अन्य विकासशील देशों को मेधावी और सृजनात्मक रसायनविदों की आवश्यकता है।

1.2 द्रव्य की प्रकृति

अपनी पूर्व कक्षाओं से आप 'द्रव्य' शब्द से परिचित हैं। कोई भी वस्तु, जिसका द्रव्यमान होता है और जो स्थान घेरती है, **द्रव्य** कहलाती है। हमारे आसपास की सभी वस्तुएँ द्रव्य द्वारा बनी होती हैं। उदाहरण के लिए–पुस्तक, कलम, पेन्सिल, जल, वायु, सभी जीव आदि द्रव्य से बने होते हैं। आप जानते हैं कि इन सभी का द्रव्यमान होता है और ये स्थान घेरती हैं।

आप यह भी जानते हैं कि द्रव्य की तीन भौतिक अवस्थाएँ संभव हैं– ठोस, द्रव और गैस। इन तीनों अवस्थाओं में द्रव्य के घटक–कणों को चित्र 1.1 में दर्शाया गया है।



चित्र 1.1 ठोस, द्रव और गैस में कणों की व्यवस्था

ठोसों में ये कण एक–दूसरे के बहुत पास क्रमबद्ध रूप से व्यवस्थित रहते हैं। ये बहुत गतिशील नहीं होते। द्रवों में कण पास–पास होते हैं, फिर भी ये गति कर सकते हैं, लेकिन ठोसों या द्रवों की अपेक्षा गैसों में कण बहुत दूर–दूर होते हैं। वे बहुत आसानी तथा तेज़ी से गति कर सकते हैं। कणों की इन व्यवस्थाओं के कारण द्रव्य की विभिन्न अवस्थाओं के निम्नलिखित अभिलक्षण होते हैं–

(i) ठोस का निश्चित आयतन और निश्चित आकार होता है।

(ii) द्रव का निश्चित आयतन होता है, परंतु आकार निश्चित नहीं होता है। वह उसी पात्र का आकार ले लेता है, जिसमें उसे रखा जाता है।

(iii) गैस का आयतन या आकार कुछ भी निश्चित नही रहता। वह उस पात्र के आयतन में पूरी तरह फैल जाती है, जिसमें उसे रखा जाता है।

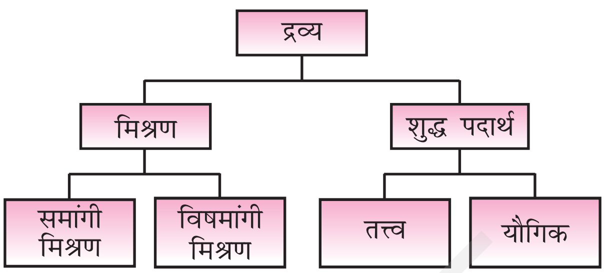
ताप और दाब की परिस्थितियों के परिवर्तन द्वारा द्रव्य की इन तीन अवस्थाओं को एक–दूसरे में परिवर्तित किया जा सकता है।

© NCERT not to be republished

ठोस $\underset{\text{ठंडा}}{\overset{\text{गरम}}{\rightleftharpoons}}$ द्रव $\underset{\text{ठंडा}}{\overset{\text{गरम}}{\rightleftharpoons}}$ गैस

सामान्यतया एक ठोस को गरम करने पर वह द्रव में परिवर्तित हो जाता है और द्रव को गरम करने पर वह गैसीय (वाष्प) अवस्था में परिवर्तित हो जाता है। इसके विपरीत अभिक्रिया में गैस को ठंडा करने पर वह द्रवित होकर द्रव में परिवर्तित हो जाती है और अधिक ठंडा करने पर द्रव जमकर ठोस में परिवर्तित हो जाता है।

स्थूल या बड़े स्तर पर द्रव्य को मिश्रण या शुद्ध पदार्थ के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है। इन्हें और आगे चित्र 1.2 के अनुसार उप-विभाजित किया जा सकता है।

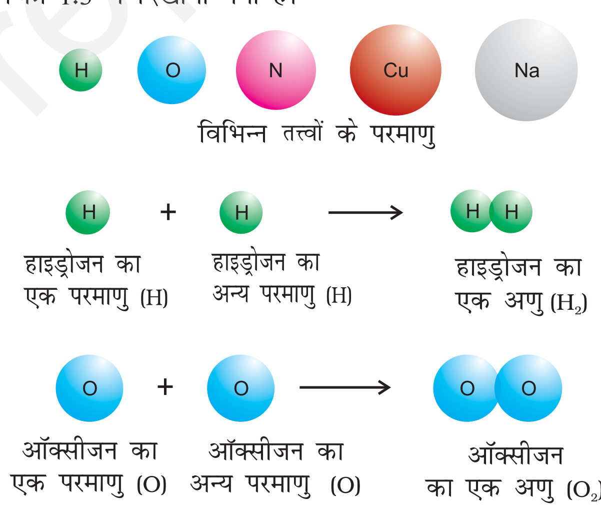


चित्र 1.2 द्रव्य का वर्गीकरण

आपके आसपास उपस्थित अधिकांश पदार्थ मिश्रण हैं। उदाहरण के लिए– जल में चीनी का विलयन, हवा, चाय आदि सभी मिश्रण होते हैं। किसी मिश्रण में दो या अधिक पदार्थ अथवा घटक किसी भी अनुपात में उपस्थित हो सकते हैं। कोई मिश्रण समांगी या विषमांगी हो सकता है। किसी समांगी मिश्रण में घटक एक-दूसरे में पूर्णतया मिश्रित होते हैं और पूरे मिश्रण का संघटन एक समान होता है। अत: 'जल में चीनी का विलयन' और 'हवा' समांगी मिश्रण के उदाहरण हैं। इसके विपरीत विषमांगी मिश्रण में संघटन पूरे मिश्रण में एक समान नहीं होता। कभी-कभी तो विभिन्न घटकों को अलग-अलग देखा जा सकता है। उदाहरण के लिए चीनी और नमक तथा दाल के दानों और गंदगी (प्राय: छोटे कंकड़) के कणों के मिश्रण विषमांगी मिश्रण हैं। आप अपने दैनिक जीवन में प्रयुक्त मिश्रणों के कई अन्य उदाहरणों के बारे में सोच सकते हैं। यहाँ यह बताना उचित होगा कि किसी मिश्रण के घटकों को हाथ से छानने, क्रिस्टलन, आसवन आदि भौतिक विधियों के उपयोग द्वारा अलग किया जा सकता है।

शुद्ध पदार्थों के अभिलक्षण मिश्रणों से भिन्न होते हैं। उनका संघटन निश्चित होता है, जबकि मिश्रणों में घटक किसी भी अनुपात में उपस्थित हो सकते हैं और उनका संघटन भिन्न हो सकता है। ताँबा, चाँदी, सोना, जल, ग्लूकोस आदि शुद्ध पदार्थों के कुछ उदाहरण हैं।

ग्लूकोस में कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन एक निश्चित अनुपात में होते हैं। इसमें अन्य शुद्ध पदार्थों की तरह निश्चित संघटन होता है। शुद्ध पदार्थ के संघटकों को सामान्य भौतिक विधियों द्वारा पृथक् नहीं किया जा सकता। शुद्ध पदार्थों को पुन: तत्त्वों तथा यौगिकों में वर्गीकृत किया जा सकता है। किसी तत्त्व में एक ही प्रकार के कण होते हैं। ये कण परमाणु या अणु हो सकते हैं। आप अपनी पिछली कक्षाओं से परमाणुओं और अणुओं से परिचित होंगे, लेकिन आप उनके बारे में एकक-2 में विस्तार से पढ़ेंगे। सोडियम, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन ताँबा, चाँदी, आदि तत्त्वों के कुछ उदाहरण हैं। इन सब में एक ही प्रकार के परमाणु होते हैं, परंतु विभिन्न तत्त्वों के परमाणु एक-दूसरे से भिन्न होते हैं। सोडियम अथवा ताँबे जैसे कुछ तत्त्वों में एकल परमाणु घटक कणों के रूप में उपस्थित होते हैं, जबकि कुछ अन्य तत्त्वों में दो या अधिक परमाणु संयोजित होकर उस तत्त्व के अणु बनाते हैं। अत: हाइड्रोजन, नाइट्रोजन तथा ऑक्सीजन गैसों में इन तत्त्वों के अणु उपस्थित होते हैं, जो क्रमश: इनके दो-दो परमाणुओं के संयोजन से बनते हैं। इसे चित्र 1.3 में दिखाया गया है।



चित्र 1.3 परमाणुओं और अणुओं का निरूपण

जब भिन्न तत्त्वों के दो या दो से अधिक परमाणु संयोजित होते हैं, तब यौगिक का एक अणु प्राप्त होता है। जल, अमोनिया, कार्बन-डाइऑक्साइड, चीनी आदि यौगिकों के कुछ उदाहरण हैं। जल और कार्बन डाइऑक्साइड के अणुओं को चित्र 1.4 में निरूपित किया गया है।

© NCERT not to be republished

जल का अणु (H_2O) कार्बन डाइऑक्साइड का अणु (CO_2)

***चित्र 1.4** जल और कार्बन डाइऑक्साइड के अणुओं का निरूपण*

आपने चित्र 1.4 में देखा कि जल के एक अणु में दो हाइड्रोजन परमाणु और एक ऑक्सीजन परमाणु उपस्थित होते हैं। इसी प्रकार, कार्बन डाइऑक्साइड के अणु में ऑक्सीजन के दो परमाणु कार्बन के एक परमाणु से संयोजित होते हैं। अत: किसी यौगिक में विभिन्न तत्त्वों के परमाणु एक निश्चित और स्थिर अनुपात में उपस्थित होते हैं। यह अनुपात किसी यौगिक का अभिलाक्षणिक गुण होता है। इसके साथ ही किसी यौगिक के गुणधर्म उसके घटक तत्त्वों के गुणधर्मों से भिन्न होते हैं। उदाहरण के लिए– हाइड्रोजन और ऑक्सीजन गैसें हैं, परंतु उनके संयोजन से बना यौगिक, अर्थात् जल एक द्रव है। यह भी जानना रोचक होगा कि हाइड्रोजन एक तेज (pop) ध्वनि के साथ जलती है और ऑक्सीजन दहन में सहायक होती है, परंतु जल का उपयोग एक अग्निशामक के रूप में किया जाता है।

इसके अतिरिक्त किसी यौगिक के घटकों को भौतिक विधियों द्वारा सरल पदार्थों में पृथक् नहीं किया जा सकता है। उन्हें पृथक् करने के लिए रासायनिक विधियों का प्रयोग करना पड़ता है।

1.3 द्रव्य के गुणधर्म और उनका मापन

प्रत्येक पदार्थ के विशिष्ट या अभिलाक्षणिक गुणधर्म होते हैं। इन गुणधर्मों को दो वर्गों में वर्गीकृत किया जा सकता है– **भौतिक गुणधर्म** और **रासायनिक गुणधर्म**।

भौतिक गुणधर्म वे गुणधर्म होते हैं, जिन्हें पदार्थ की पहचान या संघटन को परिवर्तित किए बिना मापा या देखा जा सकता है। भौतिक गुणधर्मों के कुछ उदाहरण रंग, गंध, गलनांक, क्वथनांक, घनत्व आदि हैं। रासायनिक गुणधर्मों को मापने या देखने के लिए रासायनिक परिवर्तन का होना आवश्यक होता है। विभिन्न पदार्थों की अभिलाक्षणिक अभिक्रियाएँ (जैसे – अम्लता, क्षारता, दाह्यता आदि) **रासायनिक गुणधर्मों** के उदाहरण हैं।

द्रव्य के अनेक गुणधर्म (जैसे – लंबाई, क्षेत्रफल, आयतन आदि) मात्रात्मक प्रकृति के होते हैं। किसी मात्रात्मक प्रेक्षण या मापन को कोई संख्या और उसके बाद वह इकाई लिखकर निरूपित किया जाता है, जिसमें उसे मापा गया है। उदाहरण के लिए– किसी कमरे की लंबाई को 6 m लिखकर बताया जा सकता है, जिसमें 6 एक संख्या है और m मीटर को व्यक्त करता है, जो वह इकाई है, जिसमें लंबाई नापी गई है।

विश्व के विभिन्न भागों में मापन की दो विभिन्न पद्धतियाँ– 'अंग्रेजी पद्धति' (the English System) और 'मीट्रिक पद्धति' (the Metric System) प्रयुक्त की जाती है। मीट्रिक पद्धति, जो फ्रांस में अठारहवीं शताब्दी के उत्तरार्द्ध में विकसित हुई, अधिक सुविधाजनक थी, क्योंकि वह दशमलव प्रणाली पर आधारित थी। वैज्ञानिकों ने एक सर्वमान्य मानक पद्धति की आवश्यकता अनुभव की। ऐसी एक पद्धति सन् 1960 में प्रस्तुत की गई, जिसकी विस्तृत चर्चा नीचे की जा रही है।

1.3.1 मात्रकों की अंतर्राष्ट्रीय पद्धति (SI)

मात्रकों की अंतर्राष्ट्रीय पद्धति (फ्रांसीसी में Le System International d'Units), जिसे संक्षेप में S.I. (एस.आई.) कहा जाता है, को सन् 1960 में भार और माप के ग्यारहवें सर्व-सम्मेलन (conference Generale des Poios et Measures, CGPM) में स्वीकृत किया गया था। CGPM एक सरकारी संस्था है, जिसका गठन एक रासायनिक समझौते (जिसे **मीटर परिपाटी** कहते हैं और जिसपर सन् 1875 में पेरिस में हस्ताक्षर किए गए) के अंतर्गत किया गया।

SI पद्धति में सात आधार मात्रक हैं। इन्हें तालिका 1.1 में सूचीबद्ध किया गया है। ये मात्रक सात आधारभूत वैज्ञानिक राशियों से संबंधित हैं। अन्य भौतिक राशि (जैसे – गति, आयतन, घनत्व आदि) इन राशियों से व्युत्पन्न की जा सकती हैं। SI आधार मात्रकों की परिभाषाएँ तालिका 1.2 में दी गई हैं।

SI पद्धति में अपवर्त्यों और अपवर्तकों को व्यक्त करने के लिए पूर्वलग्नों का उपयोग किया जाता है। इन्हें तालिका 1.3 में सूचीबद्ध किया गया है। इनमें से कुछ राशियों का प्रयोग हम इस पुस्तक में करेंगे।

1.3.2 द्रव्यमान और भार

किसी पदार्थ का द्रव्यमान उसमें उपस्थित द्रव्य की मात्रा है, जबकि किसी वस्तु का भार उसपर लगनेवाला गुरुत्व बल है। किसी पदार्थ का द्रव्यमान स्थिर होता है, परंतु उसका भार गुरुत्व में परिवर्तन के कारण एक स्थान से दूसरे स्थान पर अलग-अलग हो सकता है। आपको इन दोनों शब्दों के प्रयोग पर विशेष ध्यान रखना चाहिए।

© NCERT not to be republished

तालिका 1.1 आधार भौतिक राशियाँ और उनके मात्रक

आधार भौतिक राशि	राशि के लिए प्रतीक	SI मात्रक का नाम	SI मात्रक का प्रतीक
लंबाई	l	मीटर	m
द्रव्यमान	m	किलोग्राम	kg
समय	t	सेकंड	s
विद्युत्धारा	I	ऐम्पीयर	A
ऊष्मागतिक तापक्रम	T	केल्विन	K
पदार्थ की मात्रा	n	मोल	mol
ज्योति-तीव्रता	I_v	केन्डेला	cd

तालिका 1.2 SI आधार मात्रकों की परिभाषाएँ

लंबाई का मात्रक	***मीटर***	प्रकाश द्वारा निर्वात् में एक सेकंड के $\frac{1}{299792458}$ समय अंतराल में तय किए गए पथ की लंबाई एक मीटर है।
द्रव्यमान का मात्रक	***किलोग्राम***	'किलोग्राम' द्रव्यमान का मात्रक है। यह अंतर्राष्ट्रीय मानक किलोग्राम द्रव्यमान के बराबर है।
समय का मात्रक	***सेकंड***	एक सेकंड सीजियम – 133 परमाणु की मूल अवस्था के दो अतिसूक्ष्म स्तरों के बीच होने वाले संक्रमण के संगत विकिरण के 91 92 631 770 आवर्तों की अवधि है।
विद्युत्धारा का मात्रक	***ऐम्पियर***	एक ऐम्पियर वह स्थिर विद्युत्धारा है, जो निर्वात् में 1 मीटर दूरी पर स्थित दो अनंत लंबाई वाले समांतर एवं नगण्य अनुप्रस्थ काट वाले चालकों के बीच प्रवाहित होने पर 2 10^{-7} न्यूटन प्रति मीटर लंबाई का बल उत्पन्न करती है।
ऊष्मागतिक तापक्रम का मात्रक	***केल्विन***	केल्विन, ऊष्मागतिक ताप का मात्रक, जल के त्रिक बिंदु के ऊष्मागतिक ताप का $\frac{1}{273.16}$ वाँ भाग होता है।
पदार्थ की मात्रा का मात्रक	***मोल***	1. मोल किसी निकाय में पदार्थ की वह मात्रा है, जिसमें मूल कणों (elementary entities) की संख्या उतनी ही होती है, जितनी 0.012 kg कार्बन -12 में उपस्थित परमाणुओं की संख्या। इसका संकेत मोल (mol) है। 2. जब मोल का प्रयोग किया जाता है, तब मूल कणों को इंगित (specify) करना चाहिए कि ये परमाणु, अणु, आयन, इलेक्ट्रॉन, अथवा अन्य कणों के विशिष्ट समूह हो सकते हैं।
दीप्त-तीव्रता का मात्रक	***केन्डेला***	'केन्डेला' किसी दी गई दिशा में 540 10^{12} हट्र्ज आवृत्ति वाले स्रोत की ज्योति-तीव्रता है, जो उस दिशा में $\frac{1}{683}$ वाट प्रति स्टिरेडियन की विकिरण-तीव्रता का एकवर्णीय प्रकाश उत्सर्जित करता है।

© NCERT not to be republished

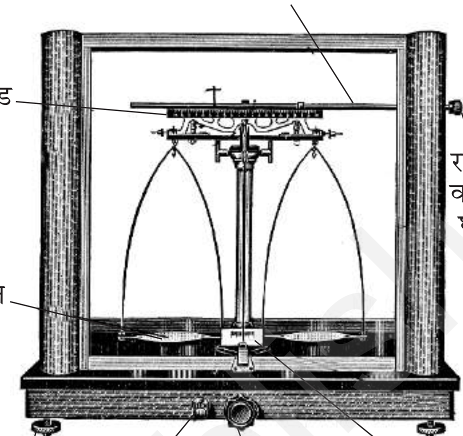
मापन के राष्ट्रीय मानकों का अनुरक्षण

जैसा ऊपर बताया जा चुका है, मात्रकों का चलन (परिशिष्ट 'क') एवं उनकी परिभाषाएँ समय के साथ-साथ परिवर्तित होती हैं। जब भी नए सिद्धांतों को अपनाकर किसी विशेष मात्रक के मापन की यथार्थता में यथेष्ट वृद्धि की गई, मीटर संधि (सन् 1875 में हस्ताक्षरित) के सदस्य देश उस मात्रक की औपचारिक परिभाषा में परिवर्तन करने के लिए सहमत हो गए। भारत सहित प्रत्येक आधुनिक औद्योगीकृत देश में एक राष्ट्रीय मापन विज्ञान संस्थान (NMI – नेशनल मीट्रोलॉजी इंस्टिच्यूट) है, जो मापन के मानकों की देखभाल करती है। यह जिम्मेदारी नई दिल्ली स्थित राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला (NPL नेशनल फिजिकल लैबोरेटरी) को दी गई है। इस प्रयोगशाला में मापन के मात्रकों के आधार तथा व्युत्पन्न मात्रकों को प्राप्त करने के लिए प्रयोग निर्धारित किए जाते हैं और मापन के राष्ट्रीय मानकों की देखभाल की जाती है। निश्चित अवधि के बाद इन मानकों की तुलना विश्व की अन्य राष्ट्रीय मानकों के अंतर्राष्ट्रीय ब्यूरो में प्रतिष्ठित मानकों के साथ की जाती है।

तालिका 1.3 SI पद्धति में प्रयुक्त पूर्वलग्न

गुणक	पूर्वलग्न	संकेत
10^{-24}	योक्टो	y
10^{-21}	जेप्टो	z
10^{-18}	ऐटो	a
10^{-15}	फेम्टो	f
10^{-12}	पिको	p
10^{-9}	नैनो	n
10^{-6}	माइक्रो	µ
10^{-3}	मिली	m
10^{-2}	सेंटी	c
10^{-1}	डेसी	d
10	डेका	da
10^{2}	हेक्टो	h
10^{3}	किलो	k
10^{6}	मेगा	M
10^{9}	गीगा	G
10^{12}	टेरा	T
10^{15}	पेटा	P
10^{18}	एक्सा	E
10^{21}	जेटा	Z
10^{24}	योटा	Y

प्रयोगशाला में किसी पदार्थ के द्रव्यमान के अधिक यथार्थपरक मापन के लिए वैश्लेषिक तुला (चित्र 1.5) का उपयोग किया जाता है।



चित्र 1.5 वैश्लेषिक तुला

जैसा तालिका 1.1 में दिया गया है, द्रव्यमान का SI मात्रक 'किलोग्राम' है, परंतु प्रयोगशाला में इसके छोटे मात्रक 'ग्राम' (1 किलोग्राम = 1000 ग्राम) का प्रयोग किया जाता है, क्योंकि रासायनिक अभिक्रियाओं में रासायनिक पदार्थों की थोड़ी मात्रा का ही उपयोग किया जाता है।

आयतन

आयतन के मात्रक लम्बाई के मात्रक होते हैं। अत: SI पद्धति में आयतन का मात्रक m^3 होता है, परंतु रासायनिक प्रयोगशालाओं में इतने अधिक आयतनों का उपयोग नहीं किया जाता है। अत: आयतन को आम तौर पर cm^3 या dm^3 के मात्रकों में व्यक्त किया जाता है।

द्रवों के आयतन को मापने के लिए प्राय: लिटर (L) मात्रक का उपयोग किया जाता है, जो SI मात्रक नहीं है।

1L = 1000 mL अथवा 1000 cm^3 = 1 dm^3

चित्र 1.6 में आप इन संबंधों को आसानी से देख सकते हैं।

प्रयोगशाला में द्रवों या विलयनों के आयतन को मापने के लिए अंशांकित सिलिंडर, ब्यूरेट, पिपेट आदि का उपयोग किया जाता है। आयतनमापी फ्लास्क का उपयोग ज्ञात आयतन का विलयन बनाने के लिए किया जाता है। मापन के इन उपकरणों को चित्र 1.7 में दिखाया गया है।

© NCERT not to be republished

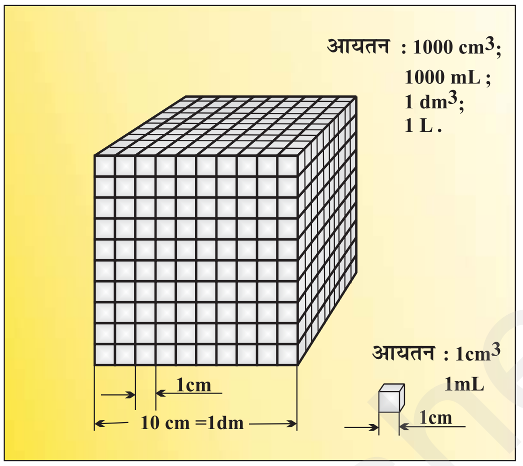
घनत्व

किसी पदार्थ का घनत्व उसके प्रति इकाई आयतन का द्रव्यमान होता है। अत: घनत्व के SI मात्रक इस प्रकार प्राप्त किए जा सकते हैं –

$$\text{घनत्व का SI मात्रक} = \frac{\text{द्रव्यमान का SI मात्रक}}{\text{आयतन का SI मात्रक}}$$

$$= \frac{kg}{m^3} \text{ या } kg\ m^{-3}$$

यह मात्रक बहुत बड़ा है। रसायनज्ञ प्राय: घनत्व को $g\ cm^{-3}$ में व्यक्त करते हैं, जहाँ द्रव्यमान को ग्राम (g) में और आयतन को cm^3 में व्यक्त किया जाता है।



चित्र 1.6 आयतन को व्यक्त करने के विभिन्न मात्रक

ताप

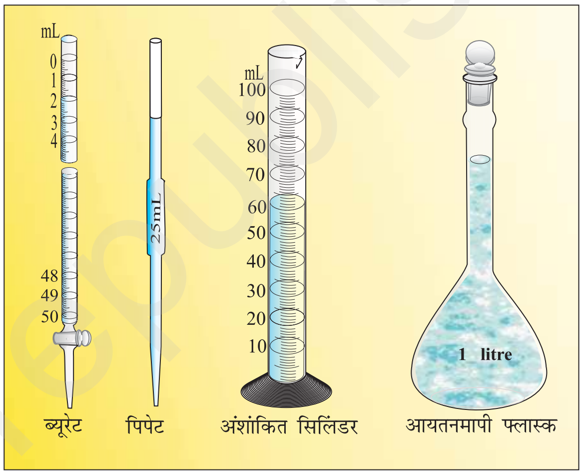
ताप को मापने के तीन सामान्य पैमाने हैं – °C (डिग्री सेल्सियस), °F (डिग्री फारेनहाइट) और K (केल्विन)। यहाँ K (केल्विन) SI मात्रक है। इन पैमानों पर आधारित तापमापियों को चित्र 1.8 में दिखाया गया है। साधारणतया सेल्सियस पैमाने वाले तापमापियों को 0° से 100° तक अंशांकित किया जाता है, जहाँ ये दोनों ताप क्रमश: जल के हिमांक और क्वथनांक हैं। फॉरेनहाइट पैमाने को 32°F और 212° के मध्य व्यक्त किया जाता है। इन दोनों पैमानों पर ताप एक-दूसरे से निम्नलिखित रूप में संबंधित है–

$$°F = \frac{9}{5}(°C) + 32$$

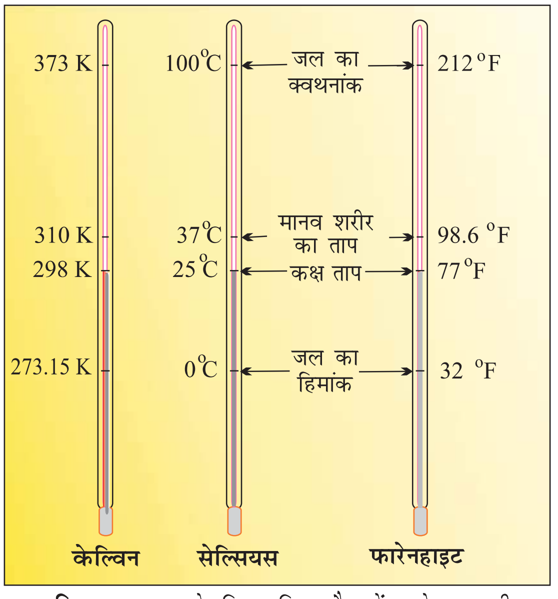
केल्विन पैमाना सेल्सियस पैमाने से इस प्रकार संबंधित है–

$$K = °C + 273.15$$

यह जानना रुचिकर होगा कि 0°C से कम ताप (अर्थात् ऋणात्मक मान) सेल्सियस पैमाने पर तो संभव है, परंतु केल्विन पैमाने पर ताप का ऋणात्मक मान संभव नहीं है।



चित्र 1.7 आयतन मापने के विभिन्न उपकरण



चित्र 1.8 ताप के भिन्न-भिन्न पैमानों वाले तापमापी

1.4 मापन में अनिश्चितता

रसायन के अध्ययन में अनेक बार हमें प्रायोगिक आँकड़ों के साथ साथ सैद्धांतिक गणनाओं पर विचार करना होता है। संख्याओं का सरलता से संचालन करना तथा आँकड़ों को यथा- संभव निश्चितता के साथ यथार्थ प्रस्तुति करने के अर्थपूर्ण तरीके भी हैं। इन्हीं मतों पर नीचे विस्तार से विचार किया जा रहा है।

© NCERT not to be republished

संदर्भ-मानक

किलोग्राम या मीटर सदृश मापन के मात्रक की परिभाषा निश्चित करने के पश्चात् वैज्ञानिकों ने संदर्भ-मात्रकों की आवश्यकता अनुभव की, ताकि सभी मापन-उपकरणों को मानकीकृत किया जा सके। मीटर-छड़ों, विश्लेषीय तुलाओं आदि उपकरणों को उनके निर्माताओं द्वारा अंशांकित किया गया है, ताकि वे विश्वसनीय मापन दे सकें, परंतु इनमें से प्रत्येक उपकरण को किसी संदर्भ के सापेक्ष मानकीकृत किया गया था। सन् 1889 से द्रव्यमान का मानक किलोग्राम है, जो फ्रान्स के सेव्रेस में प्लेटिनम-इरिडियम (Pt-Ir) सिलिंडर के द्रव्यमान के रूप में परिभाषित किया गया है, जो भार तथा मापन के अंतर्राष्ट्रीय ब्यूरो में एक हवाबंद डिब्बे में रखा हुआ है। इस मानक के लिए Pt-Ir की मिश्रधातु का चयन किया गया, क्योंकि यह रासायनिक अभिक्रिया के प्रति अवरोधी है और अति दीर्घ काल तक इसके द्रव्यमान में कोई परिवर्तन नहीं आएगा।

द्रव्यमान के नए मात्रक के लिए वैज्ञानिकगण प्रयत्नशील हैं। इसके लिए आवोगाद्रो स्थिरांक का यथार्थपरक निर्धारण किया जा रहा है। एक प्रतिदर्श की सुपरिभाषित द्रव्यमान में परमाणुओं की संख्या के यथार्थ मापन पर इस नए मानक पर कार्य केंद्रित है। ऐसी एक पद्धति, जिसमें अतिविशुद्ध सिलिकॉन के क्रिस्टल के परमाणवीय घनत्व को एक्स-रे द्वारा मापा जाता है, की शुद्धता 10^6 में एक अंश है। इसे अभी तक मानक के रूप में स्वीकार नहीं किया गया है। और भी पद्धतियाँ हैं, परंतु इनमें से कोई भी पद्धति अभी Pt - Ir छड़ के विकल्प के रूप में समर्थ नहीं है। ऐसी आशा की जा सकती है कि वर्तमान दशक में कोई समुचित वैकल्पिक मानक विकसित किया जा सकेगा।

आरंभ में 0°C (273.15 K) पर रखी एक Pt-Ir छड़ पर दो निश्चित चिह्नों के मध्य की लंबाई को 'मीटर' परिभाषित किया गया था। सन् 1960 में मीटर की लंबाई को क्रिप्टॉन लेजर (Laser) से उत्सर्जित प्रकाश की तरंग-दैर्घ्य का 1.6507637310^6 गुना माना गया। यद्यपि यह एक असुविधाजनक संख्या थी, किंतु यह मीटर की पूर्व सहमति लंबाई को सही रूप में दर्शाती है। सन् 1983 में CGPM द्वारा मीटर पुनर्परिभाषित किया गया, जो निर्वात में प्रकाश द्वारा 1/299.792 458 सेकंड में तय की गई दूरी है। लंबाई और द्रव्यमान की भाँति अन्य भौतिक राशियों के लिए भी संदर्भ मानक है।

1.4.1 वैज्ञानिक संकेतन

रसायन विज्ञान परमाणुओं और अणुओं के अध्ययन से संबंधित है, जिनके अत्यंत कम द्रव्यमान होते हैं और अत्यधिक संख्या होती है। अत: किसी रसायनज्ञ को 2g हाइड्रोजन के अणुओं के लिए 662, 200, 000, 000, 000, 000, 000, 000 जैसी बड़ी संख्या या हाइड्रोजन परमाणु के द्रव्यमान के लिए 0.00000000000000000000000166 g जैसी छोटी संख्या के साथ काम करना पड़ सकता है। इसी प्रकार प्लांक नियतांक, प्रकाश का वेग, कणों पर आवेश आदि में भी ऊपर दिए गए परिमाण वाली संख्याएँ होती हैं। एक क्षण के लिए इतनी सारी शून्यों वाली संख्याओं को लिखना और गिनना मज़ेदार लग सकता है, परंतु इन संख्याओं के साथ सरल गणितीय प्रचालन (जैसे – जोड़ना, घटाना, गुणा करना या भाग देना) सचमुच एक चुनौती है। ऊपर दी गई किन्हीं दो प्रकार की संख्याओं को आप लिखिए और उनपर कोई भी गणितीय प्रचालन कीजिए, ताकि आप सही प्रकार से यह समझ सकें कि संख्याओं के साथ कार्य करना वस्तुत: कितना कठिन है।

इस कठिनाई को इन संख्याओं के लिए वैज्ञानिक, अर्थात् चरघातांकी संकेतन के उपयोग द्वारा हल किया जा सकता है। इस संकेतन में किसी भी संख्या को $N \ 10^n$ के रूप में लिखा जाता है, जिसमें n चरघातांक है। इसका मान धनात्मक या ऋणात्मक हो सकता है और N का मान 1.000... और 9.999... के मध्य कोई भी संख्या हो सकती है। N को डिजिट टर्म करते हैं।

अत: वैज्ञानिक संकेतन में 232.508 को $2.32508 \ 10^2$ के रूप में लिखा जाता है। ध्यान दीजिए कि ऐसा लिखते समय दशमलव को दो स्थान बाईं ओर ले जाया गया है और वैज्ञानिक संकेतन में वह (2) 10 का चरघातांक है।

इसी प्रकार 0.00016 को $1.6 \ 10^{-4}$ की तरह लिखा जा सकता है। यहाँ ऐसा करते समय दशमलव को चार स्थान दाईं ओर ले जाया गया है और वैज्ञानिक संकेतन में (–4) चरघातांक है।

वैज्ञानिक संकेतन में व्यक्त संख्याओं पर गणितीय प्रचालन करते समय हमें निम्नलिखित बातों को ध्यान में रखना चाहिए–

गुणा और भाग करना

इन दो कार्यों के लिए चरघातांकी संख्या वाले नियम लागू होते हैं। जैसे –

$$5.6\times10^5 \times 6.9\times10^8 = 5.6\times6.9 \ 10^{5 \ 8}$$
$$= 5.6\times6.9 \times10^{13}$$
$$= 38.64\times10^{13}$$
$$= 3.864\times10^{14}$$

© NCERT not to be republished

और

$9.8{\times}10^{2} \times 2.5{\times}10^{6} = 9.8{\times}2.5 \quad 10^{2 \quad 6}$

$= 9.8{\times}2.5 \quad 10^{2\ 6} = 24.50 \times 10^{8}$

$= 2.450 \times 10^{7}$

तथा

$\frac{2.7\times10^{-3}}{5.5\times10^{4}} = (2.7 \div 5.5)(10^{-3-4}) = 0.4909 \times 10^{-7}$

$= 4.909 \times 10^{-8}$

योग करना और घटाना

इन दो कार्यों के लिए पहले संख्याओं को इस प्रकार लिखना पड़ता है कि उनके चरघातांक समान हों। उसके बाद संख्याओं को जोड़ा या घटाया जा सकता है।

अतः 6.65 10^4 और 8.95 10^3 का योग करने के लिए पहले उनका चरघातांक समान करके इस प्रकार लिखा जाता है–

6.65 10^4 + 0.895 10^4

इसके बाद संख्याओं को इस प्रकार जोड़ा जा सकता है–

(6.65 + 0.895) 10^4 = 7.545 10^4

इसी प्रकार दो संख्याओं को यों घटाया जा सकता है–

2.5 10^{-2} – 4.8 10^{-3}

= (2.5 10^{-2}) – (0.48 10^{-2})

= (2.5 – 0.48) 10^{-2} = 2.02 10^{-2}

1.4.2 सार्थक अंक

प्रत्येक प्रायोगिक मापन में कुछ न कुछ अनिश्चितता अवश्य होती है, परंतु परिणाम सदैव परिशुद्ध और यथार्थपरक होने चाहिए। जब भी हम मापन की बात करते हैं, तब परिशुद्धता और यथार्थ को भी ध्यान में रखा जाता है।

परिशुद्धता किसी भी राशि के विभिन्न मापनों के सामीप्य को व्यक्त करती है। परंतु **यथार्थपरकता** किसी विशिष्ट प्रायोगिक मान के वास्तविक मान से मेल रखने को व्यक्त करती है। उदाहरण के लिए– यदि किसी परिणाम का सही मान 2.00 g है और एक विद्यार्थी 'क' दो मापन करता है, उसे 1.95 g और 1.93 g परिणाम प्राप्त होते हैं। एक-दूसरे के बहुत पास होने के कारण ये मान परिशुद्ध हैं, परंतु यथार्थपरक नहीं हैं। दूसरा विद्यार्थी 'ख' इन्हीं दो मापनों के लिए 1.94 g और 2.05 g परिणाम प्राप्त करता है। ये दोनों परिणाम न तो परिशुद्ध हैं और न ही यथार्थपरक। तीसरे विद्यार्थी 'ग' को इन मापनों के लिए 2.01 g और 1.99 g परिणाम प्राप्त होते हैं। ये मान परिशुद्ध भी हैं और यथार्थपरक भी। इसे तालिका 1.4 में दिखाए गए रूप से और आसानी से समझा जा सकता है।

तालिका 1.4 आँकड़ों की परिशुद्धता और यथार्थता का निरूपण

	मापन/g		
	1	2	औसत (g)
छात्र क	1.95	1.93	1.940
छात्र ख	1.94	2.05	1.995
छात्र ग	2.01	1.99	2.000

प्रायोगिक या परिकलित मानों में अनिश्चितता को सार्थक अंकों की संख्या द्वारा व्यक्त किया जाता है। **सार्थक अंक** वे अर्थपूर्ण अंक होते हैं, जो निश्चित रूप से ज्ञात हों। अनिश्चितता को व्यक्त करने के लिए पहले निश्चित अंक लिखे जाते हैं और अनिश्चितता अंक को अंतिम अंक के रूप में लिखा जाता है, अर्थात् यदि हम किसी परिणाम को 11.2 mL के रूप में लिखें, तो हम यह समझते हैं कि 11 निश्चित और 2 अनिश्चित है तथा अंतिम अंक में ±1 की अनिश्चितता होगी। यदि कुछ और न बताया गया हो, तो अंतिम अंक में सदैव ±1 की अनिश्चितता निहित मानी जाती है।

सार्थक अंकों को निर्धारित करने के कुछ नियम हैं। जो, यहाँ दिए जा रहे हैं –

(1) सभी गैर-शून्य अंक सार्थक होते हैं। उदाहरण के लिए– 285 cm में तीन सार्थक अंक और 0.25 mL में दो सार्थक अंक हैं।

(2) प्रथम गैर-शून्य अंक से पहले आने वाले शून्य सार्थक नहीं होते। ऐसे शून्य केवल दशमलव की स्थिति को बताते हैं। अत : 0.03 में केवल एक सार्थक अंक और 0.0052 में दो सार्थक अंक हैं।

(3) दो गैर-शून्य अंकों के मध्य स्थित शून्य सार्थक होते हैं। अतः 2.005 में चार सार्थक अंक हैं।

(4) किसी अंक की दाईं ओर या अंत में आने वाले शून्य सार्थक होते हैं, परंतु उनके लिए शर्त यह है कि वे दशमलव की दाईं ओर स्थित हों। उदाहरण के लिए 0.200 में तीन सार्थक अंक हैं, परंतु दशमलव विहीन संख्याओं में दाईं ओर के शून्य सार्थक नहीं होते। उदाहरण के लिए 100 में केवल एक सार्थक अंक है। यद्यपि 100. में तीन सार्थक अंक है तथा 100.0 में चार सार्थक अंक है। ऐसी संख्याओं को वैज्ञानिक संकेतन में प्रदर्शित करना उपयुक्त होता है। हम एक सार्थक अंक के लिए 100 को 1 10^2, दो सार्थक अंकों के लिए 1.0 10^2 एवं तीन सार्थक अंकों के लिए 1.00 10^2 लिख सकते हैं।

(5) वस्तुओं की गिनती, उदाहरण के लिए 2 गेंदों या 20 अंडों में सार्थक अंकों की संख्या अनंत है, क्योंकि ये दोनों ही यथार्थपरक संख्याएँ हैं और इन्हें दशमलव लिखकर उसके बाद अनंत शून्य लिखकर व्यक्त किया जा सकता है,

© NCERT not to be republished

जैसे– 2 = 2.000000 या 20 = 20.000000 वैज्ञानिक संकेतन में लिखी संख्याओं में सभी अंक सार्थक होते हैं। अतः 4.01 10^2 में तीन और 8.256 10^{-3} में चार सार्थक अंक हैं।

सार्थक अंकों को जोड़ना और घटाना

जोड़ने या घटाने के बाद प्राप्त परिणाम में दशमलव की दाईं ओर जोड़ने या घटाने वाली किसी भी संख्या से अधिक अंक नहीं होने चाहिए। जैसे –

$$\begin{array}{r} 12.11 \\ 18.0 \\ 1.012 \\ \hline 31.122 \\ \hline \end{array}$$

ऊपर दिए गए उदाहरण में 18.0 में दशमलव के बाद केवल एक अंक है, अतः परिणाम भी दशमलव के बाद एक ही अंक तक, अर्थात् 31.1 के रूप में ही व्यक्त करना चाहिए।

सार्थक अंकों को गुणा या भाग करना

उन प्रचालनों के परिणाम में सार्थक अंकों की संख्या उतनी ही होनी चाहिए, जितनी न्यूनतम सार्थक अंक वाली संख्या में होती है। जैसे –

$2.5 \times 1.25 \quad 3.125$

चूँकि 2.5 में केवल दो सार्थक अंक हैं, इसलिए परिणाम में भी दो सार्थक अंक (3.1) होने चाहिए।

जैसा उपरोक्त गणितीय प्रक्रिया में किया गया है, परिणाम को आवश्यक सार्थक अंकों तक व्यक्त करने के लिए संख्याओं के निकटतम (rounding off) में निम्नलिखित बातों का ध्यान रखना चाहिए –

1. यदि सबसे दाईं ओर वाला अंक (जिसे हटाना हो) 5 से अधिक हो, तो उससे पहले वाले अंक का मान एक अधिक कर दिया जाता है। जैसे – यदि 1.386 में 6 को हटाना हो, तो हम निकटतम के पश्चात् 1.39 लिखेंगे।
2. यदि सबसे दाईं ओर का हटाया जाने वाला अंक 5 से कम हो, तो उससे पहले वाले अंक को बदला नहीं जाएगा। जैसे– 4.334 में यदि अंतिम 4 को हटाना हो, तो परिणाम को 4.33 के रूप में लिखा जाएगा।
3. यदि सबसे दाईं ओर का हटाया जाने वाला अंक 5 हो, तो उससे पहला अंक सम होने की स्थिति में बदला नहीं जाएगा, परंतु विषम होने पर एक बढ़ा दिया जाता है। जैसे– यदि 6.35 को 5 हटाकर निकटतम करना हो, तो हमें 3 को बढ़ाकर 4 करना होगा और इस प्रकार परिणाम 6.4 व्यक्त किया जाएगा, परंतु यदि 6.25 का निकटतम करना हो, तो इसे 6.2 लिखा जाएगा।

1.4.3 विमीय विश्लेषण

परिकलन करते समय कभी-कभी हमें मात्रकों को एक पद्धति से दूसरी पद्धति में रूपांतरित करना पड़ता है। ऐसा करने के लिए गुणक लेबल विधि (factor label method), इकाई गुणक विधि (unit factor method) या विमीय विश्लेषण (dimensional analysis) का उपयोग किया जाता है।

उदाहरण 1

धातु का एक टुकड़ा 3 इंच (inch) लंबा है। cm में इसकी लंबाई क्या होगी?

हल

हम जानते हैं कि 1 inch = 2.54 cm

इस समीकरण के आधार पर हम लिख सकते हैं कि

$$\frac{1\,\text{inch}}{2.54\,\text{cm}} = 1 = \frac{2.54\,\text{cm}}{1\,\text{inch}}$$

अतः $\frac{1\,\text{inch}}{2.54\,\text{cm}}$ और $\frac{2.54\,\text{cm}}{1\,\text{inch}}$ दोनों 1 के बराबर हैं। इन दोनों को **इकाई गुणक** कहते हैं। यदि किसी संख्या का गुण इन इकाई गुणकों (अर्थात् 1) से किया जाए, तो वह परिवर्तित नहीं होगी। मान लीजिए कि ऊपर दिए गए 3 का गुणा इकाई गुणक से किया जाता है। अतः

$$3\text{ in} = 3\text{ in} \times \frac{2.54\,\text{cm}}{1\,\text{inch}} = 3 \times 2.54\,\text{cm} = 7.62\,\text{cm}$$

यहाँ उस इकाई गुणक से गुणा किया जाता है (ऊपर $\frac{2.54\,\text{cm}}{1\,\text{in}}$ से), जिससे वांछित मात्रक प्राप्त हो जाएँ, अर्थात् गुणक के अंश में वह मात्रक होना चाहिए, जो परिणाम में प्राप्त हो।

ऊपर दिए गए उदाहरण में आप देख सकते हैं कि मात्रकों के साथ भी संख्याओं की तरह काम किया जा सकता है। उन्हें काटा जा सकता है और भाग, गुणा, वर्ग आदि किया जा सकता है। आइए, कुछ और उदाहरण देखें।

उदाहरण 2

एक जग में 2L दूध है। दूध का आयतन m^3 में परिकलित कीजिए।

हल

हम जानते हैं कि 1L = 1000 cm^3

© NCERT not to be republished

और $1\,m = 100\,cm$

जिससे $\frac{1\,m}{100\,cm}$ 1 $\frac{100\,cm}{1\,m}$ प्राप्त होता है।

इन इकाई गुणकों से m^3 प्राप्त करने के लिए पहले इकाई गुणक का घन लेना पड़ता है।

$$\left(\frac{1\,m}{100\,cm}\right)^3 \Rightarrow \frac{1\,m^3}{10^6\,cm^3} = (1)^3 = 1$$

अब $2L = 2 \times 1000\,cm^3$

इसे इकाई गुणक से गुणा करने पर हम पाते हैं

$$2 \times 1000\,cm^3 \times \frac{1\,m^3}{10^6\,cm^3} = \frac{2\,m^3}{10^3} = 2 \times 10^{\ 3}\,m^3$$

उदाहरण 3

2 दिनों में कितने सेकंड (s) होते हैं?

हल

हम जानते हैं कि 1 दिन (day) = 24 घंटे (h)

या $\frac{1\,day}{24\,h}$ 1 $\frac{24\,h}{1\,day}$ और $1h = 60\,min$

या $\frac{1h}{60\,min}$ 1 $\frac{60\,min}{1h}$

अत: दो दिनों को सेकंड में परिवर्तित करने के लिए

2 दिन – – – – – – = – – – – – – – s

इकाई गुणकों को एक ही चरण में श्रेणीबद्ध रूप से इस प्रकार गुणा किया जा सकता है–

$$2day \times \frac{24\,h}{1\,day} \times \frac{60\,min}{1\,h} \times \frac{60\,s}{1\,min}$$

$$2 \times 24 \times 60 \times 60\,s \quad 172800\,s$$

1.5 रासायनिक संयोजन के नियम

तत्त्वों के संयोजन से यौगिकों का बनाना निम्नलिखित पाँच मूल नियमों के अंतर्गत होता है–

1.5.1 द्रव्यमान-संरक्षण का नियम

इस नियम के अनुसार द्रव्य न तो बनाया जा सकता है, और न ही नष्ट किया जा सकता है।

आंतोएन लावूसिए
(1743-1794)

इस नियम को आंतोएन लावूसिए ने सन् 1789 में दिया था। उन्होंने दहन अभिक्रियाओं का प्रायोगिक अध्ययन ध्यान- पूर्वक किया और फिर ऊपर दिए गए निष्कर्ष पर पहुँचे। रसायन विज्ञान की बाद की कई संकल्पनाएँ इसी पर आधारित हैं। वास्तव में अभिकर्मकों और उत्पादों के द्रव्यमानों के यथार्थपरक मापनों और लावूसिए द्वारा प्रयोगों को ध्यानपूर्वक करने के कारण ऐसा संभव हुआ।

1.5.2 स्थिर अनुपात का नियम

यह नियम फ्रान्सीसी रसायनज्ञ जोसेफ प्राउस्ट ने दिया था। उनके अनुसार, **किसी यौगिक में तत्त्वों के द्रव्यमानों का अनुपात सदैव समान होता है।**

जोसेफ प्राउस्ट
(1754-1826)

प्राउस्ट ने क्यूप्रिक कार्बोनेट के दो नमूनों के साथ प्रयोग किया, जिनमें से एक प्राकृतिक और दूसरा संश्लेषित था। उन्होंने पाया कि इन दोनों नमूनों में तत्त्वों का संघटन समान था, जैसा नीचे दिया गया है।

नमूना	ताँबे का प्रतिशत	ऑक्सीजन का प्रतिशत	कार्बन का प्रतिशत
प्राकृतिक	51.35	9.74	38.91
संश्लेषित	51.35	9.74	38.91

अत: स्रोत पर निर्भर न करते हुए किसी यौगिक में तत्त्व समान अनुपात में पाए जाते हैं। इस नियम को कई प्रयोगों द्वारा सत्यापित किया जा चुका है। इसे कभी-कभी '**निश्चित संघटन का नियम**' भी कहा जाता है।

1.5.3 गुणित अनुपात का नियम

यह नियम डाल्टन द्वारा सन् 1803 में दिया गया। इस नियम के अनुसार, **यदि दो तत्त्व संयोजित होकर एक से अधिक यौगिक बनाते हैं, तो एक तत्त्व के साथ दूसरे तत्त्व के संयुक्त होने वाले द्रव्यमान छोटे पूर्णांकों के अनुपात में होते हैं।**

जोसेफ लुइस गै-लुसैक

उदाहरण के लिए – हाइड्रोजन ऑक्सीजन के साथ संयुक्त होकर दो यौगिक (जल और हाइड्रोजन परऑक्साइड) बनाती है।

हाइड्रोजन	+	ऑक्सीजन	→	जल
2 g		16 g		18 g
हाइड्रोजन	+	ऑक्सीजन	→	हाइड्रोजन परऑक्साइड
2 g		32 g		34 g

यहाँ ऑक्सीजन के द्रव्यमान (अर्थात् 16 g और 32 g), जो हाइड्रोजन के निश्चित द्रव्यमान (2g) के साथ संयुक्त होते हैं, एक सरल अनुपात 16:32 या 1:2 में होते हैं।

© NCERT not to be republished

1.5.4 गै-लुसैक का गैसीय आयतनों का नियम

यह नियम गै-लुसैक द्वारा सन् 1808 में दिया गया। उन्होंने पाया कि जब रासायनिक अभिक्रियाओं में गैसें संयुक्त होती हैं या बनती हैं, तो उनके आयतन सरल अनुपात में होते हैं, बशर्ते सभी गैसें समान ताप और दाब पर हों।

अतः हाइड्रोजन के 100 mL ऑक्सीजन के 50 mL के साथ संयुक्त होकर 100 mL जल-वाष्प देते हैं।

हाइड्रोजन	+	ऑक्सीजन	→	जल
100 mL		50 mL		100 mL

अतः हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के आयतन (जो आपस में संयुक्त, अर्थात् 100 mL और 50 mL होते हैं) आपस में सरल अनुपात 2:1 में होते हैं।

गै-लुसैक के आयतन संबंधों के पूर्णांक अनुपातों की खोज वास्तव में आयतन के संदर्भ में 'स्थिर अनुपात का नियम' है। पहले बताया गया स्थिर अनुपात का नियम द्रव्यमान के संदर्भ में है। गै-लुसैक के कार्य की परिपर्ण सन् 1811 में आवोगाद्रो के द्वारा की गई।

1.5.5 आवोगाद्रो का नियम

सन् 1811 में आवोगाद्रो ने प्रस्तावित किया कि समान ताप और दाब पर गैसों के समान आयतनों में अणुओं की संख्या समान होनी चाहिए। आवोगाद्रो ने परमाणुओं और अणुओं के बीच अंतर की व्याख्या की, जो आज आसानी से समझ में आती है। यदि हम हाइड्रोजन और ऑक्सीजन की जल बनाने की अभिक्रिया को दुबारा देखें, तो यह कह सकते हैं कि हाइड्रोजन के दो आयतन और ऑक्सीजन का एक आयतन आपस में संयुक्त होकर जल के दो आयतन देते हैं और ऑक्सीजन लेशमात्र भी नहीं बचती है।

आवोगाद्रो
(1776-1856)

चित्र 1.9 में ध्यान दीजिए कि प्रत्येक डिब्बे में अणुओं की संख्या समान है। वास्तव में आवोगाद्रो ने इन परिणामों की व्याख्या अणुओं को बहुपरमाणुक मानकर की।

यदि हाइड्रोजन और ऑक्सीजन को द्वि-परमाणुक माना जाता जैसा अभी है, तो ऊपर दिए गए परिणामों को समझना काफी आसान है। परंतु उस समय डाल्टन और कई अन्य लोगों का यह मत था कि एक जैसे परमाणु आपस में संयुक्त नहीं हो सकते और हाइड्रोजन या ऑक्सीजन के दो परमाणुओं वाले अणु उपस्थित नहीं हो सकते। आवोगाद्रो का प्रस्ताव फ्रांसीसी में (Journal de Physidue में) प्रकाशित हुआ। सही होने के बाद भी इस मत को बहुत बढ़ावा नहीं मिला।

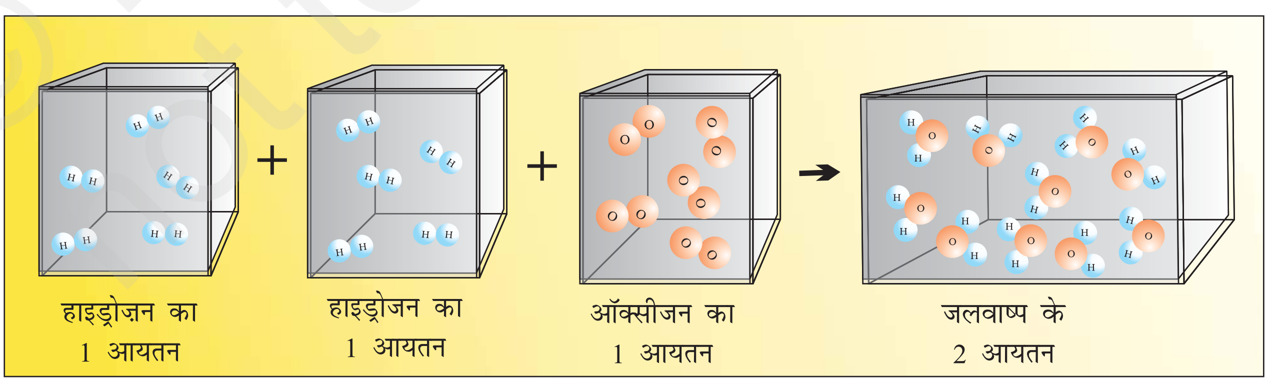
लगभग 50 वर्षों के बाद (सन् 1860 में) जर्मनी (कार्ल्सरूह) में रसायन विज्ञान पर प्रथम अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन आहूत हुआ, ताकि कई मतों को सुलझाया जा सके। उसमें स्तेनिस्लाओ केनिज़ारो ने रसायन-दर्शन पर विचार प्रस्तुत करते समय आवोगाद्रो के कार्य के महत्त्व पर बल दिया।

1.6 डाल्टन का परमाणु सिद्धांत

हालाँकि द्रव्य के छोटे अविभाज्य कणों, जिन्हें एटोमोस (atomos) अर्थात् 'अविभाज्य' कहा जाता था, द्वारा बने होने के विचार की उत्पत्ति ग्रीक दर्शनशास्त्री डिमेक्रिट्स (460-370 BC) के समय हुई, परंतु कई प्रायोगिक अध्ययनों (जिन्होंने उपरोक्त नियमों को जन्म दिया) के फलस्वरूप इस पर फिर से विचार किया जाने लगा।

जॉन डाल्टन
(1776-1884)

सन् 1808 में डाल्टन ने रसायन-दर्शनशास्त्र की एक नई पद्धति (A New System of Chemical Philosophy) प्रकाशित की, जिसमें उन्होंने निम्नलिखित तथा प्रस्तावित किए–



चित्र 1.9 हाइड्रोजन के दो आयतन ऑक्सीजन के एक आयतन के साथ अभिक्रिया करके जल के दो आयतन बनाते हैं

© NCERT not to be republished

(क) द्रव्य अविभाज्य परमाणुओं से बना है।

(ख) किसी दिए हुए तत्त्व के सभी परमाणुओं के एक समान द्रव्यमान सहित एक समान गुणधर्म होते हैं। विभिन्न तत्त्वों के परमाणु द्रव्यमान में भिन्न होते हैं।

(ग) एक से अधिक तत्त्वों के परमाणुओं के निश्चित अनुपात में संयोजन से यौगिक बनते हैं।

(घ) रासायनिक अभिक्रियाओं में परमाणु पुनर्व्यवस्थित होते हैं। रासायनिक अभिक्रियाओं में न तो उन्हें बनाया जा सकता है, न नष्ट किया जा सकता है।

डाल्टन के इस सिद्धांत से रासायनिक संयोजन के नियमों की व्याख्या की जा सकी।

1.7 परमाणु द्रव्यमान और आण्विक द्रव्यमान

परमाणुओं और अणुओं से परिचित होने के पश्चात् अब यह समझना उचित होगा कि परमाणु द्रव्यमान और आण्विक द्रव्यमान से हम क्या समझते हैं।

1.7.1 परमाणु द्रव्यमान

परमाणु द्रव्यमान, अर्थात् किसी परमाणु का द्रव्यमान वास्तव में बहुत कम होता है, क्योंकि परमाणु अत्यंत छोटे होते हैं। आज सही-सही परमाणु द्रव्यमान ज्ञात करने की बेहतर तकनीकें (जैसे– द्रव्यमान स्पेक्ट्रममिति) हमारे पास उपलब्ध हैं। परंतु जैसा पहले बताया गया है, उन्नीसवीं शताब्दी में वैज्ञानिक एक परमाणु का द्रव्यमान दूसरे के सापेक्ष प्रायोगिक रूप से निर्धारित कर सकते थे। हाइड्रोजन परमाणु को सबसे हल्का होने के कारण स्वेच्छ रूप से 1 द्रव्यमान (बिना किसी मात्रक के) दिया गया और बाकी सभी तत्त्वों के परमाणुओं के द्रव्यमान उसके सापेक्ष दिए गए, परंतु परमाणु द्रव्यमानों की वर्तमान पद्धति कार्बन-12 मानक पर आधारित है। इसे सन् 1961 में स्वीकृत किया गया। यहाँ कार्बन-12 का एक समस्थानिक है, जिसे ^{12}C को 12 परमाणु-द्रव्यमान मात्रक (atomic mass unit-amu) द्रव्यमान दिया गया है। बाकी सभी तत्त्वों के परमाणुओं के द्रव्यमान इसे मानक मानकर इसके सापेक्ष दिए जाते हैं। एक परमाणु द्रव्यमान मात्रक को एक कार्बन-12 परमाणु के द्रव्यमान के $\frac{1}{12}$ वें भाग के रूप में परिभाषित किया जाता है। और 1 amu = 1.66056×10^{-24}g

हाइड्रोजन के एक परमाणु का द्रव्यमान

$$= 1.6736 \times 10^{-24}\text{g}$$

अतः amu के पदों में हाइड्रोजन परमाणु का द्रव्यमान

$$= \frac{1.6736 \times 10^{-24}\text{ g}}{1.66056 \times 10^{-24}\text{ g}}$$

$$= 1.0078 \text{ u}$$

$$= 1.0080 \text{ u}$$

इसी प्रकार, ऑक्सीजन –16(^{16}O) परमाणु का द्रव्यमान 15.995 amu होगा।

आजकल amu के स्थान पर u का प्रयोग किया जाता है, जिसे 'एकीकृत द्रव्यमान' (unified mass) कहा जाता है।

जब हम गणनाओं के लिए परमाणु द्रव्यमानों का प्रयोग करते हैं, तो वास्तव में हम औसत परमाणु द्रव्यमानों का उपयोग करते हैं, जिनका वर्णन नीचे किया जा रहा है।

1.7.2 औसत परमाणु द्रव्यमान

प्रकृति में अनेक तत्त्व एक से अधिक समस्थानिकों के रूप में पाए जाते हैं। जब हम इन समस्थानिकों की उपस्थिति और उनकी आपेक्षिक बाहुल्यता (प्रतिशत-उपलब्धता) को ध्यान में रखते हैं, तो किसी तत्त्व का औसत परमाणु द्रव्यमान परिकलित किया जा सकता है। उदाहरण के लिए कार्बन के तीन समस्थानिक होते हैं, जिनकी आपेक्षिक बाहुल्यताएँ और द्रव्यमान इस सारणी में उनके सामने दर्शाए गए हैं –

समस्थानिक	आपेक्षिक बाहुल्यत (%)	परमाणु द्रव्यमान (u)
^{12}C	98.892	12
^{13}C	1.108	13.00335
^{14}C	2×10^{-10}	14.00317

ऊपर दिए गए आँकड़ों से कार्बन का औसत परमाणु द्रव्यमान इस प्रकार प्राप्त होगा–

औसत परमाणु द्रव्यमान

$$= (0.98892)(12 \text{ u}) + (0.01108)(13.00335 \text{ u}) + (2 \times 10^{-10})(14.00317 \text{ u}) = 12.011 \text{ u}$$

इसी प्रकार, अन्य तत्त्वों के लिए भी औसत परमाणु द्रव्यमान परिकलित किए जा सकते हैं। तत्त्वों की आवर्त सारणी में विभिन्न तत्त्वों के लिए दिए गए परमाणु द्रव्यमान उन तत्त्वों के औसत परमाणु द्रव्यमान होते हैं।

1.7.3 आण्विक द्रव्यमान

किसी अणु का आण्विक द्रव्यमान उसमें उपस्थित विभिन्न तत्त्वों के परमाणु द्रव्यमानों का योग होता है। इसे प्रत्येक तत्त्व के परमाणु द्रव्यमान और उपस्थित परमाणुओं की संख्या के

© NCERT not to be republished

गुणनफलों के योग द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। उदाहरण के लिए – मेथैन (जिसमें एक कार्बन परमाणु और चार हाइड्रोजन परमाणु उपस्थित होते हैं) का आण्विक द्रव्यमान इस प्रकार प्राप्त किया जा सकता है–

मेथैन (CH_4) का आण्विक द्रव्यमान

$= (12.011u) + 4\ (1.008\ u) = 16.043\ u$

इसी प्रकार, जल (H_2O) का आण्विक द्रव्यमान =

2 हाइड्रोजन का परमाणु द्रव्यमान + 1 ऑक्सीजन का परमाणु द्रव्यमान

$= 2\ (1.008\ u) + 16\ u = 18.02\ u$

उदाहरण 1.1

ग्लूकोस ($C_6H_{12}O_6$) अणु का आण्विक द्रव्यमान परिकलित कीजिए।

हल

ग्लूकोस ($C_6H_{12}O_6$) का आण्विक द्रव्यमान =

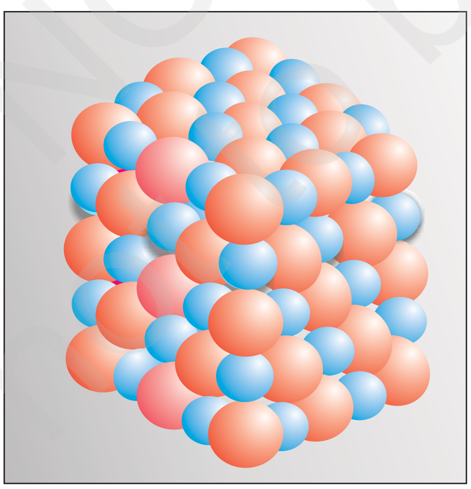
$6\ (12.011u) + 12\ (1.008\ u) + 6\ (16.00\ u)$

$= (72.066\ u) + 12.096\ u) + (96.00\ u)$

$= 180.162\ u$

1.7.4 सूत्र-द्रव्यमान

कुछ पदार्थों (जैसे – सोडियम क्लोराइड) में उनकी घटक इकाइयों के रूप में विविक्त अणु उपस्थित नहीं होते। ऐसे यौगिकों में धनात्मक (सोडियम) और ऋणात्मक (क्लोराइड) कण त्रिविमीय संरचना चित्र 1.10 के अनुसार व्यवस्थित रहते हैं।



चित्र 1.10 सोडियम क्लोराइड में Na^+ और Cl^- आयनों की व्यवस्था

इस प्रकार, सूत्र (जैसे – NaCl) का प्रयोग सूत्र-द्रव्यमान परिकलित करने के लिए किया जाता है, न कि आण्विक द्रव्यमान के परिकलन के लिए, क्योंकि ठोस अवस्था में सोडियम क्लोराइड में अणु उपस्थित ही नहीं होते। अतः सोडियम क्लोराइड का सूत्र द्रव्यमान =

सोडियम का परमाणु द्रव्यमान + क्लोरीन का परमाणु द्रव्यमान

$= 23.0\ u + 35.5\ u = 58.5\ u$

1.8 मोल-संकल्पना और मोलर द्रव्यमान

परमाणु और अणु आकार में अत्यंत छोटे होते हैं, परंतु किसी पदार्थ की बहुत कम मात्रा में भी उनकी संख्या बहुत अधिक होती है। इतनी बड़ी संख्याओं के साथ काम करने के लिए इतने ही परिमाण के एक मात्रक की आवश्यकता होती है।

जिस प्रकार हम 12 वस्तुओं के लिए 'एक दर्जन', 20 वस्तुओं के लिए 'एक स्कोर' (Score, समंक) और 144 वस्तुओं के लिए 'एक ग्रोस' (gross) का प्रयोग करते हैं, उसी प्रकार अतिसूक्ष्म स्तर पर कणों (जैसे- परमाणुओं, अणुओं, कणों, इलेक्ट्रॉनों आदि) को गिनने के लिए मोल की धारणा का उपयोग किया जाता है।

SI मात्रकों में मोल (संकेत– mol) को किसी पदार्थ की मात्रा व्यक्त करने के लिए सात आधार राशियों में सम्मिलित किया गया था।

किसी पदार्थ का एक मोल उसकी वह मात्रा है, जिसमें उतने ही कण उपस्थित होते हैं, जितने कार्बन-12 समस्थानिक के ठीक 12g (या 0.012 kg) में परमाणुओं की संख्या होती है। यहाँ यह ध्यान देने की बात है कि किसी पदार्थ के एक मोल में कणों की संख्या सदैव समान होगी, भले ही वह कोई भी पदार्थ हो। इस संख्या के सही निर्धारण के लिए कार्बन –12 परमाणु का द्रव्यमान, द्रव्यमान स्पेक्ट्रममापी द्वारा ज्ञात किया गया, जिसका मान 1.992648 10^{-23}g प्राप्त हुआ। कार्बन के 1 मोल का द्रव्यमान 12 g होता है, अतः कार्बन के 1 मोल में परमाणुओं की संख्या इस प्रकार होगी –

$$\frac{12 g/mol\ ^{12}C}{1.992648\times10^{-23} g/^{12}C} \text{ परमाणु}$$

$$6.0221367\times10^{23} \text{ परमाणु प्रति मोल}$$

1 मोल में कणों की संख्या इतनी महत्त्वपूर्ण है कि इसे एक अलग नाम और संकेत दिया गया, जिसे (आमीदियो आवोगाद्रो

© NCERT not to be republished

के सम्मान में) **'आवोगाद्रो संख्या'** कहते हैं और N_A से व्यक्त करते हैं।

इस संख्या के बड़े परिमाण को अनुभव करने के लिए इसे दस की घात का उपयोग किए बिना आने वाले सभी शून्यों के साथ इस प्रकार लिखें –

6 022 136 700 00 00 00 00 00 00 00

अतः किसी पदार्थ के 1 मोल में दी गई पूर्वोक्त संख्या के बराबर कण (परमाणु, अणु या कोई अन्य कण) होंगे। अतः हम यह कह सकते हैं कि

1 मोल हाइड्रोजन परमाणु = 6.022 10^{23} हाइड्रोजन परमाणु

1 मोल जल-अणु = 6.022 10^{23} जल-अणु

1 मोल सोडियम क्लोराइड = सोडियम क्लोराइड की 6.022 10^{23} सूत्र इकाइयाँ

चित्र 1.11 में विभिन्न पदार्थों के 1 मोल को दर्शाया गया है।

***चित्र 1.11** विभिन्न पदार्थों का एक मोल*

मोल को परिभाषित करने के बाद किसी पदार्थ या उसके घटकों के एक मोल के द्रव्यमान को आसानी से ज्ञात किया जा सकता है। **किसी पदार्थ के एक मोल के ग्राम में व्यक्त द्रव्यमान को उसका 'मोलर द्रव्यमान' कहते हैं।**

ग्राम में व्यक्त मोलर द्रव्यमान संख्यात्मक रूप से परमाणु द्रव्यमान / आण्विक द्रव्यमान / सूत्र द्रव्यमान के बराबर होता है।

अतः जल का मोलर द्रव्यमान = 18.02 g mol^{-1}

सोडियम क्लोराइड का मोलर द्रव्यमान = 58.5 g mol^{-1}

1.9 प्रतिशत-संघटन

अभी तक हम किसी नमूने में उपस्थित कणों की संख्या के बारे में चर्चा कर रहे थे, परंतु कई बार किसी यौगिक में किसी विशेष तत्त्व के प्रतिशत की जानकारी की आवश्यकता होती है। मान लीजिए कि आपको कोई अज्ञात या नया यौगिक दिया गया है। आप पहले यह प्रश्न पूछेंगे कि इसका सूत्र क्या है या इसके घटक कौन-कौन से हैं और वे किस अनुपात में उपस्थित हैं? ज्ञात यौगिकों के लिए भी इस जानकारी से यह पता लगाने में सहायता मिलती है कि क्या दिए गए नमूने में तत्त्वों का वही प्रतिशत है, जो शुद्ध नमूने में होना चाहिए। दूसरे शब्दों में– इन आँकड़ों के विश्लेषण से यह जानने में सहायता मिलती है कि दिया गया नमूना शुद्ध है या नहीं।

आइए, जल (H_2O) का उदाहरण लेकर इसे समझें। चूँकि जल में हाइड्रोजन और ऑक्सीजन उपस्थित होती हैं, अतः इन तत्त्वों का प्रतिशत-संघटन इस प्रकार परिकलित किया जा सकता है–

किसी तत्त्व का द्रव्यमान प्रतिशत

$$= \frac{\text{यौगिक में उस तत्त्व का द्रव्यमान} \times 100}{\text{यौगिक का मोलर द्रव्यमान}}$$

जल का मोलर द्रव्यमान = 18.02 g

हाइड्रोजन का द्रव्यमान प्रतिशत $= \frac{2 \times 1.008}{18.02} \times 100$

$= 11.18$

ऑक्सीजन का द्रव्यमान प्रतिशत $= \frac{16.00}{18.02} \times 100$

$= 88.79$

आइए, एक और उदाहरण लें। एथेनॉल में कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का द्रव्यमान प्रतिशत कितना है?

एथेनॉल का आण्विक सूत्र = C_2H_5OH

एथेनॉल का मोलर द्रव्यमान $(2 \times 12.01$

$6 \times 1.008 + 16.00)g = 46.068g$

कार्बन का द्रव्यमान प्रतिशत $= \frac{24.02g}{46.068} \times 100 = 52.14\%$

हाइड्रोजन का द्रव्यमान प्रतिशत

$$= \frac{6.048g}{46.068g} \times 100 = 13.13\%$$

ऑक्सीजन का द्रव्यमान प्रतिशत

$$= \frac{15.9994g}{46.068g} \times 100 = 34.728\%$$

द्रव्यमान-प्रतिशत के परिकलनों को समझने के बाद अब हम यह देखें कि प्रतिशत-संघटन आँकड़ों से क्या जानकारी प्राप्त की जा सकती है।

1.9.1 मूलानुपाती सूत्र और आण्विक सूत्र

मूलानुपाती सूत्र किसी यौगिक में उपस्थित विभिन्न परमाणुओं के सरलतम पूर्ण संख्या-अनुपात को व्यक्त करता है,

© NCERT not to be republished

उदाहरण 1.2

एक यौगिक में 4.07% हाइड्रोजन, 24.27% कार्बन और 71.65% क्लोरीन है। इसका मोलर द्रव्यमान 98.96 g है। इसके मूलानुपाती सूत्र और आण्विक सूत्र क्या होंगे?

हल

चरण-1 द्रव्यमान-प्रतिशत को ग्राम में परिवर्तित करना चूँकि हमारे पास द्रव्यमान-प्रतिशत उपलब्ध है, अतः 100 g यौगिक को मानकर परिकलन करना सुविधाजनक होगा। इस प्रकार, ऊपर दिए गए यौगिक के 100 g प्रतिदर्श में 4.07 g हाइड्रोजन, 24.27 g कार्बन 71.65 g क्लोरीन उपस्थित है।

चरण-2 प्रत्येक तत्त्व को मोलों की संख्या में परिवर्तित करना

ऊपर प्राप्त द्रव्यमानों को क्रमशः प्रत्येक के परमाणु-द्रव्यमान से विभाजित कीजिए।

हाइड्रोजन के मोलों की संख्या $\frac{4.07 g}{1.008 g}$ 4.04

कार्बन के मोलों की संख्या $\frac{24.27 g}{12.01 g}$ 2.021

क्लोरीन के मोलों की संख्या $\frac{71.65 g}{35.453 g}$ 2.021

चरण-3 ऊपर प्राप्त मोलों की संख्या को सबसे छोटी संख्या से विभाजित करना

चूँकि 2.021 सबसे छोटा मान है, अतः 2.021 से विभाजन करने पर H : C : Cl के लिए 2 : 1 : 1 अनुपात प्राप्त होता है।

यदि ये अनुपात पूर्ण संख्याएँ न हों, तो इन्हें उपयुक्त गुणांक से गुणा करके पूर्ण संख्याओं में परिवर्तित किया जा सकता है।

चरण-4 सभी तत्त्वों के संकेत लिखकर क्रमशः ऊपर प्राप्त संख्याओं को उसके साथ दर्शाकर मूलानुपाती सूत्र लिखिए।

अतः ऊपर दिए गए यौगिक का मूलानुपाती सूत्र CH_2Cl है।

चरण-5 आण्विक सूत्र लिखना

(क) मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान निर्धारित कीजिए। मूलानुपाती सूत्र में उपस्थित सभी परमाणुओं के परमाणु द्रव्यमानों का योग कीजिए।

CH_2Cl के लिए, मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान

$= 12.01 + 2 \times 1.008 + 35.453 = 49.48 g$

(ख) मोलर द्रव्यमान को मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान से विभाजित कीजिए।

मोलर द्रव्यमान

मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान $\frac{98.96 g}{49.48 g}$ 2 (n)

(ग) मूलानुपाती सूत्र को ऊपर प्राप्त n से गुणा करने पर आण्विक सूत्र प्राप्त होता है।

मूलानुपाती सूत्र CH_2Cl और $n = 2$ है।

अतः आण्विक सूत्र $C_2H_4Cl_2$ है।

जबकि आण्विक सूत्र किसी यौगिक के अणु में उपस्थित विभिन्न प्रकार के परमाणुओं की सही संख्या को दर्शाता है।

यदि किसी यौगिक में उपस्थित सभी तत्त्वों का द्रव्यमान-प्रतिशत ज्ञात हो, तो उसका मूलानुपाती सूत्र निर्धारित किया जा सकता है। यदि मोलर द्रव्यमान ज्ञात हो, तो मूलानुपाती सूत्र से आण्विक सूत्र ज्ञात किया जा सकता है। इन चरणों को इस उदाहरण द्वारा दर्शाया गया है–

1.10 स्टॉइकियोमीट्री और स्टॉइकियोमीट्रिक परिकलन

'स्टॉइकियोमीट्री' शब्द दो ग्रीक शब्दों – 'स्टॉकियोन' (stricheion), जिसका अर्थ 'तत्त्व' है और मेट्रोन (metron), जिसका अर्थ 'मापना' है, से मिलकर बना है। अतः 'स्टॉइकियोमीट्री' के अंतर्गत रासायनिक अभिक्रिया में अभिक्रियकों और उत्पादों के द्रव्यमानों (या कभी-कभी आयतनों) का परिकलन आता है। यह समझने से पहले कि किसी रासायनिक अभिक्रिया में किसी अभिक्रियक की कितनी मात्रा की आवश्यकता होगी या कितना उत्पाद प्राप्त होगा, यह जान लें कि किसी दी गई रासायनिक अभिक्रिया के संतुलित रासायनिक समीकरण से क्या जानकारी प्राप्त होती है। आइए, मेथेन के दहन पर विचार करें। इस अभिक्रिया के लिए संतुलित समीकरण इस प्रकार है –

$$CH_4(g) \quad 2O_2(g) \quad CO_2(g) \quad 2H_2O(g)$$

यहाँ मेथेन और डाइऑक्सीजन को 'अभिक्रियक' या अभिकारक कहा जाता है और कार्बन डाइऑक्साइड तथा जल

© NCERT not to be republished

को 'उत्पाद' कहते हैं। ध्यान दीजिए कि ऊपरोक्त अभिक्रिया में सभी अभिक्रियक और उत्पाद गैसें हैं और इसे उनके सूत्रों के बाद कोष्ठक में g अक्षर को लिखकर व्यक्त किया जाता है। इसी प्रकार, ठोसों और द्रवों के लिए क्रमशः (s) और (l) लिखे जाते हैं।

O_2 और H_2O के लिए गुणांक 2 को 'स्टॉइकियोमीट्रिक गुणांक' कहा जाता है। इसी प्रकार CH_4 और CO_2 दोनों के लिए यह गुणांक 1 है। ये गुणांक अभिक्रिया में भाग ले रहे या बनने वाले अणुओं की संख्या (या मोलों की संख्या) को व्यक्त करते हैं।

अतः ऊपर दी गई अभिक्रिया के अनुसार

- $CH_4(g)$ का एक मोल $O_2(g)$ के 2 मोलों के साथ अभिक्रिया करके एक मोल $CO_2(g)$ और 2 मोल $H_2O(g)$ देता है।
- $CH_4(g)$ का एक अणु $O_2(g)$ के दो अणुओं के साथ अभिक्रिया करके $CO_2(g)$ का एक अणु और $H_2O(g)$ के दो अणु देता है।
- $22.7 L CH_4(g), 45.4 L O_2(g)$ के साथ अभिक्रिया द्वारा $22.7 L CO_2(g)$ और $45.4 L H_2O(g)$ देती है।
- $16 g CH_4(g), 2 \times 32 g\ O_2(g)$ के साथ अभिक्रिया करके $44 g CO_2(g)$ और $2 \times 18 g\ H_2O(g)$ देती

रासायनिक समीकरण संतुलित करना

द्रव्यमान संरक्षण के नियमानुसार, संतुलित रासायनिक समीकरण के दोनों ओर प्रत्येक तत्त्व के परमाणुओं की संख्या समान होती है। कई रासायनिक समीकरण 'जाँच और भूल-पद्धति से संतुलित किए जा सकते हैं। आइए, हम कुछ धातुओं और अधातुओं का संयोग कर ऑक्सीजन के साथ ऑक्साइड उत्पन्न करने की अभिक्रियाओं पर विचार करें –

$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)$ (क) संतुलित समीकरण

$2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$ (ख) संतुलित समीकरण

$P_4(s) + O_2(g) \rightarrow P_4O_{10}(s)$ (ग) असंतुलित समीकरण

समीकरण (क) और (ख) संतुलित हैं, क्योंकि समीकरणों में तीर के दोनों ओर संबंधित धातु और ऑक्सीजन के परमाणुओं की संख्या समान है, परंतु समीकरण (ग) संतुलित नहीं है, क्योंकि इसमें फॉस्फोरस के परमाणु तो संतुलित हैं, परंतु ऑक्सीजन के परमाणुओं की संख्या तीर के दोनों ओर समान नहीं है। इसे संतुलित करने के लिए समीकरण में बाईं ओर ऑक्सीजन के पूर्व में 5 से गुणा करने पर ही समीकरण की दाईं ओर ऑक्सीजन के परमाणुओं की संख्या संतुलित होगी –

$P_4(s) + 5O_2(g) \rightarrow P_4O_{10}(s)$ संतुलित समीकरण

आइए, अब हम प्रोपेन, C_3H_8 के दहन पर विचार करें। इस समीकरण को निम्नलिखित पदों में संतुलित किया जा सकता है –

पद 1. अभिक्रियकों और उत्पादों के सही सूत्र लिखिए। यहाँ प्रोपेन एवं ऑक्सीजन अभिक्रियक हैं और कार्बन डाइऑक्साइड तथा जल उत्पाद हैं :

$C_3H_8(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$ असंतुलित समीकरण

पद 2. C परमाणुओं की संख्या संतुलित करें : चूँकि अभिक्रियक में तीन C परमाणु हैं, इसलिए दाईं ओर तीन CO_2 अणुओं का होना आवश्यक है।

$C_3H_8(g) + O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + H_2O(l)$

पद 3. H परमाणुओं की संख्या संतुलित करें : बाईं ओर अभिक्रियकों में आठ H परमाणु है, जल के हर अणु में दो H परमाणु हैं। इसलिए दाईं ओर H के 8 परमाणुओं के लिए जल के चार अणु होने चाहिए –

$C_3H_8(g)\quad O_2(g)\qquad 3CO_2(g)\quad 4H_2O\ (l)$

पद 4. O परमाणुओं की संख्या संतुलित करें : दाईं ओर दस ऑक्सीजन परमाणु ($3 \times 2 = 6, CO_2$ में तथा $4 \times 1 = 4$ जल में) अतः दस ऑक्सीजन परमाणुओं के लिए पाँच O_2 अणुओं की आवश्यकता होगी।

$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$

पद 5. जाँच करें कि अंतिम समीकरणों में प्रत्येक तत्त्व के परमाणुओं की संख्या संतुलित है : समीकरण में दोनों ओर 3 कार्बन परमाणु, 8 हाइड्रोजन परमाणु और 10 ऑक्सीजन परमाणु हैं।

ऐसे सभी समीकरणों, जिनमें सभी अभिक्रियकों तथा उत्पादों के लिए सही सूत्रों का उपयोग हुआ हो, संतुलित किया जा सकता है। हमेशा ध्यान रखें कि समीकरण संतुलित करने के लिए अभिक्रियकों और उत्पादों के सूत्रों में पादांक (subscript) नहीं बदले जा सकते।

© NCERT not to be republished

है। इन संबंधों के आधार पर दिए गए आँकड़ों को एक-दूसरे में इस प्रकार परिवर्तित किया जा सकता है –

द्रव्यमान ⃞ मोलों की संख्या ⃞ अणु की संख्या

⃞ $\frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}}$ = घनत्व

1.10.1 सीमांत अभिकर्मक

कई बार अभिक्रियाओं में संतुलित समीकरण के अनुसार आवश्यक अभिक्रियकों की मात्राएँ उपस्थित नहीं होतीं। ऐसी स्थितियों में एक अभिक्रियक दूसरे की अपेक्षा अधिकता में उपस्थित होता है। जो अभिक्रियक कम मात्रा में उपस्थित होता है, वह कुछ देर बाद समाप्त हो जाता है। उसके बाद और आगे अभिक्रिया नहीं होती, भले ही दूसरे अभिक्रियक की कितनी ही मात्रा उपस्थित हो। अत: जो अभिक्रियक पहले समाप्त होता है, वह उत्पाद की मात्रा को सीमित कर देता है। इसलिए उसे 'सीमांत अभिकर्मक' (limiting reagent) कहते हैं। स्टॉइकियोमीट्रिक गणनाएं करते समय यह बात ध्यान में रखनी चाहिए।

उदाहरण 1.3

16 g मेथेन के दहन से प्राप्त जल की मात्रा (g) का परिकलन कीजिए।

हल

मेथेन के दहन का संतुलित समीकरण इस प्रकार है –

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

(i) $16\,g\,CH_4$ एक मोल के बराबर है।

(ii) ऊपर दिए गए समीकरण से 1 मोल $CH_4(g)$ से $H_2O(g)$ के 2 मोल प्राप्त होते हैं।

2 मोल $H_2O = 2 \times (2+16)g = 2 \times 18g = 36g$

1 मोल H_2O $18g\,H_2O$ $\frac{18g\,H_2O}{1\ \text{मोल}\ H_2O}$ 1

अत: 2 मोल

H_2O $\frac{18g\,H_2O}{1\ \text{मोल}\ H_2O}$ 2 $18g\ H_2O$ $36g\ H_2O$

उदाहरण 1.4

मेथेन के कितने मोलों के दहन से $22g\,CO_2(g)$ प्राप्त की जाती है।

हल

रासायनिक समीकरण के अनुसार –

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

$16gCH_4(g)$ से $44gCO_2(g)$ प्राप्त होती है।

($\because$ 1 मोल $CH_4(g)$ से 1 मोल $CO_2(g)$ प्राप्त होती है)

$CO_2(g)$ के मोल $22g\ CO_2(g)$ $\frac{1\ \text{मोल}\ CO_2(g)}{44g\ CO_2(g)}$

0.5 मोल $CO_2(g)$

अत: 0.5 मोल $CH_4(g)$ के दहन से 0.5 मोल $CO_2(g)$ प्राप्त होगी या 0.5 मोल $CH_4(g)$ से $22g\,CO_2(g)$ प्राप्त होगी।

उदाहरण 1.5

50.00 kg $N_2(g)$ और 10.00 kg $H_2(g)$ को $NH_3(g)$ बनाने के लिए मिश्रित किया जाता है। प्राप्त $NH_3(g)$ की मात्रा का परिकलन कीजिए। इन स्थितियों में NH_3 उत्पादन के लिए सीमांत अभिक्रियक को पहचानिए।

हल

ऊपर दी गई अभिक्रिया के लिए संतुलित समीकरण इस प्रकार है – $N_2(g) + 3H_2(g)$ ⃞ $2NH_3(g)$

मोलों का परिकलन

$N_2(g)$ के मोल

$50.0kg\,N_2$ $\frac{1000g\,N_2}{1kg\,N_2}$ $\frac{1\ \text{मोल}\ N_2}{28.0g\,N_2}$

$= 17.86 \times 10^2$ मोल

$H_2(g)$ के मोल

$10.00kg\,H_2$ $\frac{1000g\,H_2}{1kg\,H_2}$ $\frac{1\ \text{मोल}\ H_2}{2.016g\,H_2}$

$= 4.96 \times 10^3$ मोल

ऊपर दिए गए समीकरण के अनुसार, अभिक्रिया के 1 मोल $N_2(g)$ के लिए 3 मोल $H_2(g)$ की आवश्यकता होती है। अत: 17.86 10^2 के लिए आवश्यक $H_2(g)$ के मोलों की संख्या = 17.86 10^2 मोल

© NCERT not to be republished

$N_2 \frac{3 \text{ मोल } H_2(g)}{1 \text{ मोल } N_2(g)}$

= 5.36 10^3 मोल $H_2(g)$

परंतु केवल 4.96 10^3 मोल $H_2(g)$ उपलब्ध है।

अत: यहाँ $H_2(g)$ सीमांत अभिकर्मक है। अत: $NH_3(g)$ केवल उपलब्ध $H_2(g)$ की मात्रा (4.96 10^3 मोल) से ही प्राप्त होगी।

चूँकि 3 मोल $H_2(g)$ से 2 मोल $NH_3(g)$ उपलब्ध होती है, अत: 4.96 10^3 मोल

$H_2(g) \times \frac{2 \text{ मोल } NH_3(g)}{3 \text{ मोल } N_2(g)} \quad 3.30 \times 10^3 \text{ मोल } NH_3(g)$

इस प्रकार 3.30 10^3 मोल $NH_3(g)$ प्राप्त होगी। यदि इसे ग्राम (g) में परिवर्तित करना हो, तो इस प्रकार किया जाएगा – 1 मोल NH_3 (g) = 17.0 g NH_3 (g)

$$3.30 \quad 10^3 \text{ मोल } \quad NH_3(g) \times \frac{17.0 \text{ g } NH_3(g)}{1 \text{ मोल } NH_3(g)}$$

$$3.30 \times 10^3 \times 17(g) NH_3(g)$$

$$5.61 \times 10_4 \text{ g } NH_3 \qquad 56.1 \text{kg } NH_3(g)$$

1.10.2 विलयनों में अभिक्रियाएँ

प्रयोगशाला में अधिकांश अभिक्रियाएँ विलयनों में की जाती हैं। अत: यह जानना महत्त्वपूर्ण होगा कि जब कोई पदार्थ विलयन के रूप में उपस्थित होता है, तब उसकी मात्रा किस प्रकार व्यक्त की जाती है। किसी विलयन की सांद्रता या उसके दिए गए आयतन में उपस्थित पदार्थ की मात्रा निम्नलिखित रूप में व्यक्त की जा सकती है –

1. द्रव्यमान – प्रतिशत या भार-प्रतिशत (w/w%)
2. मोल-अंश
3. मोलरता
4. मोललता

आइए, अब इनके बारे में विस्तार से जानें।

1. द्रव्यमान-प्रतिशत

इसे निम्नलिखित संबंध द्वारा ज्ञात किया जाता है–

$$\frac{\text{विलेय का द्रव्यमान}}{\text{विलयन का द्रव्यमान}} \times 100$$

2. मोल-अंश

यह किसी विशेष घटक के मोलों की संख्या और विलयन के मोलों की कुल संख्या की अनुपात होता है। यदि कोई पदार्थ A किसी पदार्थ B में घुलता है और उनके मोलों की संख्या क्रमश : n_A और n_B हो, तो उनके मोल अंश इस प्रकार व्यक्त किए जाएँगे –

A का मोल-अंश

$$\frac{\text{A के मोलों की संख्या}}{\text{विलयन के मोलों की संख्या}} \quad \frac{n_A}{n_A \quad n_B}$$

B का मोल-अंश

$$\frac{\text{B के मोलों की संख्या}}{\text{विलयन के मोलों की संख्या}} \quad \frac{n_B}{n_A \quad n_B}$$

उदाहरण 1.6

किसी पदार्थ A के 2g को 18g जल में मिलाकर एक विलयन प्राप्त किया जाता है। विलेय (A) का द्रव्यमान प्रतिशत परिकलित कीजिए।

हल

$$\text{A का द्रव्यमान प्रतिशत} = \frac{\text{A का द्रव्यमान}}{\text{विलयन का द्रव्यमान}} \times 100$$

$$\frac{2g}{2g\,A + 18g \text{ जल}} \times 100 \quad \frac{2g}{20g} \times 100 \quad 10\%$$

3. मोलरता

यह सबसे अधिक प्रयुक्त मात्रक है। इसे M द्वारा व्यक्त किया जाता है। **यह किसी विलेय की 1L विलयन में उपस्थित मोलों की संख्या होती है।** अत:

$$\text{मोलरता (M)} = \frac{\text{विलयन के मोलों की संख्या}}{\text{विलयन का आयतन (L में)}}$$

मान लीजिए कि हमारे पास किसी पदार्थ (जैसे – NaOH) का 1M विलयन है और हम उससे 0.2 M वाला विलयन प्राप्त करना चाहते हैं।

1 M NaOH का अर्थ है कि विलयन के 1L में 1 मोल NaOH उपस्थित है। 0.2 M विलयन के लिए हमें 1L विलयन में 0.2 मोल NaOH की आवश्यकता होगी। ऐसी गणनाओं में सामान्य सूत्र $M_1 \ V_1 = M_2 \ V_2$ प्रयोग किया जाता है, जहाँ M तथा V क्रमश: मोलरता तथा आयतन हैं। यहाँ M_1=0.2;

©NCERT not to be republished

V_1=1000 mL तथा M_2=1.0; इन सभी मानों को सूत्र में रखकर V_2 को इस प्रकार ज्ञात किया जा सकता है–

.2 M 1000 mL = 1.0 M V_2

$$V_2 \quad \frac{0.2M \times 1000\ mL}{1.0\,M} \quad 200\ mL$$

1 L विलयन में 0.2 मोल NaOH चाहिए।

अत: हमें 0.2 मोल NaOH लेना होगा और विलयन का आयतन 1L बनाना होगा।

अब सांद्र (1M) NaOH का कितना आयतन लिया जाए, जिसमें 0.2 मोल NaOH उपस्थित हो, इसका परिकलन निम्नलिखित रूप में किया जा सकता है –

यदि 1 L या 1000 mL आयतन में 1 मोल उपस्थित है, तब 0.2 मोल उपस्थित होगा–

$$\frac{1000\ mL}{1\ \text{मोल}} \times 0.2\ \text{मोल} = 200\ mL\ \text{आयतन में}$$

अत: 1 M NaOH के 200 mL लेकर उसमें उतना जल मिलाया जाता है, ताकि आयतन 1L के बराबर हो जाए।

ध्यान दीजिए कि 200 mL में विलय (NaOH) के मोलों की संख्या 0.2 थी और यह तनु करने पर (1000 mL) में भी उतनी ही, अर्थात् (0.2) रही है, क्योंकि हमने केवल विलायक (जल) की मात्रा परिवर्तित की है, न कि NaOH की।

4. मोललता

इस 1 kg विलायक में उपस्थित विलेय के मोलों की संख्या के रूप में परिभाषित किया जाता है। इसे *m* द्वारा व्यक्त किया जाता है।

$$\text{अत: मोललता (m)} = \frac{\text{विलेय के मोलों की संख्या}}{\text{विलायक का द्रव्यमान kg में}}$$

उदाहरण 1.7

NaOH के ऐसे विलयन की मोलरता का परिकलन कीजिए, जिसे 4 g NaOH को जल की पर्याप्त मात्रा में मिलाकर प्राप्त किया गया हो, ताकि विलयन के 250 mL प्राप्त हो जाएँ।

हल

$$\text{चूँकि मोलरता (M)} = \frac{\text{विलेय के मोलों की संख्या}}{\text{विलयन का आयतन (L में)}}$$

$$\frac{\text{NaOH का द्रव्यमान / NaOH का मोलर द्रव्यमान}}{0.250\,L}$$

$$\frac{4g/40g}{0.250L} \quad \frac{0.1\ \text{मोल}}{0.250L} \quad 0.4\ \text{मोल प्रति लिटर}$$

$= 0.4\ mol\ L^{-1} = 0.4\ M$

यह ध्यान रखें कि किसी विलयन की मोलरता ताप पर निर्भर करती है, क्योंकि आयतन ताप पर निर्भर करता है।

उदाहरण 1.8

3 M NaCl विलयन का घनत्व 1.25 g ml^{-1} है इस विलयन की मोललता का परिकलन कीजिए।

m = 3 mol L^{-1}

1 L विलयन में NaCl का द्रव्यमान = 3 58.5
= 175.5 g

1 L विलयन का द्रव्यमान = 1000 1.25gm

= 1000 1.25 = 1250 g = 1250 gm

(क्योंकि घनत्व = 1.25 g mL^{-1})

विलयन में जल का द्रव्यमान = 1250 – 175.5
= 1074.5 g

$$\text{अब मोललता (m)} \quad \frac{\text{विलेय के मोलों की संख्या}}{\text{kg में विलायक का द्रव्यमान}}$$

$$\frac{3\ mol}{1.0745kg} \quad 2.79\,m$$

रासायनिक प्रयोगशालाओं में वांछित सांद्रता का विलयन सामान्यतया अधिक सांद्र विलयन के तनुकरण से बनाया जाता है। अधिक सांद्रता वाले विलयन को 'स्टॉक विलयन' (Stock solution) भी कहते हैं। ध्यान रहे कि विलयन की मोललता तापमान के साथ परिवर्तित नहीं होती, क्योंकि द्रव्यमान तापमान से अप्रभावित रहता है।

© NCERT not to be republished

सारांश

रसायन विज्ञान का अध्ययन बहुत महत्त्वपूर्ण है, क्योंकि यह जीवन के सभी पहलुओं को प्रभावित करता है। रसायनज्ञ पदार्थों की संरचना, गुणधर्मों और परिवर्तनों के बारे में अध्ययन करते हैं। सभी पदार्थ द्रव्य द्वारा बने होते हैं। वे तीन भौतिक अवस्थाओं–ठोस, द्रव और गैस के रूप में पाए जाते हैं। इन तीनों अवस्थाओं में घटक-कणों की व्यवस्था भिन्न होती है। इन अवस्थाओं के अभिलाक्षणिक गुणधर्म होते हैं। द्रव्य को तत्त्वों, यौगिकों और मिश्रणों के रूप में भी वर्गीकृत किया जा सकता है। किसी **तत्त्व** में एक ही प्रकार के कण होते हैं, जो **परमाणु** या **अणु** हो सकते हैं। जब दो या अधिक तत्त्वों के परमाणु निश्चित अनुपात में संयुक्त होते हैं, तो यौगिक प्राप्त होते हैं। मिश्रण प्रचुर मात्रा में पाए जाते हैं और हमारे आसपास उपस्थित अनेक पदार्थ मिश्रण हैं।

जब किसी पदार्थ के गुणधर्मों का अध्ययन किया जाता है, तब मापन आवश्यक हो जाता है। गुणधर्मों को मात्रात्मकतः व्यक्त करने के लिए मापन की पद्धति और मात्रकों की आवश्यकता होती है, जिनमें राशियों को व्यक्त किया जा सके। मापन की कई पद्धतियाँ हैं, जिनमें अंग्रेज़ी पद्धति और मीटरी पद्धति का उपयोग विस्तार में किया जाता है। परंतु वैज्ञानिकों ने पूरे विश्व में एक जैसी पद्धति जिसे, 'SI पद्धति' कहते हैं, का सर्वमान्य प्रयोग करने की सहमति बनाई।

चूँकि मापनों में आँकड़ों को रिकॉर्ड करना पड़ता है और इसमें सदैव कुछ न कुछ अनिश्चितता बनी रहती है, इसलिए आँकड़ों का प्रयोग ठीक से करना बहुत महत्त्वपूर्ण है। रसायन विज्ञान में राशियों के मापन में 10^{-31} से 10^{23} जैसी संख्याएँ आती हैं। इसलिए इन्हें व्यक्त करने के लिए **वैज्ञानिक संकेतन** का उपयोग किया जाता है। प्रेक्षणों में **सार्थक अंकों** की संख्या को बताकर अनिश्चितता का ध्यान रखा जा सकता है। **विमीय विश्लेषण** से मापी गई राशियों को मात्रकों की एक पद्धति से दूसरी पद्धति में परिवर्तित किया जा सकता है। अतः परिणामों को एक पद्धति के मात्रकों से दूसरी पद्धति के मात्रकों में परिवर्तित किया जा सकता है।

विभिन्न परमाणुओं का संयोजन रासायनिक संयोजन के नियमों के अनुसार होता है। ये नियम हैं – **द्रव्यमान संरक्षण का नियम, स्थिर अनुपात का नियम, गुणित अनुपात का नियम, गै-लुसैक का गैसीय आयतनों का नियम** और **आवोगाद्रो का नियम।** इन सभी नियमों के परिणामस्वरूप **'डॉल्टन का परमाणु सिद्धांत'** प्रस्तुत हुआ, जिसके अनुसार परमाणु द्रव्य के रचनात्मक खंड होते हैं। किसी तत्त्व का **परमाणु द्रव्यमान** कार्बन के ^{12}C समस्थानिक (जिसे ठीक 12u मान लिया गया है) के सापेक्ष व्यक्त किया जाता है। आमतौर पर किसी तत्त्व के लिए प्रयोग किया जाने वाला परमाणु द्रव्यमान वह परमाणु द्रव्यमान होता है, जिसे सभी समस्थानिकों का प्राकृतिक बाहुल्यताओं को ध्यान में रखकर प्राप्त किया जा सकता है। किसी अणु में उपस्थित विभिन्न परमाणुओं के **परमाणु-द्रव्यमानों** के योग द्वारा आण्विक द्रव्यमान ज्ञात किया जा सकता है। किसी यौगिक का **अणु-सूत्र** इसमें उपस्थित विभिन्न तत्त्वों के द्रव्यमान-प्रतिशत को और आण्विक द्रव्यमान को निर्धारित करके परिकलित किया जा सकता है।

किसी निकाय में उपस्थित परमाणुओं, अणुओं या अन्य कणों की संख्या को **आवोगाद्रो स्थिरांक** ($6.022\ 10^{23}$) के रूप में व्यक्त किया जा सकता है। इस संख्या को इन कणों का '1 मोल' कहा जाता है।

विभिन्न तत्त्वों और यौगिकों के रासायनिक परिवर्तनों को रासायनिक अभिक्रियाओं के रूप में व्यक्त किया जाता है। एक **संतुलित रासायनिक** समीकरण से काफी जानकारी प्राप्त होती है। किसी विशेष अभिक्रिया में भाग ले रहे मोलों के अनुपात और कणों की संख्या अभिक्रिया के समीकरण के गुणकों से प्राप्त की जा सकती है। आवश्यक अभिक्रियकों और बने उत्पादों का मात्रात्मक अध्ययन **'स्टॉइकियोमीट्री'** कहलाता है। स्टॉइकियोमीट्रिक परिकलनों से किसी उत्पाद की विशिष्ट मात्रा को प्राप्त करने के लिए आवश्यक अभिक्रियकों की मात्रा या इसके विपरीत निर्धारित किया जा सकता है। दिए गए विलयन के आयतन में उपस्थित पदार्थ की मात्रा को विभिन्न प्रकार से प्रदर्शित किया जाता है। उदाहरणार्थ – द्रव्यमान प्रतिशत, मोल-अंश, मोलरता तथा मोललता।

© NCERT not to be republished

अभ्यास

1.1 निम्नलिखित के लिए मोलर द्रव्यमान का परिकलन कीजिए–

(i) H_2O (ii) CO_2 (iii) CH_4

1.2 सोडियम सल्फेट (Na_2SO_4) में उपस्थित विभिन्न तत्त्वों के द्रव्यमान प्रतिशत का परिकलन कीजिए।

1.3 आयरन के उस ऑक्साइड का मूलानुपाती सूत्र ज्ञात कीजिए, जिसमें द्रव्यमान द्वारा 69.9% आयरन और 30.1% ऑक्सीजन है।

1.4 प्राप्त कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा का परिकलन कीजिए। जब

(i) 1 मोल कार्बन को हवा में जलाया जाता है और

(ii) 1 मोल कार्बन को 16 g ऑक्सीजन में जलाया जाता है।

1.5 सोडियम ऐसीटेट (CH_3COONa) का 500 mL, 0.375 मोलर जलीय विलयन बनाने के लिए उसके कितने द्रव्यमान की आवश्यकता होगी? सोडियम ऐसीटेट का मोलर द्रव्यमान 82.0245 g mol^{-1} है।

1.6 सांद्र नाइट्रिक अम्ल के उस प्रतिदर्श का मोल प्रति लिटर में सांद्रता का परिकलन कीजिए, जिसमें उसका द्रव्यमान प्रतिशत 69% हो और जिसका घनत्व 1.41 g mL^{-1} हो।

1.7 100 g कॉपर सल्फेट ($CuSO_4$) से कितना कॉपर प्राप्त किया जा सकता है?

1.8 आयरन के ऑक्साइड का आण्विक सूत्र ज्ञात कीजिए, जिसमें आयरन तथा ऑक्सीजन का द्रव्यमान प्रतिशत क्रमश: 69.9 g तथा 30.1 g है।

1.9 निम्नलिखित आँकड़ों के आधार पर क्लोरीन के औसत परमाणु द्रव्यमान का परिकलन कीजिए–

%	प्राकृतिक बाहुल्यता	मोलर–द्रव्यमान
^{35}Cl	75.77	34.9 689
^{37}Cl	24.23	36.9659

1.10 एथेन (C_2H_6) के तीन मोलों में निम्नलिखित का परिकलन कीजिए–

(i) कार्बन परमाणुओं के मोलों की संख्या

(ii) हाइड्रोजन परमाणुओं के मोलों की संख्या

(iii) एथेन के अणुओं की संख्या

1.11 यदि 20g चीनी ($C_{12}H_{22}O_{11}$) को जल की पर्याप्त मात्रा में घोलने पर उसका आयतन 2L हो जाए, तो चीनी के इस विलयन की सांद्रता क्या होगी?

1.12 यदि मेथेनॉल का घनत्व 0.793 kg L^{-1} हो, तो इसके 0.25 M के 2.5 L विलयन को बनाने के लिए कितने आयतन की आवश्यकता होगी?

1.13 दाब को प्रति इकाई क्षेत्रफल पर लगने वाले बल के रूप में परिभाषित किया जाता है। दाब का SI मात्रक पास्कल नीचे दिया गया है–

$$1\ Pa = 1\ Nm^{-2}$$

यदि समुद्रतल पर हवा का द्रव्यमान 1034 g cm^{-2} हो, तो पास्कल में दाब का परिकलन कीजिए।

1.14 द्रव्यमान का SI मात्रक क्या है? इसे किस प्रकार परिभाषित किया जाता है?

1.15 निम्ननिलिखित पूर्व-लग्नों को उनके गुणांकों के साथ मिलाइए–

पूर्व लग्न	**गुणांक**
(i) माइक्रो	10^6
(ii) डेका	10^9
(iii) मेगा	10^{-6}
(iv) गिगा	10^{-15}
(v) फेम्टो	10

© NCERT not to be republished

1.16 सार्थक अंकों से आप क्या समझते हैं?

1.17 पेय जल के नमूने में क्लोरोफॉर्म, जो कैंसरजन्य है, से अत्यधिक संदूषित पाया गया। संदूषण का स्तर 15 ppm (द्रव्यमान के रूप में) था।

(i) इसे द्रव्यमान प्रतिशतता में दर्शाइए।

(ii) जल के नमूने में क्लोरोफॉर्म की मोललता ज्ञात कीजिए।

1.18 निम्नलिखित को वैज्ञानिक संकेतन में लिखिए–

(i) 0.0048 (ii) 234,000 (iii) 8008

(iv) 500.0 (v) 6.0012

1.19 निम्नलिखित में सार्थक अंकों की संख्या बताइए–

(i) 0.0025 (ii) 208 (iii) 5005 (iv) 126,000

(v) 500.00 (vi) 2.0034

1.20 निम्नलिखित को तीन सार्थक अंकों तक निकटित कीजिए–

(i) 34.216 (ii) 10.4107 (iii) 0.04597 (iv) 2808

1.21 (क) जब डाइनाइट्रोजन और डाइऑक्सीजन अभिक्रिया द्वारा भिन्न यौगिक बनाती हैं, तो निम्नलिखित आँकड़े प्राप्त होते हैं–

	नाइट्रोजन का द्रव्यमान	ऑक्सीजन का द्रव्यमान
(i)	14 g	16 g
(ii)	14 g	32 g
(iii)	28 g	32 g
(iv)	28 g	80 g

ये प्रायोगिक आँकड़े रासायनिक संयोजन के किस नियम के अनुरूप हैं? बताइए।

(ख) निम्नलिखित में रिक्त स्थान को भरिए–

(i)	1 km	=	....	mm	=	.... pm
(ii)	1 mg	=	....	kg	=	.... ng
(iii)	1 mL	=	....	L	=	.... dm^3

1.22 यदि प्रकाश का वेग 3.00 10^8 m s^{-1} हो, तो 2.00 ns में प्रकाश कितनी दूरी तय करेगा?

1.23 किसी अभिक्रिया $A + B_2 \rightarrow AB_2$ में निम्नलिखित अभिक्रिया मिश्रणों में सीमांत अभिकर्मक, (यदि कोई हो, तो) ज्ञात कीजिए–

(i) A के 300 परमाणु + B के 200 अणु

(ii) 2 मोल A + 3 मोल B

(iii) A के 100 परमाणु + B के 100 अणु

(iv) A के 5 मोल + B के 2.5 मोल

(v) A के 2.5 मोल + B के 5 मोल

1.24 डाइनाइट्रोजन और डाइहाइड्रोजन निम्नलिखित रासायनिक समीकरण के अनुसार अमोनिया बनाती हैं–

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

(i) यदि 2.00 10^3 g डाइनाइट्रोजन 1.00 10^3 g डाइहाड्रोजन के साथ अभिक्रिया करती है, तो प्राप्त अमोनिया के द्रव्यमान का परिकलन कीजिए।

(ii) क्या दोनों में से कोई अभिक्रियक शेष बचेगा?

(iii) यदि हाँ, तो कौन-सा उसका द्रव्यमान क्या होगा?

© NCERT not to be republished

1.25 0.5 mol Na_2CO_3 और 0.50 M Na_2CO_3 में क्या अंतर है?

1.26 यदि डाइहाइड्रोजन गैस के 10 आयतन डाइऑक्सीजन गैस के 5 आयतनों के साथ अभिक्रिया करें, तो जलवाष्प के कितने आयतन प्राप्त होंगे?

1.27 निम्नलिखित को मूल मात्रकों में परिवर्तित कीजिए–

(i) 28.7 pm (ii) 15.15 pm (iii) 25365 mg

1.28 निम्नलिखित में से किसमें परमाणुओं की संख्या सबसे अधिक होगी?

(i) 1 g Au (s)
(ii) 1 g Na (s)
(iii) 1 g Li (s)
(iv) 1 g Cl_2 (g)

1.29 एथेनॉल के ऐसे जलीय विलयन की मोलरता ज्ञात कीजिए, जिसमें एथेनॉल का मोल-अंश 0.040 है। (मान लें कि जल का घनत्व 1 है।)

1.30 एक ^{12}C कार्बन परमाणु का ग्राम (g) में द्रव्यमान क्या होगा?

1.31 निम्नलिखित परिकलनों के उत्तर में कितने सार्थक अंक होने चाहिए?

(i) $\dfrac{0.02856 \times 298.15 \times 0.112}{0.5785}$

(ii) 5×5.364

(iii) $0.0125 + 0.7864 + 0.0215$

1.32 प्रकृति में उपलब्ध ऑर्गन के मोलर द्रव्यमान की गणना के लिए निम्नलिखित तालिका में दिए गए आँकड़ों का उपयोग कीजिए–

समस्थानिक	**समस्थानिक मोलर द्रव्यमान**	**प्रचुरता**
^{36}Ar	35.96755 mol^{-1}	0.337%
^{38}Ar	37.96272 g mol^{-1}	0.063%
^{40}Ar	39.9624 g mol^{-1}	99.600%

1.33 निम्नलिखित में से प्रत्येक में परमाणुओं की संख्या ज्ञात कीजिए–

(i) 52 मोल Ar (ii) 52 u He (iii) 52 g He

1.34 एक वेल्डिंग ईंधन गैस में केवल कार्बन और हाइड्रोजन उपस्थित हैं। इसके नमूने की कुछ मात्रा ऑक्सीजन से जलाने पर 3.38 g कार्बन डाइऑक्साइड, 0.690 g जल के अतिरिक्त और कोई उत्पाद नहीं बनाती। इस गैस के 10.0L (STP पर मापित) आयतन का भार 11.69 g पाया गया। इसके –

(i) मूलानुपाती सूत्र
(ii) अणु द्रव्यमान और
(iii) अणुसूत्र की गणना कीजिए।

1.35 $CaCO_3$ जलीय HCl के साथ निम्नलिखित अभिक्रिया कर $CaCl_2$ और CO_2 बनाता है।

$CaCO_3(s) + 2HCl(g) \rightarrow CaCl_2\ (aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$

0.75M HCl के 25 mL के साथ पूर्णतः अभिक्रिया करने के लिए $CaCO_3$ की कितनी मात्रा की आवश्यकता होगी?

1.36 प्रयोगशाला में क्लोरीन का विरचन मैंगनीज डाइऑक्साइड (MnO_2) को जलीय HCl विलयन के साथ अभिक्रिया द्वारा निम्नलिखित समीकरण के अनुसार किया जाता है–

$4HCl(aq) + MnO_2(s) \rightarrow 2H_2O(l) + MnCl_2(aq) + Cl_2(g)$ 5.0g मैंगनीज डाइऑक्साइड के साथ HCl के कितने ग्राम अभिक्रिया करेंगे?

© NCERT not to be republished