रसायन विज्ञान की मूल अवधारणायें (Basic Concepts Of Chemistry)

1 Chapter

INSIDE......

1.1 भारतीय वैज्ञानिकों का रसायन विज्ञान में योगदान

1.2 रसायन विज्ञान का महत्त्व

1.3 रसायन विज्ञान में मापन

1.4 मापन की मानक अन्तर्राष्ट्रीय इकाईयाँ

1.5 रासायनिक संयोग के नियम

1.6 *डॉल्टन का परमाणु सिद्धान्त*

1.7 आवोगाद्रो की परिकल्पना

1.8 मोल अवधारणा एवं आवोगाद्रो संख्या

1.9 प्रतिशत संघनन, मूलानुपाती सूत्र एवं अणु सूत्र

1.10 रासायनिक अभिक्रियाओं की रससमीकरण मिती

1.11 विलयनों में अभिक्रियाओं की रससमीकरण मिती

1.12 सीमान्त अभिकर्मक

1.13 परमाणु भार, अणु भार एवं तुल्यांकी भार

1.14 पाठ्यपुस्तक के प्रश्नोत्तर

1.15 अन्य महत्त्वपूर्ण प्रश्न-उत्तर

रसायन विज्ञान

- पदार्थ के संघटन (composition) संरचना (Structure), गुणधर्म रूपान्तरण (transformation) एवं उपयोगों (Applications) का अध्ययन रसायन विज्ञान का क्षेत्र है।
- अणु तथा परमाणु पदार्थ के मौलिक अवयव हैं इसलिए रसायन विज्ञान को परमाणुओं तथा अणुओं का विज्ञान भी कहा जाता है।

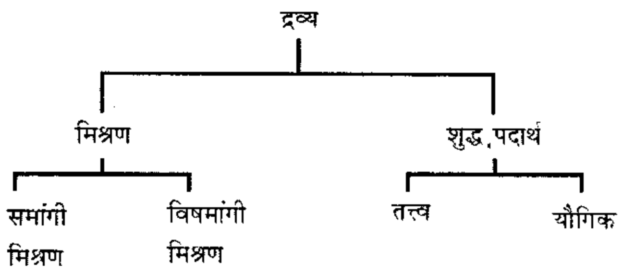
1.1 भारतीय वैज्ञानिकों का रसायन विज्ञान में योगदान

- रसायन विज्ञान के विकास में प्राचीन काल से ही भारतीय वैज्ञानिक-मनीषियों के योगदान का एक गौरवशाली इतिहास रहा है। इसका विस्तृत वर्णन आधुनिक भारत में रसायन शास्त्र के पितामह कहे जाने वाले *आचार्य प्रफुल्लचंद* राय द्वारा लिखित **''हिस्ट्री ऑफ हिन्दू केमेस्ट्री''** नामक पुस्तक में किया गया है।
- नई दिल्ली में कुतुबमीनार के पास खुले आसमान के नीचे खड़ा लोह स्तंभ पिछले 1600 वर्षो से जंगरहित बना हुआ है, जो वर्तमान काल में भी रसायनज्ञों के लिए एक चुनौती है। भारतीय वैज्ञानिकों के धात्विक ज्ञान का लोहा मानने से इससे बड़ा क्या प्रमाण हो सकता है।
- वर्तमान में भी *प्रोफेसर सी.एन.आर. राव (बैंगलोर), प्रो. सुखदेव (दिल्ली), प्रो. गोवर्धन मेहता (बैंगलोर), प्रो. आर. ए. माशेलकर (सी. एस. आई. आर. दिल्ली), प्रो. एम. एम. शर्मा (मुम्बई), प्रो. (स्व.) रामचरण मेहरोत्रा (जयपुर)* जैसे अनेकानेक रसायनज्ञ अन्तर्राष्ट्रीय ख्याति अर्जित कर रसायन विज्ञान के विकास में भारतीय प्रतिभा के योगदान को चरितार्थ कर रहे हैं।
- वर्तमान युग में रसायन विज्ञान ने बहुत अधिक प्रगति की है। मनुष्य के दैनिक जीवन का कोई भी क्रिया कलाप ऐसा नहीं है जिसमें रसायन विज्ञान का उपयोग न हो। अत: कहा जा सकता है "NO LIFE IS POSSIBLE WITHOUT CHEMISTRY".

1.2 रसायन विज्ञान का महत्त्व (Importance of Chemistry)

- कोई भी वस्तु जिसका द्रव्यमान होता है तथा जो स्थान घेरता है **द्रव्य** कहलाता है।
- द्रव्य के गुणधर्मों को भौतिक व रासायनिक में वर्गीकृत किया जा सकता है।
- भौतिक गुणधर्म व गुणधर्म होते है, 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 है।

- रासायनिक गुणधर्मों को मापने या देखने के लिए रासायनिक परिवर्तन का होना आवश्यक होता है।
- रसायन शास्त्र विज्ञान की वह शाखा है जिसमें पदार्थ के संघटन, संरचना एवं उपान्तरण का अध्ययन किया जाता है। इसे निम्न उपवर्गों में अध्ययन किया जाता है-



- कार्बनिक रसायन, अकार्बनिक रसायन, भौतिक रसायन, विश्लेषण रसायन, फार्मास्युटिकल रसायन आदि। रसायन विज्ञान, विज्ञान की अन्य शाखाओं तथा भौतिकी (Physics), जीव विज्ञान (Biology), भू विज्ञान (Geology), चिकित्सा विज्ञान (Medicine) आदि के साथ अभिन्न रूप से जुड़ा है।
- विभिन्न क्षेत्रों में रसायन विज्ञान की उपयोगिता एवं महत्व का वर्णन निम्न हैं—

(i) दैनिक जीवन में— सवेरे दातुन करने से रात सोते समय तक की विभिन्न क्रियाकलापों में चाहे वो टूथपेस्ट हो चाहे खाना पकाने का तेल, पीने का स्वच्छ व मीठा पानी, कोल्डड्रिंक, बालों में लगाने का तेल, परफ्यूम, लिपस्टिक, आलीशान भवन आदि सभी में रसायन विज्ञान का विशेष योगदान है।

(ii) स्वास्थ्य एवं औषधि के क्षेत्र में— मनुष्य के स्वास्थ्य में होने वाली गिरावट, बीमारियों को जानने के लिए विभिन्न प्रकार के परीक्षण, मूत्र परीक्षण इत्यादि किये जाते हैं जो विभिन्न रसायनों के प्रयोग से ही संभव होते हैं। रोग का पता लगाने के बाद उपचार हेतु दी जाने वाली औषधियाँ भी विभिन्न रसायनों द्वारा ही तैयार की जाती है।

स्वास्थ्य एवं चिकित्सा क्षेत्र में-

- रोग निदान एवं उपचार हेतु चिकित्सा पद्धतियों में औषधियों के निर्माण में रसायन की महत्वपूर्ण भूमिका है।
- अनेक जीवन रक्षक दवाईयाँ-कलोरोमाइसेटीन, पैनिसीलिन, स्ट्रेप्टोमाइसिन सिप्रोफ्लोक्सासीन जैसी प्रतिजैविकों का निर्माण रसायन द्वारा सम्भव है।
- सिस-प्लास्टिन व टैक्सोल कैंसर जैसे असाध्य रोग के लिए एवं एड्स रोगियों के उपचार हेतु एजिडोथाईमिडी (AZT) औषधियों को पादप एवं प्राणी स्रोतों से प्राप्त किया गया है।
- क्लोरीन, विरंजक चूर्ण, ओजोन तथा जिओलाइट्स का उपयोग जल को स्वच्छ एवं शुद्ध कर पीने योग्य बनाने में किया जाता है।
- जलवायु के शुद्धिकरण हेतु कीटाणुनाशक व जीवाणुनाशक, रसायन से ही संभव हुए हैं।

(iii) कृषि में— कृषि के क्षेत्र में भारत ने बहुत अधिक प्रगति की है। कृषि में नवाचार, उन्नत बीज, खाद के प्रयोग से पैदावार में अच्छी वृद्धि हुई है। इस प्रगति में कीटनाशक (Insecticides), फफूंदनाशी (fungicid) और पीड़कनाशी (Pesticides) जैसे रसायनों की महत्वपूर्ण भूमिका रही है। आजकल विभिन्न फसलों की उन्नत किस्में विकसित करने हेतु **बायो टेक्नोलॉजी व जीन टेक्नोलॉजी** का प्रयोग किया जा रहा है।

(iv) उद्योगों में— रसायन विज्ञान में हुई प्रगति ने आज अनेकों उद्योगों को जन्म दिया हैं, जिनसे न केवल हमारी आवश्यकताओं की पूर्ति हुई है वरन लाखों व्यक्तियों को रोजगार भी प्राप्त हुआ है। वस्त्र उद्योग, रंग व पेन्ट उद्योग, सर्फ व साबुन उद्योग, चमड़ा उद्योग, धातु निष्कर्षण, फोटोग्राफी उद्योग, चीनी उद्योग, सीमेंट उद्योग, ग्लास उद्योग व प्लास्टिक उद्योग आदि का विकास रसायान के ज्ञान एवं उपयोग पर ही निर्भर है।

(v) नये पदार्थों के निर्माण में— रसायन सिद्धान्तों की स्पष्ट समझ के कारण ही चुम्बकीय, विद्युत चुम्बकीय और प्रकाशीय गुणधर्मों से युक्त पदार्थों का निर्माण सम्भव हुआ है। जिसके परिणामस्वरूप अतिचालक सिरेमिक, सुचालक बहुलक, प्रकाशीय तन्तु जैसे उपयोगी पदार्थों का संश्लेषण किया जा सका।

(vi) युद्ध के क्षेत्र में— युद्ध में उपयोगी सामग्री टी.एन.टी., डायनामाइड नाइट्रोग्लिसरीन, ऐन्थ्रेक्स, परमाणु बम, हाइड्रोजन बम, विषैली गैसें आदि सभी रसायन विज्ञान के अनुप्रयोगों पर आधारित है।

(vii) जीव विज्ञान के क्षेत्र में-जैव रासायनिक क्रियाओं जिसके द्वारा प्राणी एवं वनस्पतियों में होने वाली विविध क्रियाओं, जैविक अवयवों के बनने की गति, स्थान एवं अनुक्रम का ज्ञान प्राप्त किया जा सकता है। उदाहरण रेडियोएक्टिव फॉस्फोरस पौधों में खनिज एवं अन्य पदार्थों के स्थानान्तरण दिशा एवं मात्रा का अध्ययन करने में उपयोगी है।

(viii) पर्यावरण शुद्धिकरण में— वाहनों से निकलते धुंए, नाभिकीय हादसों, उद्योगों के अपशिष्टों, जल में प्रदूषकों की मात्रा को नियंत्रित करने में रसायन विज्ञान ने प्रभावी उपयोग दर्शाया है। समताप मण्डल में ओजोन के क्षय को बढ़ाने वाले पदार्थ क्लोरोफ्लोरो कार्बन (CFC) का विकल्प रसायन विज्ञान के अध्ययन द्वारा सम्भव हो पाया है।

1.3 रसायन विज्ञान में मापन (Measurements in Chemistry)

- हम जानते हैं कि प्रयोगशाला में किया गया प्रत्येक मापन त्रुटि व अनिश्चितता लिए हुए होता है जो मापन उपकरण की सीमाएँ पर निर्भर करता है।
- हम यह भी जानते हैं कि गणना की गई किसी राशि का मान जिस सीमा तक सूचना प्राप्त कर सकते हैं, उससे अधिक परिशुद्ध ज्ञात नहीं कर सकते।
- वैज्ञानिक आँकड़ों के लिए एक विशेष शब्द (Significant figure) **सार्थक अंकों** का प्रयोग किया जाता है।
- जब किसी मापन का परिमाण शुद्ध रूप से प्राप्त हो तब उस मापन में अर्थपूर्ण अंकों की संख्या सार्थक अंक कहलाता है।
- मापन की परिशुद्धता का अभिज्ञान सार्थक अंकों की संख्या से होता है। जिस मापन में सार्थक अंकों की संख्या अधिक है वह मापन उतना ही परिशुद्ध कहलाता है।

- किसी मापन की संख्या लिखते समय अंतिम अंक से पहले के सभी अंक निश्चितता सहित ज्ञात होते हैं तथा अंतिम अंक में एक इकाई की अनिश्चितता रहती है।
- उदाहरण के लिए मान लें एक पठन जिसका मान 11.64 मापा गया है व जिसमें चार अंक है। इसमें से 1, 1 तथा 6 निश्चित अंक है तथा 4 अनिश्चित अंक हैं। अत: अंक इस प्रकार लिखे जाएगें।

  1 1 6 — निश्चित अंक; 4 — अनिश्चित/संदेहपूर्ण अंक

- ध्यान रहे कि समस्त अंक एक संख्या में सार्थक होते हैं लेकिन केवल अन्तिम अंक अनिश्चित या संदेहपूर्ण होता है जबकि शेष अंक निश्चित होते हैं। अत: 11.64 में सभी चार अंक सार्थक अंक है इनमें से 1, 1 और 6 निश्चित तथा 4 कुछ हद तक अनिश्चित अंक है। जिससे $\pm$ 0.1 ग्राम की अनिश्चितता है।

सार्थक अंक को संख्या में प्रस्तुत करने के नियम (Rules for reporting the significant figures in number)

- एक निश्चित राशि की संख्या में सार्थक अंक प्रस्तुत करने के कुछ विशेष नियम हैं, वे निम्नलिखित हैं।

नियम 1. वे समस्त अंक जिसमें शून्य नहीं हैं सार्थक हैं। उदाहरणार्थ,
44.3 में तीन सार्थक अंक है।
5.243 में चार सार्थक अंक हैं।
41.124 में पांच सार्थक अंक है।

नोट— दशमलव बिन्दु की सार्थक अंक में गणना नहीं की जाती है।

नियम 2. यदि शून्य दो अंकों के मध्य स्थित हो तब यह सार्थक अंक हैं।
उदाहरणतया,
6.01 में तीन सार्थक अंक है।
6.001 में चार सार्थक अंक है।

नियम 3. वह शून्य जो अशून्य अंक के बायीं तरफ लिखा जाता है सार्थक अंक नहीं है। वे केवल दशमलव बिन्दु का स्थान निर्धारित करते हैं।
उदाहरणतया,
0.523 में तीन सार्थक अंक हैं।
0.014 में दो सार्थक अंक है।
0.002 में एक सार्थक अंक है।

नियम 4. समस्त शून्य जो दशमलव बिन्दु के दाहिनी तरफ आते हैं, सार्थक अंक हैं। वे मापक उपकरण की शुद्धता को प्रदर्शित करते हैं।
उदाहरणार्थ, एक तार की लम्बाई को जिसे मीटर रॉड, वर्नियर केलिपर तथा स्क्रूगेज से मापा गया है वे नीचे दिए अनुसार अलग-अलग सार्थक अंक देगी:

(i) मीटर स्केल मापन में 11.0 सेमी प्राप्त होता है। जिसमें न्यूनतम मापन 0.1 सेमी होता है तो इसमें तीन सार्थक अंक हैं।

(ii) वर्नियर केलीपर्स के मापन में 11.00 सेमी. होता है जिसका न्यूनतम माप 0.01 सेमी है तो 11.00 में चार सार्थक अंक हैं।

(iii) न्यूनतम माप 0.001 के स्क्रूगेज से मापने पर यदि प्रेक्षण 11.00 सेमी प्राप्त होता है तो सार्थक अंक पांच होंगे।

नोट-ध्यान रखें कि कोई संख्या शून्य पर समाप्त होती है जो दशमलव बिन्दु के दायीं तरफ नहीं है तो वह सार्थक हो भी सकता है अथवा नहीं भी।

- **उदाहरण के लिये**- एक संख्या 18500 में तीन, चार अथवा पांच सार्थक अंक हो सकते हैं। इस संदेह को समाप्त करने के लिए राशि को घात के रूप में लिख सकते हैं। जिसकी विवेचना आगे की जा रही है:

नियम-5-सिरे पर उपस्थित शून्य को सार्थक अंक नहीं माना जायेगा यदि उसमें दशमलव बिन्दु नहीं है। उदाहरण
500 में केवल एक सार्थक अंक है।
500. में तीन सार्थक अंक है।
500.0 में चार सार्थक अंक है।

चरघातांकी संकेत या वैज्ञानिक संकेत (Exponential notations or scientific notations)

इस प्रकार के संकेत में प्रत्येक संख्या $N \times 10^n$ में लिखी जाती है।
यहां N = एक संख्या जो दशमलव के बायीं तरफ है तथा उसमें एक अशून्य अंक है।
n = 10 की घात जो कि धनात्मक, ऋणात्मक अथवा शून्य हो सकती है।

- घात के रूप में एक राशि को लिखने के लिए उस स्थान की गणना कर लेनी चाहिए जहाँ से दशमलव को हटाया गया है।
- घात धनात्मक होगी यदि दशमलव बायीं तरफ ले जाया जाए तथा घात ऋणात्मक होगी यदि दशमलव दायीं तरफ ले जाया जाये।

उदाहरणतया,
40400.0 $= 4.04 \times 10^4$ (दशमलव को चार स्थान बायीं तरफ ले जाया गया है।)
0.0000404 $= 4.04 \times 10^{-5}$ (दशमलव को पांच स्थान दायीं तरफ ले जाया गया है।)

घात के रूप में, गणना बहुत छोटी तथा बहुत बड़ी राशि लिखने में बहुत उपयोगी सिद्ध होती है। उदाहरण के लिए,

(i) एक संख्या 0.000054 को 5.4×10^{-5} के रूप में व्यक्त किया गया हे इसमें दो सार्थक अंक है।

(ii) आवोगाद्रो संख्या वैज्ञानिक गणना के रूप में 6.022×10^{23} व्यक्त की जाती है इसमें सार्थक अंक चार है।

(iii) प्लांक स्थिरांक 6.625×10^{-34} जूल सेकण्ड है। इसमें सार्थक अंक चार है।

(iv) एक संख्या 18500 में तीन, चार अथवा पांच सार्थक अंक हो सकते है। जिन्हें निम्न प्रकार व्यक्त किया जाता है।
1.85×10^4 (तीन सार्थक अंक)
1.850×10^4 (चार सार्थक अंक)
1.8500×10^4 (पांच सार्थक अंक)

उदा.1. निम्नलिखित संख्याओं में सार्थक अंकों की संख्या बताइए।
(i) 62.4 (ii) 0.0405 (iii) 8.8674 (iv) 50.0

हल— (i) 62.4 में सार्थक अंक तीन है।
(ii) 0.0405 में सार्थक अंक तीन है।

(iii) 8.8674 में सार्थक अंक पांच है।

(iv) 50.0 में सार्थक अंक तीन हैं।

उदा.2. निम्नलिखित में कितने सार्थक अंक उपस्थित हैं ?

(i) 0.0025 (ii) 208 (iii) 5005
(iv) 126,000 (v) 600.0 (vi) 3.0034

हल— (i) 0.0025 में दो सार्थक अंक है।

(ii) 208 में तीन सार्थक अंक है।

(iii) 5005 में चार सार्थक अंक है।

(iv) 1,26,000 में तीन (अंतिम तीन शून्य सार्थक नहीं हैं) सार्थक अंक है।

(v) 600.0 में चार सार्थक अंक है।

(vi) 3.0034 में पाँच सार्थक अंक हैं।

उदा.3. 3.0 g तथा 3.00 g में अन्तर बताइए।

हल— 3.0 g में दो सार्थक अंक हैं तथा 3.00g में तीन सार्थक अंक है। इसका अर्थ है कि दूसरा मापन प्रथम मापन से ज्यादा यथार्थ है।

उदा.4. 1981 की गणना के अनुसार भारत की जनसंख्या 684 लाख है इस परिणाम को वैज्ञानिक गणना के रूप में लिखिए तथा सार्थक अंकों की गणना कीजिए।

हल—

1 लाख $= 10^6$

684 लाख $= 684 \times 10^6$

वैज्ञानिक गणना के अनुसार $= 6.84 \times 10^8$

सार्थक अंक = तीन

उदा.5. निम्नलिखित को वैज्ञानिक निरूपण में व्यक्त कीजिए-

(i) 0.0048 (ii) 236, 00 (iii) 8008 (iv) 600.0 (v) 500 (vi) 783.4.

हल— (i) 4.8×10^{-3} (ii) 2.36×10^4 (iii) 8.008×10^3 (iv) 6.0×10^2 (vi) 5.0×10^2 (vi) 7.834×10^2

उदा. 6. निम्नलिखित प्रत्येक में सार्थक अंकों की गणना कीजिए।

(i) इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान $= 9.108 \times 10^{-31}$ kg

(ii) प्रोटॉन का द्रव्यमान $= 1.672 \times 10^{-27}$ kg

(iii) 0.00564

हल— (i) इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान= 9.108×10^{-31} kg (चार सार्थक अंक)

(ii) प्रोटॉन का द्रव्यमान $= 1.672 \times 10^{-27}$ kg (चार सार्थक अंक)

(iii) 0.00564 (तीन सार्थक अंक)

असार्थक अंकों को हटाना (Rounding off)

असार्थक अंकों को हटाने का अर्थ है जो अंक सार्थक नहीं है उसे छोड़ देना चाहिए। यह कार्य सार्थक अकों को प्रत्येक संख्या में समान रखने के लिए किया जाता है।

(i) यदि छोड़े जाने वाला अंक 5 से अधिक है तो उससे पहले वाले अंक में एक जोड़ देंगे।

उदाहरणार्थ, 12.06 में 6 को छोड़ा गया है इसलिए पहले वाले अंक एक से बढ़ जाएगा तथा अन्तिम परिणाम **12.1** प्राप्त होगा।

(ii) यदि छोड़े जाने वाला अंक 5 से कम है तो अन्तिम परिणाम में कोई परिवर्तन नहीं किया जाएगा।

उदाहरण के लिए, यदि एक संख्या 24.123 है व जिसे 4 सार्थक अंकों मे लिखना हो तो अन्तिम अंक 3 को हटा देंगे तथा अन्तिम परिणाम **24.12** प्राप्त होगा।

(iiii) यदि छोड़े जाने वाला अंक 5 हो तो पूर्व का सार्थक अंक यदि सम है तो अपरिवर्तित रखेंगे तथा यदि विषम हैं तो पूर्व अंक को एक से बढ़ा देंगे।

उदाहरण के लिए, 1.6145 को चार सार्थक अंकों में प्रदर्शित करने के लिए 1.614 लिखेंगे तथा 1.6175 को 1.618 लिखेंगे।

(iv) यदि एक से अधिक असार्थक अंक को हटाना हों, तो भी उपरोक्त नियम का अनुसरण करते हैं:

उदाहरण के लिए, एक संख्या 3.12456 को दशमलव के बाद तीन स्थान तक व्यक्त करना है। इसका अर्थ है 5 तथा 6 अंक को छोड़ना। सही उत्तर दो पदों में प्राप्त होगा।

प्रथम पद— 3.1246 (अन्तिम अंक 5 से अधिक था)

द्वितीय पद— 3.125 (अन्तिम अंक 5 से अधिक था)

सार्थक अंकों से सम्बन्धित गणनाएँ (Calculations involving significant figures)

- हम जानते हैं कि वैज्ञानिक मापन के परिणाम उनकी यथार्थता तथा शुद्धता में भिन्नता रखते हैं, जो मापन उपकरण के अल्पतमांक पर निर्भर करते हैं।
- अधिकतर स्थितियों में अन्तिम परिणाम प्राप्त करने के लिए इन परिणामों को आपस में जोड़ना, घटाना, गुणा करना अथवा भाग देना पड़ता हैं। **यह ध्यान देने योग्य बात है कि इस प्रकार की गणितीय गणनाओं में अंतिम परिणाम निम्न नियमों की सहायता से प्राप्त किया जाता है।**

नियम 1. संख्याओं के जोड़ तथा बाकी में अन्तिम परिणाम में दशमलव के बाद केवल उतने ही स्थान तक उत्तर प्राप्त होना चाहिए जितना कि गणना में दशमलव के बाद न्यूनतम स्थान वाली संख्या हो।

यह निम्न उदाहरण द्वारा स्पष्ट हो जायेगा।

(A) संख्याओं को जोड़ना (Addition of Numbers)

- तीन संख्याओं, जो 3.52, 2.3 तथा 6.24 हैं, में दशमलव के बाद भिन्न-भिन्न स्थान है। दशमलव के बाद न्यूनतम स्थान वाली संख्या 2.3 है। इसका अर्थ है कि अन्तिम परिणाम दशमलव के एक स्थान बाद वाला होना चाहिए।

```
       3.52
      +2.3    ⇐ दशमलव के बाद केवल एक स्थान है।
      +6.24
योग   12.06
```

- अन्तिम परिणाम में दशमलव के बाद दो स्थान तक अंक हैं परन्तु उत्तर में केवल एक ही स्थान ही होना चाहिए। इसका अर्थ है कि अंक 6 अन्तिम परिणाम से हटा देना चाहिए।
- चूँकि हटाये जाने वाला अंक 6 है जो कि 5 से अधिक है। अत: अन्तिम परिणाम में 6 से पहले वाले अंक में एक जोड़ देंगे अर्थात् अंतिम परिणाम 12.1 होगा।

(B) संख्याओं को घटाना (Substraction of Numbers)

- संख्याओं को घटाना भी योग की तरह ही किया जाता है। उदाहरण के लिये

```
  23.4730
-   12.11   (दशमलव दो स्थान के बाद है)
  11.3630
```

- परिणाम में दशमलव के बाद चार अंक हैं लेकिन अन्तिम परिणाम में दशमलव के बाद दो अंकों तक ही देना है। अतः अन्तिम परिणाम 11.36 होगा क्योंकि अन्तिम अंक शून्य 5 से कम है और पूर्व का अंक तीन भी 5 से कम है।

संख्याओं के घटाने सम्बन्धी कुछ अन्य प्रश्न इस प्रकार हैं।

$$\begin{array}{r} 5.286 \\ -\ \underline{4.12} \\ \underline{1.166} \end{array}$$ [दशमलव एक स्थान बाद है।]

(सही उत्तर 1.17 होगा अन्तिम अंक 6 को हटा दिया गया है तथा पूर्व अंक 6 को 7 कर दिया गया है।)

$$\begin{array}{r} 27.25 \\ -\ \underline{12.0234} \\ \underline{15.2266} \end{array}$$ [दशमलव दो स्थान बाद है।]

(सही उत्तर 15.23 है अन्तिम अंक 6 को पहले हटाने पर उससे पूर्व अंक 7 हो गया तथा उसे हटाने पर उससे पूर्व अंक 2 को बढ़ाकर 3 कर दिया गया है।)

नियम 2. गुणा अथवा भाग में अन्तिम परिणाम में उतने ही सार्थक अंक होंगे जितने कि न्यूनतम सार्थक अंक है। गुणा तथा भाग की संख्याओं के उदाहरण अलग-अलग दिए गए हैं।

(C) संख्याओं का गुणा (Multiplication of Numbers)

यदि हम 2.2120 (5 सार्थक अंक) का गुणा 0.011 (2 सार्थक अंक) से करें तो परिणाम 0.024332 प्राप्त होगा।

= 2.2120 × 0.011 (दो सार्थक अंक)

= 0.024332

परन्तु नियम के अनुसार परिणाम को दो सार्थक अंकों के रूप में प्रदर्शित करना है अतः अंक 3, 3, 2 को हटा दिया जाता है तथा अन्तिम परिणाम 0.024 होगा।

(D) संख्याओं का भाग (Division of Numbers)

यदि हम 4.2211 (5 सार्थक अंक) का भाग 3.76 (3 सार्थक अंक) से करे तो अन्तिम परिणाम 1.12263 प्राप्त होगा।

= 1.2211 ÷ 3.76 (तीन सार्थक अंक)

= 1.12263

परन्तु नियमानुसार अन्तिम परिणाम में तीन सार्थक अंक होने चाहिए अंक 2, 6, 3 को हटाना होगा तथा अन्तिम परिणाम 1.12 होगा।

- यदि गणना में कोई यथार्थ संख्या (Exact Number) होती है तो उसका सार्थक अंक अनन्त माना जाता है। इस स्थिति में दूसरी संख्या के सार्थक अंकों के रूप में अन्तिम परिणाम को व्यक्त किया जाता है।
- **उदाहरण के लिये,** एक परिवार मं 0.525 kg शर्करा प्रति दिन उपयोग होती है, तो इस परिवार में एक माह में कितनी शर्करा उपयोग होगी।

30 दिन में शर्करा का उपयोग

= 30 × 0.525 kg = 15.75 Kg

(यथार्थ संख्या) (3 सार्थक अंक)

= 15.7 kg

(3 सार्थक अंक)

उदा.7. निम्नलिखित संख्याओं को चार सार्थक अंकों के रूप में प्रदर्शित कीजिए।

(i) 5.607982 (ii) 32.892800 (ii) 1.78986×10^3 (iv) 0.007837

हल— (i) 5.607982 = 5.608

(ii) 32.392800 = 32.39

(iii) $1.78986 \times 10^3 = 1.790 \times 10^3$

(iv) 0.007837 = 0.007837

उदा.8. संख्याओं 28.521, 6.38 तथा 0.216 का योग कीजिए तथा अन्तिम परिणाम दीजिए।

हल—

28.521

6.38 ⇐ दशमलव के बाद दो स्थान

<u>0.216</u>

योग 35.117

लेकिन अन्तिम परिणाम में दशमलव के बाद दो अंक तक लिखते हैं अतः अन्तिम अंक 7 को छोड़ना होगा तथा अन्तिम परिणाम 35.12 होगा।

उदा.9. 4.62g चीनी तथा 2.935 g नमक को 28.2 g पानी में मिलाया गया है। विलयन का द्रव्यमान ज्ञात कीजिए।

हल—

चीनी का द्रव्यमान = 4.62 g

नमक का द्रव्यमान = 2.935 g

पानी का द्रव्यमान = 28.2 g

योग विलयन का कुल द्रव्यमान = 35.755 g

सही उत्तर 35.8 g है। अन्तिम अंक 5 को हटाने पर उसके पूर्व का अंक 6 हो गया है ओर 6 को हटाने पर उसके पूर्व का अंक 7 से 8 हो गया है।

उदा.10. ताँबे की धातु का द्रव्यमान 6.342 g तथा उसका घनत्व 7.6g cm^{-3} है तो उसका आयतन कितना होगा।

हल— ताँबे की धातु का द्रव्यमान = 6.342 g

ताँबे की धातु का घनत्व = 7.6 gm cm^{-3}

$$\text{आयतन} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{घनत्व}} = \frac{(6.342g)}{(7.6gcm^{-3})} = 0.834cm^3$$

अन्तिम परिणाम में दो सार्थक अंक होने चाहिए क्योंकि परिशुद्ध न्यूनतम संख्या में दो अंक (7.6) है।

∴ अन्तिम परिणाम में अंक 4 को हटा दिया जाता है तथा सही उत्तर है = 0.83 घन सेमी. (cm^3)

उदा.11. निम्नलिखित को चार सार्थक अंकों के रूप में व्यक्त कीजिए।

(i) 6.45372 (ii) 48.2625 (iii) 60000 (iv) 2.4583×10^5

हल—(i) 6.454 (ii) 48.26 (iii) 6.000×10^4

(iv) 2.458×10^5

उदा.12. हाइड्रोजन के एक परमाणु का द्रव्यमान 1.008u है। हाइड्रोजन के 12 परमाणुओं का द्रव्यमान कितना होगा।

हल- H के एक परमाणु का द्रव्यमान = 1.008u

H के 12 परमाणुओं का द्रव्यमान

= 1.008 × 12

= 12.096 u

12 एक यथार्थ संख्या है। अत: इसके सार्थक अंक अनन्त होंगे। अत: अन्तिम परिणाम में सार्थक अंक दूसरी संख्या के सार्थक अंक के समान होना चाहिये जो कि 4 है।

अत: कुल द्रव्यमान 12.10 u है।

उदा.13. निम्नलिखित व्यंजक का हल उचित सार्थक अंक तक ज्ञात कीजिए।

$$\frac{(1.35\times10^{-4})(0.4)}{5.6}$$

हल- $\frac{(1.35\times10^{-4})(0.4)}{5.6} = 0.0964\times10^{-4}$

व्यंजक में न्यूनतम सार्थक अंक 1 है अत: अन्तिम परिणाम एक सार्थक अंक के रूप में ही व्यक्त किया जायेगा।

अत: हल $= 0.1\times10^{-4}$

1.4 मापन की मानक अन्तर्राष्ट्रीय इकाईयाँ (Standard International Units of Measurement)

- रसायन विज्ञान में प्रायोगिक कार्यों हेतु पदार्थ के वर्णन एवं विश्लेषण में द्रव्यमान, लम्बाई, ताप और समय जैसे मूलभूत भौतिक राशियों का मापन अत्यन्त महत्वपूर्ण है।
- पदार्थ के गुणों को मात्रात्मक रूप से प्रदर्शित करने में दो पहलू मुख्य है- (i) संख्यात्मक परिमाण (अंक) तथा (ii) मात्रक अर्थात् इकाई।
- उदाहरण के लिए किसी वस्तु की लम्बाई 5 मीटर है तो 5 लम्बाई का **परिमाण है** तथा **मीटर** इसका **मात्रक** है।
- किसी राशि के मापन के लिए चुना गया मानक आवश्यक रूप से उस राशि की प्रवृत्ति का होता है। उसे उस राशि की **इकाई** कहते हैं। ईकाई को निम्न प्रकार में वर्गीकृत किया जाता था—

(i) **CGS प्रकार**- लम्बाई (सेन्टीमीटर), द्रव्यमान (ग्राम), समय (सेकण्ड)

(ii) **MKS प्रकार**-लम्बाई (मीटर), द्रव्यमान (कि.ग्रा.), समय (सेकण्ड)

(iii) **FPS प्रकार**- लम्बाई (फुट), द्रव्यमान (पाउण्ड), समय (सेकण्ड)।

1.4.1 मात्रक (Units)

- सन् 1960 से पहले विभिन्न देशों में मापन (measurment) के भिन्न-भिन्न मात्रक प्रयुक्त होते थे।
- अक्टूबर सन् 1960 में फ्रांस में भार तथा मापन के सम्बन्ध में एक गोष्ठी हुई जिसमें विज्ञान में प्रयुक्त होने वाले मात्रकों के बारे में एक सार्वत्रिक निर्णय लिया गया। मात्रकों की इस प्रणाली को SI प्रणाली (S = System, I = International) कहते हैं।
- विज्ञान में समस्त भौतिक राशियों को सात राशियों के पदों में मापा जाता है। इन राशियों को **मूल राशियाँ** (fundamental quantities) कहते हैं।। इन राशियों के मात्रकों को **मूल मात्रक** (fundamental units) कहते हैं।
- इस अन्तर्राष्ट्रीय मानक पद्धति में सात मूल राशियां (मात्रक) रखे गये है। इन मूल मात्रकों से अन्य व्युत्पन्न मात्रक जैसे आयतन, घनत्व, वेग आदि प्राप्त किये जा सकते हैं। मूल राशियों के SI मात्रक सारणी 1.1 से 1.3 में दिये गये हैं।

सारणी 1.1 SI मूल मात्रक

भौतिक राशि/प्रतीक	SI मात्रक	प्रतीक
समय (t)	सैकण्ड	s
द्रव्यमान (m)	किलोग्राम	kg
लम्बाई (l)	मीटर	m
विधुत धारा (I)	ऐम्पीयर	A
ज्योति तीव्रता (I_v)	कैण्डेला	Cd
ऊष्मागतिक ताप (T)	केल्विन	K
पदार्थ की मात्रा (n)	मोल	mol

सारणी 1.2 : SI पद्धति में प्रयुक्त पूर्वलग्न

मान	नाम	प्रतीक	मान	नाम	प्रतीक
10	डेका	da	10^{-1}	डेसी	d
10^2	हेक्टो	h	10^{-2}	सेन्टी	c
10^3	किलो	k	10^{-3}	मिली	m
10^6	मेगा	M	10^{-6}	माइक्रो	μ
10^9	गीगा	G	10^{-9}	नैनो	n
10^{12}	टेरा	T	10^{-12}	पिको	p
10^{15}	पेटा	P	10^{-15}	फेम्टो	f
10^{18}	एक्सा	E	10^{-18}	एट्टो	a

सारणी 1.3 SI मूल मात्रकों की परिभाषाएँ

मात्रक	इकाई	परिभाषा
लम्बाई	मीटर	प्रकाश द्वारा निर्वात् में एक सैकण्ड के $\frac{1}{299792458}$ समय अंतराल में तय किए गए पथ की लम्बाई एक मीटर है।
द्रव्यमान	किलोग्राम	किलोग्राम द्रव्यमान का मात्रक है। यह अंतर्राष्ट्रीय मानक किलोग्राम द्रव्यमान के बराबर है।
समय	सैकण्ड	एक सैकण्ड सीजियम-133 परमाणु की मूल अवस्था के दो अतिसूक्ष्म स्तरों के बीच होने वाले संक्रमण के संगत विकिरण के 91 92 63 770 आवर्तों की अवधि है।
विद्युतधारा	ऐम्पियर	एक ऐम्पियर वह स्थिर विद्युत है जो निर्वात में 1 मीटर की दूरी पर स्थित दो अनंत लम्बाई वाले समान्तर एवं नगण्य अनुप्रस्थ काट वाले चालकों के बीच प्रवाहित होने पर 2×10^{-7} न्यूटन प्रति मीटर लम्बाई का बल उत्पन्न करती है।

उष्मागतिक तापक्रम	केल्विन	केल्विन ऊष्मागतिक ताप का मात्रक है जो, जल के त्रिक बिन्दु के ऊष्मागतिक ताप का $\frac{1}{273.16}$ वाँ भाग होता है।
पदार्थ की मात्रा	मोल	1. मोल किसी निकाय में पदार्थ की वह मात्रा है जिसमें मूल कणों (Elementary particles) की संख्या मात्रक उतनी ही होती है जितनी 0.012 Kg कार्बन-12 में उपस्थित परमाणुओं की संख्या। इसके संकेत मोल (mol) हैं। 2. जल बोल का प्रयोग किया जाता है, तब मूल कणों को इंगित a करना चाहिए कि ये परमाणु, अणु, आयन, इलेक्ट्रॉन अथवा अन्य कणों के विशिष्ट समूह हो सकते है।
दीप्त-तीव्रता	केन्डेला	केन्डेला किसी दी गई दिशा में 540×10^{12} हर्ट्ज आवृति वाले स्त्रोत की ज्योति-तीव्रता है, जो उस दिशा में $\frac{1}{683}$ वाट प्रति स्टेरेडियन की विकिरण-तीव्रता का एक वर्गीय प्रकाश उत्सर्जित करता है।

- इन पूर्वलग्नों का रसायन शास्त्र में बहुत उपयोग होता है, क्योंकि दो परमाणु के बीच की दूरी को प्रदर्शित करना हो तो उसे नैनों तथा पिकोमीटर में लिखा जाता है कुछ तीव्र रासायनिक अभिक्रियाएं नैनों सैकण्ड तथा फेम्टों सैकण्ड में सम्पन्न होती है।
- आधुनिक कम्प्यूटर एक नैनों सैकण्ड में दस अंकों वाली दो संख्याओं की जोड़ कर देता है।
- व्युत्पन्न मात्रक ज्ञात करने हेतु मात्रकों का इस प्रकार गुणा या भाग किया जा सकता है जैसे वे बीजगणितीय राशियाँ हो। जैसे 20 ग्राम में 2 ग्राम का भाग देने पर पर प्राप्त राशि मात्रक विहीन होगी क्योंकि मात्रक आपस में कट जाऐंगे (20g/ 2g = 10) इसी प्रकार आयतन का मात्रक m^3 तथा घनत्व का मात्रक kgm^{-3} भी व्युत्पन्न मात्रक है।
- द्रवों और गैसों के आयतन लिटर (L) में अभिव्यक्त किये जाते है। यहाँ 1L पूरे 1000 सेमी^{3} या 1 dm^3 के बराबर होता है।
- ऊर्जा और आवेश के मात्रकों के प्रतीकों को बड़े अक्षरों से दर्शाया गया है क्योंकि जूल और कूलॉम वैज्ञानिकों के नाम है।
- भारत में मापन के मानकों की देखभाल हेतु राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला (एन. पी.एल. - नेशनल फिजिकल लैबोरेट्री) में प्रयोग निर्धारित किए जाते है।

1.4.2 मात्रक तथा विमीय विश्लेषण (Units and Dimensional Analysis)

- गणनाओं के लिये जो आंकड़े दिये होते हैं, यह आवश्यक नहीं है कि वे सभी मात्रकों की एक ही पद्धति में हो। अतः कभी-कभी मात्रकों को एक पद्धति से दूसरी पद्धति में परिवर्तित करना होता है। इस परिवर्तन के लिये जिस तकनीक का प्रयोग किया जाता है, **विमीय विश्लेषण अथवा इकाई गुणक विधि** (Unit factor Method) **अथवा गुणक लेबल विधि** (Factor Label Method) कहलाती है।
- इसके अन्तर्गत प्रत्येक राशि को अंक एवं इकाई सहित लिखा जाता है तथा पूरी गणना के दौरान इकाईयों को साथ में लिखते हुए इस प्रकार गणना करनी होती है जैसे कि ये इकाईयां बीजगणितीय राशियां है।
- इस इकाई गुणक से गुणा करने की पद्धति में रूपान्तरण गुणक से संख्या को गुणा करके इच्छित परिणाम प्राप्त किए जाते हैं।

उदा. $1A^\circ = 10^{-10}$ मीटर

$$\text{इकाई गुणक } 1 = \left[\frac{10^{-10}\text{ मीटर}}{1A^\circ}\right]$$

माना कि 0.75Å को पिकोमीटर में रूपान्तरित करना है तो

$$0.75\text{Å} = 0.75\text{Å} \times \left[\frac{10^{-10}\text{ मीटर}}{1A^\circ}\right] = 0.75 \times 10^{-10}\text{ मीटर}$$

अब $1pm = 10^{-12}$ मीटर या

$$\frac{1pm}{10^{-12}\text{ मीटर}}$$

$$\text{इसलिए } 0.75 \times 10^{-10}\text{ मीटर} = 0.75 \times 10^{-10}\text{ मीटर} \times \frac{1pm}{10^{-12}\text{ मीटर}}$$

$= 7.5 \times 10pm$

$= 75\ pm$

इस विधि को निम्न उदाहरणों द्वारा समझा जा सकता है।

उदा.14. 2 दिनों में कितने सेकिण्ड (s) होते हैं ?

हल- हमें ज्ञात है कि 1 दिन = 24 घंटे

$$\text{या} \quad \frac{1\text{ दिन}}{24\text{ घण्टे}} = 1 = \frac{24\text{ घण्टे}}{1\text{ दिन}}$$

इसी प्रकार 1 घंटा = 60 मिनट

$$\text{या} \quad \frac{1\text{ घंटा}}{60\text{ मिनिट}} = 1 = \frac{60\text{मिनिट}}{1\text{ घंटा}}$$

इसी प्रकार 1 मिनट = 60 से.

$$\text{या} \quad \frac{1\text{ मिनिट}}{60\text{ सेकण्ड}} = 1 = \frac{60\text{सेकण्ड}}{1\text{ मिनिट}}$$

उपरोक्त सभी अनुपात 1 के बराबर हैं अतः इन्हें **इकाई गुणांक** (Unit Factor) कहते हैं। इन इकाई गुणांकों का गुणा यदि किसी संख्या से किया जाए तो वह संख्या परिवर्तित नहीं होगी।

अतः ऊपर दिये गये 2 दिन को इन इकाई गुणांक से गुणा करके सेकिण्ड में परिवर्तित किया जा सकता है।

$$2\text{ दिन} = 2\text{ दिन} \times \frac{24\text{ घण्टे}}{1\text{ दिन}} \times \frac{60\text{मिनिट}}{1\text{ घंटा}} \times \frac{60\text{सेकण्ड}}{1\text{ मिनिट}}$$

= 172800 सेकण्ड

उदा. 15. 200 पाउण्ड (Pounds lb) को किलोग्राम (kg) में परिवर्तित कीजिए।

हल- हमें ज्ञात है कि

$1 kg = 2.205 lb$

या $\frac{1kg}{2.205lb} = \frac{2.205lb}{1kg}$

अत: $\frac{1kg}{2.205lb}$ तथा $\frac{2.205lb}{1kg}$ इकाई गुणांक है।

$200 lb = 200 lb \times \frac{1kg}{2.205 lb}$

$= 90.7 kg$

उदा.16. 4 लीटर जल के आयतन को मीटर³ (m^3) में परिवर्तित कीजिए।

हल- 1 लीटर (L) $= 1000 cm^3$

$1 m = 100 cm$

या $\frac{1m}{100cm} = \frac{100cm}{1m}$

इन इकाई गुणांकों से m^3 प्राप्त करने के लिये इनका धन (cube) लेना होगा।

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

अब $4 L = 4 \times 1000 cm^3$

$= 4 \times 1000 cm^3 \times \frac{1m^3}{10^6 cm^3}$

$= 4 \times 10^{-3} m^3$

उदा.17. एक भारतीय पुरुष की औसत ऊँचाई 5 फीट 6 इंच होती है इसे मीटर (m) में व्यक्त कीजिए।

हल- $1 inch = 2.54 cm$

या $\frac{1 inch}{2.54 cm} = 1 = \frac{2.54cm}{1 inch}$

इसी प्रकार $1 m = 100 cm$

$\frac{1 m}{100cm} = 1 = \frac{100 cm}{1 m}$

दी हुई ऊँचाई = 5 फीट 6 इंच = 66 inch

66 inch को इकाई गुणांक से गुणा करने पर

5 फीट 6 इंच = 66 इंच

$$66\ inch \times \frac{2.54cm}{1inch} \times \frac{1m}{100\ cm} = 1.68m$$

1.5 रासायनिक संयोग के नियम (Laws of Chemical Combination)

- रसायनज्ञों ने रासायनिक परिवर्तनों के मात्रात्मक अध्ययनों के आधार पर निम्न नियम प्रस्तुत किये जिन्हें रासायनिक संयोजन के नियम कहते हैं।

1.5.1 द्रव्यमान संरक्षण का नियम (Law of Conservation of Mass)

- यह नियम फ्रान्स के रसायनज्ञ (Antoine Lavoisier) ए. लावूसिए ने दिया। [1789]
- यह नियम रासायनिक अभिक्रिया में क्रियाकारक व क्रियाफल पदार्थों की मात्राओं के बारे में बताता है।
- इस नियम के अनुसार, **"सभी भौतिक व रासायनिक परिवर्तनों में क्रिया में भाग लेने वाले सभी पदार्थों के कुल द्रव्यमान क्रिया के पश्चात् बनने वाले सभी पदार्थों के कुल द्रव्यमान के बराबर होता है।"**
- अत: इस आधार पर हम कह सकते हैं कि **ना तो पदार्थ नष्ट होता है ना ही पदार्थ को उत्पन्न किया जा सकता है।**
- निम्न प्रयोग उपरोक्त नियम की व्याख्या को सिद्ध करते हैं—

(a) जब किसी पदार्थ की भौतिक अवस्था बदलती है—

- हम एक फ्लास्क में बर्फ (ठोस) का टुकड़ा लेते हैं इसे अच्छी तरह कार्क करके तोलते हैं।
- अब फ्लास्क को गर्म करते हैं तो बर्फ पिघल कर जल में (द्रव) बदल जाती है।

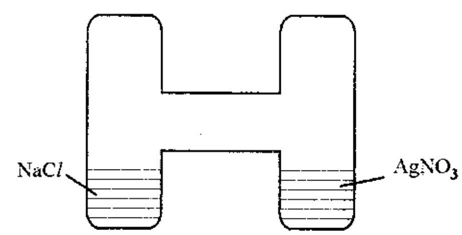
$$\text{बर्फ (ठोस)} \xrightarrow{\text{गर्म}} \text{जल (द्रव)}$$

- अब फ्लास्क को पुन: तोलते हैं तो यह पाया गया कि इसका द्रव्यमान पहले वाले द्रव्यमान के तुल्य ही था।

नोट-अत: किसी भी पदार्थ के भौतिक परिवर्तन पर द्रव्यमान में कोई भी परिवर्तन नहीं होता।

(b) जब कोई पदार्थ रासायनिक परिवर्तन में भाग लें—

- वैज्ञानिक लेण्डोल्ट ने NaCl व $AgNO_3$ दोनों विलयनों को लेण्डोल्ट ट्यूब की दोनों भुजाओं में लिये।



चित्र 1.1 लेण्डोल्ट ट्यूब

- भुजाओं को कोर्क के द्वारा अच्छी तरह बन्द करके ट्यूब को तोल लिया गया। इसके बाद दोनों विलयनों को आपस में मिश्रित कराया गया।
- AgCl का सफेद अवक्षेप प्राप्त हुआ।

$NaCl (aq) + AgNO_3 (aq) \rightarrow AgCl \downarrow + NaNO_3(aq)$

- उपरोक्त अभिक्रिया के पश्चात् ट्यूब का पुन: द्रव्यमान लिया गया, तो यह पाया गया कि इसके द्रव्यमान में कोई परिवर्तन नहीं हुआ। उपरोक्त दोनों प्रयोगों द्वारा द्रव्यमान संरक्षण नियम सिद्ध होता है।

उदा.18. 5.85 ग्राम NaCl विलयन को कितने ग्राम $AgNO_3$ के साथ मिलाया जाये कि 14.35 ग्राम AgCl व 8.5 ग्राम $NaNO_3$ प्राप्त हो सके, यदि द्रव्यमान संरक्षण नियम सत्य हो।

हल— $AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl + NaNO_3$

x g 5.85 g. 14.35g 8.5 g

द्रव्यमान संरक्षण नियम के अनुसार,

$$x + 5.85 = 14.35 + 8.5$$
$$= 14.35 + 8.5 - 5.85 = 17.0 \text{ g}$$

उदा. 19. यदि 4.2 ग्राम $NaHCO_3$ को 10.0 ग्राम CH_3COOH विलयन में मिलाया गया तो 2.2 ग्राम CO_2 वायुमण्डल में चली गयी और 12.0 ग्राम अवशेष प्राप्त हुआ बताइये कि द्रव्यमान संरक्षण नियम सत्य है।

हल— $NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2\uparrow$

अवशेष

4.2 g 10.0 g 12.0 g 2.2 g

क्रियाकारक पदार्थों का कुल द्रव्यमान = क्रियाफल पदार्थों का कुल द्रव्यमान

$$4.2 + 10.0 = 12.0 + 2.2$$
$$14.2 = 14.2$$

अत: उक्त अभिक्रिया द्रव्यमान संरक्षण नियम के अनुकूल है।

उदा.20. 100 g $CaCO_3$ को गर्म करने पर 56g CaO तथा 44gm CO_2 प्राप्त हुई। सिद्ध कीजिए कि आंकड़े द्रव्यमान संरक्षण के नियम के अनुरूप है।

हल– $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$

अभिकारक का द्रव्यमान = 100 g

उत्पादों का द्रव्यमान = 56 + 44

= 100 g

अत: आंकड़े द्रव्यमान संरक्षण के नियम के अनुरूप है।

1.5.2 स्थिर संघटन का नियम या स्थिर अनुपात का नियम

- यह नियम फ्रांस के **जोसेफ प्राउस्ट** से 1799 में प्रस्तुत किया।
- यह नियम किसी यौगिक में उपस्थित तत्वों के द्रव्यमानों पर आधारित है।
- इस नियम के अनुसार **"किसी शुद्ध यौगिक के नमूने में तत्वों के द्रव्यमान का अनुपात स्थिर रहता है चाहे यौगिक किसी भी विधि या स्रोत से प्राप्त किया गया हो।"**

(a) उदाहरण के लिये— शुद्ध जल को हम किसी भी श्रोत से (कुआ, नदी, झील या समुद्र) प्राप्त करे लेकिन यह हाइड्रोजन व ऑक्सीजन तत्वों से बना होगा और इन तत्वों के द्रव्यमानों में हमेशा 1:8 का अनुपात होगा।

(b) शुद्ध CO_2 को हम निम्न में किसी भी विधि द्वारा प्राप्त करें, प्रत्येक में C व oxygen तत्व उपस्थित होते हैं व इनके द्रव्यमानों में हमेशा 12 : 32 या 3 : 8 का अनुपात होगा।

(i) लाइम स्टोन $[CaCO_3]$ को गर्म करने पर

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

(ii) कोयले को हवा में जलाने पर

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

(iii) संगमरमर पर तनु HCl की क्रिया कराने पर।

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

उदा.21. 6.488 ग्राम सीसा 1.002 ग्राम ऑक्सीजन से क्रिया कराने पर लैड परऑक्साइड (PbO_2) प्राप्त होता है। लैड परऑक्साइड को हम लैड नाइट्रेट को गर्म करके भी प्राप्त किया जा सकता है जिसमें 13.38% ऑक्सीजन है। उपरोक्त सूचनायें स्थिर संघटन नियम को सिद्ध करते हैं।

हल— प्रथम प्रयोग में ऑक्सीजन की % मात्रा ज्ञात करते हैं।

लैड परऑक्साइड का द्रव्यमान

6.488 + 1.002 = 7.490 ग्राम

∵ 7.49 ग्राम लैड परऑक्साइड में 1.002 ग्राम O_2 है।

∴ 100 ग्राम लैड परऑक्साइड में $= \frac{1.002}{7.49} \times 100$

$= 13.38\%$

O_2 की प्रतिशतता = 13.38%

दूसरे प्रयोग में Oxygen की % मात्रा 13.38% है। जो प्रथम प्रयोग में Oxygen की % मात्रा के समतुल्य है अत: **स्थिर संघटन नियम** की सत्यता सिद्ध होती है।

1.5.3 गुणित अनुपात का नियम

- यह नियम वैज्ञानिक **डाल्टन** ने 1803 में दिया तथा **बर्जीलियस** द्वारा सत्यापित किया गया।
- इस नियम के अनुसार, **"जब दो तत्व आपस में मिलकर एक से अधिक यौगिक बनाते हैं तब एक तत्व के द्रव्यमानों, जो दूसरे तत्व के निश्चित द्रव्यमान से संयोग करते हैं, में एक सरल अनुपात होता है।"**
- उपरोक्त नियम को निम्न प्रयोग द्वारा समझाया जा सकता है।

(a) C व O के यौगिक—

- जब कार्बन व ऑक्सीजन दो तत्व आपस में संयोग करते हैं तो दो यौगिक CO व CO_2 प्राप्त होते हैं।

यौगिक	CO	CO_2
C	12 g	12 g
O	16 g	32 g

- उपरोक्त दोनों यौगिकों में C की निश्चित मात्रा [12g] से Oxygen की 16 व 32 g से क्रिया करते हैं अत: Oxygen की विभिन्न द्रव्यमानों में 1:2 का एक सरल अनुपात है।

(b) N व O के यौगिक—

तत्व नाइट्रोजन व ऑक्सीजन आपस में संयोजन करके पांच ऑक्साइड बनाते हैं जो नाइट्रस ऑक्साइड (N_2O), नाइट्रिक ऑक्साइड (NO), नाइट्रोजन ट्राइऑक्साइड (N_2O_3), नाइट्रोजन ट्रेटाऑक्साइड (N_2O_4) एवं नाइट्रोजन पेन्टाऑक्साइड (N_2O_5) है।

यौगिक	N_2O	NO	N_2O_3	N_2O_4	N_2O_5
N	28g	28 g	28g	28g	28g
O	16g	32g	48g	64 g	80g

- उपरोक्त पाँचों ऑक्साइड में Nitrogen की निश्चित मात्रा [28g], ऑक्सीजन की विभिन्न द्रव्यमानों से [16, 32, 48, 64 व 80g] करते हैं अत: ऑक्सीजन की विभिन्न मात्रा में एक सरल अनुपात है। 1:2:3:4:5 इसी को गुणित अनुपात का नियम कहते हैं।

(c) H और O के यौगिक—

- हाइड्रोजन ऑक्सीजन के साथ संयोजन करके दो यौगिक जल और हाइड्रोजन परॉक्साइड बनाती है।

$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$
2g 16g 18g
$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O_2$
2g 32g 34 g

- हाइड्रोजन के एक निश्चित द्रव्यमान (2g) से क्रिया करने वाली ऑक्सीजन के द्रव्यमान क्रमश: 16 और 32 हैं। जो कि एक सरल अनुपात 16.32 या 1:2 में हैं।

(d) इसी प्रकार अमोनिया (NH_3) और हाइड्रेजीन (N_2H_4) में नाइट्रोजन में नाइट्रोजन की नियत मात्राओं के साथ संयोजित होने वाली हाइड्रोजन की मात्राओं में 3:2 का सरल अनुपात है।

उदा.22. कार्बन दो प्रकार के ऑक्साइड बनाता है जिनमें क्रमश: 42.8% व 27.27% कार्बन उपस्थित है। सिद्ध कीजिये कि ये प्रेक्षण गुणित अनुपात नियम को सिद्ध करते हैं।

हल— कार्बन के दोनों ऑक्साइड में Carbon व Oxygen की निम्न % मात्रायें हैं।

	प्रथम ऑक्साइड	द्वितीय ऑक्साइड
C →	42.8%	27.27%
O →	57.2%	72.73%

- उपरोक्त दोनों ऑक्साइड में ऑक्सीजन की निश्चित मात्रा से क्रिया करने वाले कार्बन की मात्रायें ज्ञात करते हैं।

प्रथम ऑक्साइड में—

∵ 57.2 g Oxygen से 42.8 g C संयोग करता है।

$\therefore$ 1 g Oxygen से = $\frac{42.8}{57.2} = 0.748$ g

∵ 72.73 g Oxygen से 27.27 g C संयोग करता है।

$\therefore$ 1 g Oxygen से = $\frac{27.27}{72.73} = 0.375$ g

- उपरोक्त दोनों ऑक्साइड में C की विभिन्न मात्राओं में (0.748 : 0.375) एक सरल अनुपात 2:1 है।

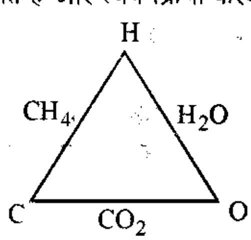
अत: उपरोक्त प्रश्न गुणित अनुपात नियम को सिद्ध करता है।

1.5.4 व्युत्क्रम अनुपात का नियम अथवा तुल्य अनुपात का नियम

- यह नियम रिचटर (Richter) ने सन् 1792 में दिया था।
- इस नियम के अनुसार, **जब दो विभिन्न तत्व तीसरे तत्व के एक निश्चित द्रव्यमान से अलग-अलग क्रिया करते हैं तो उनके द्रव्यमानों में अनुपात या तो समान होता है, या उसका कोई पूर्ण गुणज होता है, जिसमें कि वे संयोजन करते हैं।**

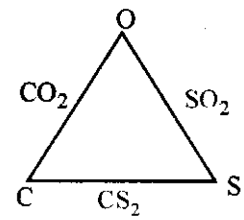
इस नियम को निम्न उदाहरणों द्वारा समझाया जा सकता है।

(a) तत्व C और O तीसरे तत्व H से अलग-अलग क्रिया करके CH_4 और H_2O बनाते हैं और स्वयं क्रिया करके CO_2 बनाते हैं।



- CH_4 में C के 12 भार भाग H के 4 भार भाग से क्रिया करते हैं।
- H_2O में H के 2 भार भाग O के 16 भार भाग से क्रिया करते हैं। या H के 4 भार भाग O के 32 भार भाग से क्रिया करते हैं।
- इस प्रकार C और O के भार भाग जो H के निश्चित भार भाग 4 से क्रिया करता है, का अनुपात 12:32 या 3:8 है।
- CO_2 में C और O के भार भागों का अनुपात भी 12:32 या 3:4 है। अत: उपरोक्त उदाहरण **व्युत्क्रम अनुपात के नियम की पुष्टि करता है।**

(b) C और S एक तीसरे तत्व O से अलग-अलग क्रिया करके CO_2 और SO_2 बनाते हैं, और स्वयं क्रिया करके CS_2 बनाते हैं।



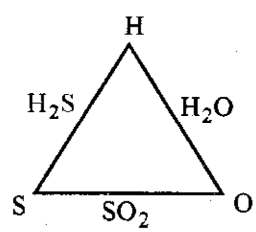
- CO_2 में C के 12g. O के 32 g से क्रिया करते हैं।
- SO_2 में S के 32g. O के 32 g से क्रिया करते हैं।
- इस प्रकार O के निश्चित द्रव्यमान 32g से क्रिया करने वाले C और S के द्रव्यमानों का अनुपात 12:32 या 3:8 है।
- CS_2 में C के 12g. S के 64 g से क्रिया करते हैं जिसका अनुपात 12:64 या 3:16 है।
- ये दोनों अनुपात एक दूसरे से निम्न प्रकार सम्बन्धित है—

$$\frac{3}{8} : \frac{3}{16} = 2:1$$

इस प्रकार सिद्ध होता है कि दोनों के अनुपात एक दूसरे के पूर्ण गुणज है।

SO_2 में S और O का अनुपात 32:32 अर्थात् 1:1 है। यहाँ प्राप्त दो अनुपात 2:1 तथा 1:1 आपस में सरल गुणक अनुपात है। अर्थात्

$\frac{2}{1} : \frac{1}{1}$ या 2:1



इसी प्रकार यदि S और O मिलकर SO_2 बनाए तो इसमें S और O का अनुपात 32:48 या 2:3 है। पहला अनुपात 2:1 तथा इस अनुपात 2:3 में परस्पर सरल गुणक अनुपात है क्योंकि $\frac{2}{1} : \frac{2}{3}$ या 3:1 है।

इस नियम को तुल्य अनुपात के नियम के रूप में इस प्रकार परिभाषित किया जाता है।

"विभिन्न तत्व एक दूसरे से अपने तुल्यांक द्रव्यमान (Equivalent mass) या उनके पूर्णांक गुणज (Simple whole number multiple) के अनुपात में क्रिया करते हैं।"

1.5.5 गे-लुसाक का गैसीय आयतन सम्बन्धित नियम

- सन् 1808 में फ्रांस के वैज्ञानिक गे-लुसाक ने गैसों को रासायनिक अभिक्रियाओं के अध्ययन के आधार पर प्रतिपादित किया।
- इस नियम के अनुसार, "**समान ताप व दाब पर रासायनिक अभिक्रियाओं में क्रियाकारक एवं क्रियाफलों के आयतन परस्पर छोटी पूर्ण संख्याओं के अनुपात में रहते हैं। इसे ही आयतन के निश्चित अनुपात का नियम कहते हैं।**

अथवा

समान ताप और दाब पर गैसें सदैव सरल अनुपात में संयोग करती है और उत्पाद भी यदि गैस हो तो उनका आयतन भी क्रियाकारी गैसों के आयतन के सरल अनुपात में होगा।

- उपरोक्त नियम को निम्न प्रयोगों द्वारा समझाया जा सकता है—

(a) H_2 व Cl_2 का संयोग—

एक आयतन H_2 का व एक आयतन Cl_2 का संयोग करने पर 2 आयतन HCl बनाते हैं।

$H_{2(g)}$	+	$Cl_{2(g)}$	→	$2HCl_{(g)}$
1 आयतन		1 आयतन		2 आयतन
अथवा 50mL		50 mL		100 mL

अत: अभिकारकों का अनुपात 1:1 है जो कि सरल अनुपात है। इसी प्रकार अभिकारक और उत्पाद भी सरल अनुपात दर्शाते हैं।

$$H_2 : Cl_2 : HCl = 1 : 1 : 2$$

(b) N_2 व H_2 का संयोग—

N_2 का एक आयतन H_2 के तीन आयतन से संयोग करके NH_3 के 2 आयतन बनाते हैं।

$N_2(g)$	+	$3H_{2(g)}$	→	$2NH_{3(g)}$
1 आयतन		3 आयतन		2 आयतन
100 mL		300 mL		200 mL

N_2 और H_2 एक सरल अनुपात 100 : 300 अर्थात् 1:3 में हैं। अभिकारक और उत्पाद तीनों ही गैसीय अवस्था में है अत:

$$N_2 : H_2 : NH_3 = 1 : 3 : 2$$

1.6 डॉल्टन का परमाणु सिद्धान्त [Dalton's Atomic Theory]

हम रासायनिक संयोग के बहुत से नियमों का अध्ययन कर चुके हैं। इन नियमों का सैद्धांतिक प्रमाण जॉन डाल्टन (John Dalton) ने दिया। इन्होंने एक सिद्धान्त प्रतिपादित किया जिसे डाल्टन का परमाणु सिद्धान्त कहते हैं। यह सिद्धान्त सन् 1808 में सामने आया। इस सिद्धान्त के विभिन्न बिन्दु निम्नलिखित हैं।

(i) द्रव्य बहुत छोटे-छोटे अविभाज्य कणों से मिलकर बना है, जिन्हें परमाणु कहते हैं।

(ii) एक तत्व के सभी परमाणु समान होते हैं, अर्थात् उनकी आकृति, आकार, द्रव्यमान आदि सभी गुण धर्म समान होते हैं, जबकि भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणु द्रव्यमान, आकृति, आकार आदि भिन्न-भिन्न होते हैं।

(iii) एक से अधिक तत्वों के परमाणु निश्चित अनुपात में संयोजन करके यौगिक बनाते हैं।

(iv) परमाणुओं को किसी रासायनिक अभिक्रिया अथवा भौतिक परिवर्तन द्वारा न तो बनाया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है। रासायनिक अभिक्रिया में परमाणु पुनर्व्यवस्थित होते हैं।

सिद्धान्त की सीमाएँ (Limitations of the Theory)

डाल्टन का परमाणु सिद्धान्त रासायनिक संयोग के बहुत से नियमों को समझाने में सफल रहा सिवाय गैलुसाक के आयतनों के संयोग के नियम को। हॉलांकि इस सिद्धान्त की कुछ सीमाएँ हैं जो कि निम्नलिखित हैं:

1. परमाणु को अविभाज्य कण के रूप में नहीं रखा जा सकता क्योंकि यह उप परमाण्वीय कणों-इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन में विभाज्य है।
2. समस्थानिकों की उपस्थिति के कारण एक ही तत्व के भिन्न-भिन्न द्रव्यमान हो सकते हैं।
3. भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणु द्रव्यमान भी समान हो सकते हैं। उदाहरण ^{40}Ca तथा ^{40}Ar
4. परमाणु को अनश्वर नहीं माना जा सकता। कई नाभिकीय अभिक्रियाओं में नाभिक α, β, γ किरणों के रूप में ऊर्जा का क्षय करता है।
5. परमाणु सदैव निश्चित सरल अनुपात में नहीं संयोजित होते हैं। उदाहरण शर्करा अणु ($C_{12}H_{22}O_{11}$) में C: H :O क्रमश: 12:22:11 के अनुपात में है जो पूर्णांक है परन्तु सरल अनुपात नहीं है।
6. यह रासायनिक संयोग के उन नियमों को समझता है जो द्रव्यमान पर आधारित हैं, आयतन पर आधारित नहीं हैं। अत: यह गैलुसाक के नियम को नहीं समझाता।
7. यह सिद्धान्त ये समझाने में असफल रहा कि भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणु उनके द्रव्यमान, आयतन तथा संयोजकता में भिन्न क्यों होते हैं।
8. यह सिद्धान्त यह नहीं समझा सका कि एक तथा भिन्न तत्वों के परमाणु आपस में संयोग कर अणु किस प्रकार बनाते हैं।
9. यह सिद्धान्त यह समझाने में असफल रहा कि परमाणु तथा अणु को बांधे रखने वाले बल की प्रकृति क्या है, जिससे पदार्थ तीन अवस्थाओं, ठोस, द्रव तथा गैस में पाया जाता है।
10. यह परमाणु तथा अणु के बीच में कोई फर्क नहीं कर पाया।

1.7 आवोगाद्रो की परिकल्पना

- सन् 1811 में इतावली रसायनज्ञ **ऐमिडियो आवोगाद्रों** ने यह परिकल्पना दी थी।
- इसके अनुसार- **ताप व दाब की समान परिस्थितियों में गैसों के समान आयतन में अणुओं की संख्या समान होती है।**

आवागाद्रो परिकल्पना के आधार पर परमाणु और अणु में विभेद किया जा सकता है।

परमाणु-किसी तत्व का वह छोटे से छोटा कण जो रासायनिक अभिक्रिया में भाग ले सकता है, **परमाणु कहलाता** है। परमाणु का स्वतन्त्र अस्तित्व हो भी सकता है, और नहीं भी हो सकता है।

अणु-किसी पदार्थ का वह छोटे से छोटा कण जिसका स्वतन्त्र अस्तित्व होता है, उस पदार्थ का अणु कहलाता है। पदार्थ तत्व अथवा यौगिक कुछ भी हो सकता है।

आवोगाद्रो परिकल्पना के अनेक उपयोग हैं, जिनमें से कुछ को यहाँ समझाया गया है।

1.7.1 आवोगाद्रो परिकल्पना के उपयोग

1. गैसीय तत्वों की परमाणुकता ज्ञात करने में (To Determine the Atomaticity of Elementary Gases)

परमाणुकता— किसी पदार्थ के एक अणु में उपस्थित परमाणुओं की संख्या ही उसके **परमाणुकता** कहलाती है। उदाहरण-हाइड्रोजन गैस द्विपरमाणुक होती है- सिद्ध करना।

1 आयतन हाइड्रोजन + 1 आयतन क्लोरीन = 2 आयतन हाइड्रोजन क्लोराइड

- उपरोक्त तीनों गैसें समान ताप व दाब पर हैं। इसलिये आवोगाद्रो के नियमानुसार इनके एक आयतनों में उपस्थित अणुओं की संख्या भी समान होगी।
- माना कि एक आयतन में उपस्थित अणुओं की संख्या n है। तो n अणु हाइड्रोजन + n अणु क्लोरीन = 2n अणु हाइड्रोजन क्लोराइड
  n = 1 रखने पर
  1 अणु हाइड्रोजन + 1 अणु क्लोरीन = 2 अणु हाइड्रोजन क्लोराइड
  ½ अणु हाइड्रोजन + ½ अणु क्लोरीन = 1 अणु हाइड्रोजन क्लोराइड
- अर्थात् हाइड्रोजन क्लोराइड का एक अणु, हाइड्रोजन के आधे अणु व क्लोरीन के आधे अणु से मिलकर बनता है। विभिन्न अध्ययनों से ज्ञात हुआ है कि हाइड्रोजन क्लोराइड (हाइड्रोक्लोरिक अम्ल) एक क्षारीय अम्ल (Mono Basic Acid) है।
  ∴ हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के एक अणु में एक ही हाइड्रोजन परमाणु होता है।
  अत: ½ अणु हाइड्रोजन = 1 परमाणु हाइड्रोजन
  1 अणु हाइड्रोजन = 2 परमाणु हाइड्रोजन
  अर्थात् हाइड्रोजन की **परमाणुकता** दो होती है।
- इसी प्रकार क्लोरीन, नाइट्रोजन, ऑक्सीजन इत्यादि गैसें भी द्विपरमाणुक होती हैं।

2. किसी अणु का अणुसूत्र ज्ञात करने में—

- इसी प्रकार यह सिद्ध किया जा सतका है कि जल का अणुसूत्र H_2O होता है।
  हाइड्रोजन + ऑक्सीजन = जल वाष्प
  $$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$
  प्रयोगों से सिद्ध हुआ है कि दो आयतन हाइड्रोजन व एक आयतन ऑक्सीजन के संयोग से दो आयतन जल वाष्प प्राप्त होती है।
  उपरोक्त पर आवोगाद्रो नियम लगाने पर
  2 आयतन हाइड्रोजन + 1 आयतन ऑक्सीजन = 2 आयतन जलवाष्प
  2n अणु हाइड्रोजन + n अणु ऑक्सीजन = 2n अणु जलवाष्प
  n = 1 रखने पर
  2 अणु हाइड्रोजन + 1 अणु ऑक्सीजन = 2 अणु जलवाष्प
  1 अणु हाइड्रोजन + ½ अणु ऑक्सीजन = 1 अणु जलवाष्प

∴ एक अणु जलवाष्प में ½ अणु ऑक्सीजन व 1 अणु हाइड्रोजन होते हैं। चूंकि हाइड्रोजन व ऑक्सीजन दोनों द्विपरमाणुक हैं अत: जलवाष्प का सूत्र H_2O होगा।

अन्य विधि— माना जल का सरल सूत्र $(H_2O) \times n$ है

∴ अणुभार = 18 n

परन्तु जल का अणुभार = 18

∴ 18n = 18 या n = 1

इसलिये जल का अणुसूत्र H_2O ही होगा।

3. गैलूसैक के आयतन संबंधी नियम की व्याख्या करने में (To Explain Gay Lussac's Law of Combining Volumes)

आवोगाद्रो के नियमानुसार ताप व दाब समान होने पर विभिन्न गैसों के समान आयतनों में अणुओं की संख्या समान होती हैं।

जब ये गैसें क्रिया करेंगी तो इनके अणुओं में जो अनुपात होगा वही अनुपात इनके आयतनों में भी होगा। अत: यह एक सरल अनुपात ही होगा। जो कि गैलूसैक का आयतन संबंधी नियम के अनुरूप है।

4. डाल्टन के परमाणुवाद को दृढ़ करने में

- आवोगाद्रो के नियम से डाल्टन के परमाणुवाद की पुष्टि होती है। इसका संशोधित रूप निम्न हैं—
- समस्त तत्व व यौगिक अणुओं से मिलकर बने होते हैं और अणु स्वयं परमाणुओं से बने होते हैं।
- तत्व के अणु एक ही प्रकार के परमाणुओं और यौगिक के अणु भिन्न प्रकार के परमाणुओं से मिलकर बने होते है।
- परमाणु स्वतंत्र अवस्था में नहीं रहता है किन्तु यह रासायनिक क्रिया में भाग लेता है। रासायनिक क्रिया में भाग लेने वाले पदार्थों के अणु परमाणुओं में विभाजित हो जाते हैं जो फिर क्रिया कर लेते हैं।

5. गैसों के वाष्प घनत्व तथा उनके अणु भार में सम्बन्ध स्थापित करने में (अणुभार = 2 × वाष्प घनत्व)—

- जिस प्रकार गैस व द्रव पदार्थों का आपेक्षिक घनत्व जल से तुलना करके ज्ञात किया जाता है उसी प्रकार गैसों का आपेक्षिक घनत्व हाइड्रोजन के घनत्व से तुलना करके ज्ञात किया जाता है। गैसों के आपेक्षिक घनत्व को वाष्प घनत्व कहते हैं। यह गैस और हाइड्रोजन के समान आयतनों के द्रव्यमानों का अनुपात होता है, जबकि दोनों गैसें एक ही ताप व दाब पर हैं।

$$\text{वाष्प घनत्व} = \frac{\text{गैस के किसी आयतन का द्रव्यमान}}{\text{समान दाब व ताप पर हाइड्रोजन के उतने ही आयतन का द्रव्यमान}}$$

आवोगाद्रो के नियम से, माना गैस के निश्चित आयतन में n अणु हैं, तो

$$\text{वाष्प घनत्व} = \frac{\text{गैस के n अणुओं का द्रव्यमान}}{\text{समान दाब व ताप पर हाइड्रोजन के n अणुओं का द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{\text{गैस के 1 अणु का द्रव्यमान}}{\text{समान दाब व ताप पर हाइड्रोजन के 2 परमाणुओं का द्रव्यमान}}$$

(चूंकि हाइड्रोजन द्वि-परमाणुक है)

$$= \frac{\text{गैस के 1 अणु का द्रव्यमान}}{2 \times \text{हाइड्रोजन के 1 परमाणु का द्रव्यमान}} \quad \text{....(i)}$$

$$\text{किन्तु गैस का अणुभार} = \frac{\text{गैस के 1 अणु का द्रव्यमान}}{\text{हाइड्रोजन के 1 परमाणु का द्रव्यमान}} \quad \text{....(ii)}$$

समीकरण (i) में (ii) का मान रखने पर,

$$\text{गैस का वाष्प घनत्व} = \frac{\text{अणुभार}}{2}$$

या अणुभार = 2 × वाष्प घनत्व

- अतः किसी गैस या वाष्प का अणुभार उसके वाष्प घनत्व का दुगुना होता है। आधुनिक खोजों के आधार पर यह ज्ञात हुआ है कि हाइड्रोजन का परमाणु भार 1.008 और अणुभार 2.016 है।
- अतः उपर्युक्त सम्बन्ध का संशोधित रूप निम्नलिखित हो जाता है–

  अणुभार = 2.016 × वाष्प घनत्व

6. गैसों का आयतन-भार संबंध-

- आवोगाद्रो परिकल्पना के द्वारा यह सिद्ध किया जा सकता है कि सामान्य ताप (273K) एवं दाब (1 वायुमण्डल या 760 मिमी) पर किसी गैस का ग्राम अणुक आयतन (ग्राम अणुभार का आयतन) 22.4 लीटर होता है। मानक ताप तथा दाब (STP) अथवा मा. ता. दा. जोकि सामान्य ताप एवं दाब (NTP) पर एक लीटर हाइड्रोजन का भार 0.09 ग्राम होता है। अतः गैस का वाष्प घनत्व निम्न प्रकार से होगा–

$$= \frac{\text{मा. ता. दा. पर गैस अथवा वाष्प के 1 लीटर का भार}}{\text{मा.ता.दा. पर हाइड्रोजन के 1 लीटर का भार}}$$

$$= \frac{\text{मा. ता. दा. पर गैस के 1 लीटर का भार}}{0.09} \quad \text{.....[समी. 1]}$$

$$\text{हम जानते हैं वाष्प घनत्व} = \frac{\text{गैस का अणुभार}}{\text{हाइड्रोजन का अणुभार}}$$

$$= \frac{\text{गैस का अणुभार}}{2.016} \quad \text{.....[समी. 2]}$$

समी. (1) व (2) से-

$$\frac{\text{मा. ता. दा. पर गैस के 1 लीटर का भार}}{0.09} = \frac{\text{गैस का अणुभार}}{2.016}$$

यदि गैस का अणुभार M हो तो

$$\frac{\text{मा. ता. दा. पर गैस के 1 लीटर का भार}}{0.09} = \frac{M}{2.016}$$

$$\therefore \text{मा. ताप एवं दाब पर गैस के 1 लीटर का भार} = \frac{M}{2.016} \times 0.09$$

$$\therefore \text{मा. ताप एवं दाब पर } \frac{M}{2.016} \times 0.09 \text{ ग्राम गैस का आयतन} = 1 \text{ लीटर}$$

$$\therefore \text{मा. ता. दा पर 1 ग्राम गैस का आयतन} = \frac{2.016}{M \times 0.09} \text{ लीटर}$$

अतः मा.ता.दा पर M ग्राम गैस का आयतन होगा–

$$= \frac{2.016}{M \times 0.09} \times M \text{ लीटर}$$

= 22.4 लीटर

= 22400 मि.ली.

- अतः आवोगाद्रो की परिकल्पना के आधार पर यह सिद्ध होता है कि मा.ता. दाब पर किसी गैस के एक ग्राम अणुभार का आयतन 22.4 लीटर या 22400 मिली. होता है। यह आयतन ग्राम अणु आयतन (GMV) कहलाता है।
- मा.ता.दा. पर 22.4 लीटर गैस का भार = गैस का ग्राम में अणुभार उपरोक्त संबंध की सहायता से प्रायोगिक स्तर पर किसी गैस के निश्चित आयतन का (ज्ञात ताप एवं दाब पर) भार ज्ञात कर उसे मा.ता.दा. पर परिवर्तन करने पर गैस का अणुभार ज्ञात कर सकते हैं।

7. गैसों के रासायनिक सूत्र व्युत्पन्न करना-

- आवोगाद्रो परिकल्पना का उपयोग गैस अणु का संघटन (Composition) एवं सूत्र ज्ञात करने में भी किया जाता है। जैसे अमोनिया का अणुसूत्र ज्ञात करना हो तो नाइट्रोजन और हाइड्रोजन की अभिक्रिया पर आवोगाद्रो परिकल्पना को लागू करने पर

नाइट्रोजन + हाइड्रोजन → अमोनिया

1 आयतन 2 आयतन 2 आयतन

प्रायोगिक परिणामों से ज्ञात है कि

	n अणु	3n अणु	2अणु
या	1 अणु	3 अणु	2 अणु (यदि n = 1 हो तो)
या	2 परमाणु	6 परमाणु	2 अणु
या	1 परमाणु	3 परमाणु	1 अणु

अर्थात् अमोनिया के 1 अणु में नाइट्रोजन का एक परमाणु एवं हाइड्रोजन के तीन परमाणु विद्यमान है अतः अमोनिया का अणुसूत्र NH_3 होगा।

8. तत्त्वों के परमाणु भारों का निर्धारण-

- आवोगाद्रो परिकल्पना का एक महत्वपूर्ण उपयोग परमाणुओं के द्रव्यमान निर्धारण में रहा है। इटली के रसायनज्ञ केनीजरों (Cannizaro) ने आवोगाद्रों, गैलूसेक नियमों एवं वाष्प घनत्वों के आंकडों का उपयोग कई परमाणुओं के सापेक्ष द्रव्यमान (Relative Masses) ज्ञात करने में किया।
- इस प्रक्रिया में संदर्भ (reference) के रूप में हाइड्रोजन परमाणु के द्रव्यमान को 1 इकाई द्रव्यमान स्वैच्छिक(arbitrary) माना गया है कि बाद में ऑक्सीजन के परमाणु को 16 इकाई द्रव्यमान मानकर अन्य परमाणुओं के द्रव्यमानों का इसके सापेक्ष परिकलन किया गया।
- वर्तमान में (1961 से) परमाणु द्रव्यमान का पैमाना कार्बन- 12 परमाणु के द्रव्यमान-12000 इकाई को संदर्भ मान के रूप में स्वीकार किया गया है। वर्तमान में परमाणु के द्रव्यमान का सही निर्धारण द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमीटर (Mass spectrometer) नामक उपकरण से किया जाता है।
- अतः वर्तमान में सभी तत्त्वों के परमाणु भार, कार्बन-12 (परमाणु भार- 12000 मानकर) के सापेक्ष परमाणु द्रव्यमान (relative atomic masses) ही है क्योंकि परमाणु का द्रव्यमान का निरपेक्ष (absolute) द्रव्यमान ज्ञात नहीं किया जा सकता और यदि परोक्ष विधि से ज्ञात किया जाऐ तो हाइड्रोजन परमाणु का द्रव्यमान 1.66×10^{-24} ग्राम प्राप्त होता है।
- जो कि इतना कम है कि गणना के लिए असुविधाजनक रहता है।

- अत: जब हम कहते है कि हाइड्रोजन का एक परमाणु का द्रव्यमान 1.008 a.m.u. (atomic mass unit) तो इसका अर्थ हुआ कि हाइड्रोजन का एक परमाणु कार्बन (कार्बन-12) परमाणु के 1/12 द्रव्यमान से 1.008 गुना भारती है। जब परमाणु के दव्यमान को ग्राम में प्रदर्शित करते है तो वह ग्राम परमाणु भार कहलाता है।
- परन्तु यह स्पष्ट होना चाहिए कि एक परमाणु के द्रव्यमान और ग्राम परमाणु भार में अन्तर हैं। जैसे एक ऑक्सीजन परमाणु का द्रव्यमान 2.66×10^{-23} ग्राम है, जबकि ग्राम परमाणु भार 16.00 ग्राम है।
- कैनीजरो ने आवोगाद्रो की परिकल्पना का उपयोग कर बताया कि किसी तत्त्व के 1 ग्राम परमाणु भार में परमाणुओं की एक निश्चित संख्या होगी।
- उस संख्या को आवोगाद्रो संख्या (N_A) कहा गया है। जिसका मान कई विधियों द्वारा ज्ञात किया गया और सदैव एक स्थिर मान प्राप्त हुआ जो कि 6.023×10^{23} है।
- सर्वप्रथम 1903 में इस संख्या का मान रदरफोर्ड नामक वैज्ञानिक ने प्राप्त किया था। इसे N_A द्वारा अभिव्यक्त किया जाता है। अत: हम कह सकते है कि – हाइड्रोजन के 1 ग्राम परमाणु भार = 1.008 ग्राम H हाइड्रोजन के N_A परमाणु
- इसी प्रकार हीलियम परमाणु के 1 ग्राम परमाणु भार = 4.003 ग्राम He = हीलियम के N_A परमाणु
- उपरोक्त संदर्भ में यदि N_A का मान ज्ञात हो तो तत्त्व के परमाणु का वास्तविक (यथार्थ) द्रव्यमान आसानी से ज्ञात किया जा सकता है।
- परमाणु द्रव्यमानों के परिकलन से आण्विक द्रव्यमानों का परिकलन भी आसानी से किया जा सकता है। इसके लिए अणु में प्रयुक्त प्रत्येक परमाणु के द्रव्यमानों का योग किया जाता है।

1.8 मोल अवधारणा एवं आवोगाद्रो संख्या

1. परमाणुओं और अणुओं का आकार बहुत ही छोटा होता है परन्तु पदार्थ की थोड़ी सी मात्रा में इनकी संख्या बहुत अधिक होती है।
2. इनकी संख्या को प्रदर्शित करने के लिये मोल धारणा को प्रयोग में लिया गया है। मोल को एक इकाई माना गया है।
3. मोल शब्द वर्ष 1896 में **W. Ostwald** द्वारा लैटिन शब्द मोल्स् (Moles) से प्रतिपादित किया, शाब्दिक अर्थ होता है ढ़ेर (heap or pile)
4. वर्ष 1967 में मोल शब्द को रसायन की मात्रा की अन्तर्राष्ट्रीय SI मात्रक हेतु स्वीकार किया गया।
5. **मोल की परिभाषा**-(a) मोल किसी तत्व अथवा यौगिक की वह मात्रा है जिसका द्रव्यामन उसके ग्राम परमाणु द्रव्यमान अथवा ग्राम अणु द्रव्यमान के बराबर हो।

   (b) किसी पदार्थ का एक मोल उसकी वह मात्रा है, जिसमें उतने ही कण उपस्थित होते हैं, जितने कि C–12 समस्थानिक के 12g (या 0.012kg) में परमाणुओं की संख्या होती है।

   (c) मोल किसी गैसीय पदार्थ की वह मात्रा है जिसमें उसका 22.4L अथवा 22400ml आयतन उपस्थित हो। इसे मोलर आयतन कहते हैं और ग्राम में व्यक्त करने को ग्राम मोलर आयतन कहा जाता है।

- पदार्थ कोई भी हो उसके 1 मोल में कणों की संख्या समान होती है। उदाहरण के लिये 1 मोल Na में परमाणुओं की संख्या अथवा CO_2 में अणुओं की संख्या अथवा 1 मोल NH_3 में अणुओं की संख्या अथवा 1 मोल ग्लूकोस ($C_6H_{12}O_6$) में अणुओं की संख्या समान होगी।
- एक मोल में कणों (परमाणु, अणु अथवा आयन) की संख्या निर्धारित करने के लिये C–12 परमाणु के द्रव्यमान को द्रव्यमान स्पेक्ट्रममापी (mass spectrometer) द्वारा ज्ञात किया गया है। C–12 परमाणु का द्रव्यमान 1.992648×10^{-23} g है। कार्बन के एक मोल परमाणुओं का द्रव्यमान 12g होता है। अत: एक मोल कार्बन में परमाणुओं की संख्या

$$= \frac{12g}{1.992648 \times 10^{-23}}$$

$$= 6.0221367 \times 10^{23} \text{ परमाणु/मोल}$$

- इस संख्या को आवोगाद्रो संख्या कहते हैं। और इसे N_A द्वारा व्यक्त किया जाता है। जैसा कि पहले बताया गया है, कि प्रत्येक पदार्थ के 1 मोल में कणों (परमाणु, अणु अथवा आयन) की संख्या समान होती है, अत:

  1 मोल Na में परमाणुओं की संख्या = 6.022×10^{23}

  1 मोल CO_2 में अणुओं की संख्या = 6.022×10^{23}

  1 मोल H_2O में अणुओं की संख्या = 6.022×10^{23}

  1 मोल NaCl = NaCl की 6.022×10^{23} सूत्र इकाइयाँ

  मोल अवधारणा पर आधाति आंकिक प्रश्नों हेतु कुछ महत्वपूर्ण सूत्र (Formula) निम्न हैं–

(a) ग्राम द्रव्यमान को मोल में बदलना–

$$\text{मोल की संख्या} = \frac{\text{पदार्थ की ग्राम मात्रा}}{\text{पदार्थ का ग्राम मोलर द्रव्यमान}} = n = \frac{m}{M}$$

(b) मोल को ग्राम द्रव्यमान में बदलना–

पदार्थ का ग्राम द्रव्यमान = मोल की संख्या × पदार्थ का ग्रम मोलर द्रव्यमान

(c) उपस्थित मोल मात्रा को परमाणु की संख्या में बदलना–

परमाणु की संख्या = मोल संख्या × आवोगाद्रो संख्या

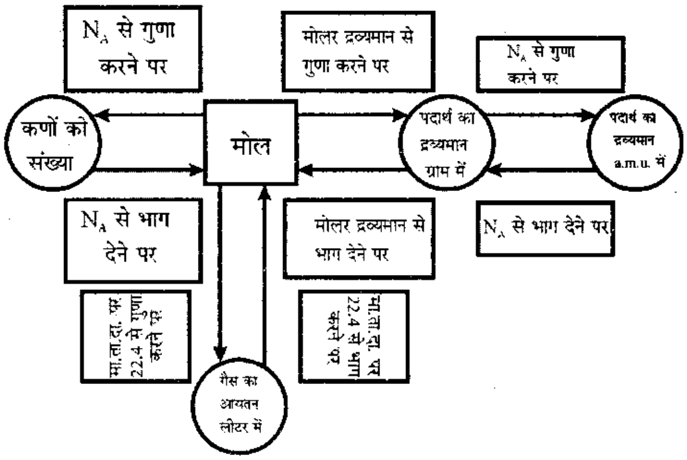
$$N = n \times N_A$$

(d) दिये गये परमाणु अथवा अणु की संख्या को मोल में बदलना–

$$\text{मोल संख्या} = \frac{\text{उपस्थित परमाणु अथवा अणु की संख्या}}{\text{आवोगाद्रो संख्या}}$$

$$n = \frac{N}{N_A}$$

1.8.1 मोल अवधारणा का महत्त्व
(Importance of Mole Concept)



उपयोगिताएं निम्न है–

(i) पदार्थ के दिए हुए द्रव्यमान में उपस्थित कणों की संख्या ज्ञात कर सकते हैं। इसके लिए परमाणुओं या अणुओं की संख्या = (दिया हुआ द्रव्यमान/मोलर द्रव्यमान) $\times 6.023\times10^{23}$। यहाँ मोलर द्रव्यमान का अर्थ स्थिति के अनुसार ग्राम परमाणुभार या ग्राम अणुभार है।

(ii) आवोगाद्रो के नियम की आधुनिक परिभाषा मोल अवधारणा से यह बनती है कि नियत ताप और दाब पर किसी गैस आयतन मोल की संख्या (या उपस्थित गैस के अणुओं की संख्या) के समानुपाती होता है अर्थात् $V \propto n$ (n गैस की मोल संख्या है)।

(iii) पदार्थ के एक कण का वास्तविक (absolute) द्रव्यमान ज्ञात कर सकते है। एक परमाणु या एक अणु का द्रव्यमान = पदार्थ का ग्रा. परमाणु भार या ग्राम अणुभार/ 6.023×10^{23}

(iv) गैस के एक अणु का आयतन ज्ञात करने में मोल अवधारणा का उपयोग है। अतः एक कण का आयतन $=\dfrac{22.4}{6.023\times10^{23}}$ लीटर (मा.ता.दा. पर)

कुछ सांख्यिक उदाहरणों द्वारा मोल अवधारणा की उपयोगिता हम समझ सकते हैं।

पाठ्यपुस्तक उदाहरण

उदा.1 2.2 ग्राम कार्बन डाइऑक्साइड में कितने मोल होंगे।

हल– CO_2 का अणुभार $= 12 + (2 \times 16) = 44$

हम जानते है कि 1 मोल CO_2 = 1 ग्राम अणुभार = 44 ग्राम

अतः 44 ग्राम CO_2 में उपस्थित है 1 मोल

$\because$ 1 ग्राम CO_2 में उपस्थित होंगे 1/44

$\therefore$ 2.2 ग्राम CO_2 में उपस्थित होंगे $(1/44) \times 2.2 = 0.05$ मोल

उदा.2 पानी की एक बूंद जिनका द्रव्यमान 0.05 ग्राम है, में उपस्थित अणुओं की संख्या बताइये। यदि (H = 1, O = 16)

हल– हम जानते हैं कि H_2O का अणुभार = 18.0 ग्राम

मोल अवधारणानुसार,

चूंकि 18.0 ग्राम H_2O में उपस्थित है $= 6.023\times10^{23}$ अणु

1 ग्राम H_2O में उपस्थित होंगे $=\dfrac{6.023\times10^{23}}{18}$

0.05 ग्राम H_2O में उपस्थित होंगे $=\dfrac{6.023\times10^{23}}{18}\times0.05$

$= 1.672\times10^{21}$ अणु

उदा.3 यदि किसी गैस के 94.5 मि.ली. का द्रव्यमान मा. ता.दा. पर 0.2231 ग्राम है तो गैस का अणुभार ज्ञात करो।

हल– हम जानते है कि गैस का घनत्व

$=\dfrac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}}=\dfrac{0.2231\text{ ग्रा.}}{94.5\text{ मि.ली.}}$

मोलर द्रव्यमान = मोलर आयतन × घनत्व

अब मोलर आयतन = 22.4 लीटर = 22.4 × 1000 मि.ली.

अतः अणुभार $=\dfrac{22.4\times1000\times0.2231}{94.5}=52.9$

2. आवोगाद्रो परिकल्पना के अनुसार (मोल अवधारणा पर आधारित) समान ताप और दाब पर किसी गैस का आयतन उसमें उपस्थित मोल मात्रा के समानुपाती होता है।

i.e. $V \propto n$ (n = गैस के मोलों की संख्या)

3. किसी पदार्थ में उपस्थित कण की निश्चित द्रव्यमान को ज्ञात किया जा सकता है।

परमाणु अथवा अणु का द्रव्यमान $=\dfrac{\text{ग्राम परमाणु द्रव्यमान अथवा ग्राम अणु द्रव्यमान}}{6.0220\times10^{23}}$

4. मोल अवधारणा का उपयोग किसी गैस के एक अणु के आयतन को भी ज्ञात करने में किया जा सकता है।

कण का आयतन $=\dfrac{22.4}{6.022\times10^{23}}$ लीटर (मा.ता.दा. पर)

मोलर द्रव्यमान (Molar Mass)

- किसी पदार्थ के एक मोल के द्रव्यमान को ग्राम में व्यक्त किया जाये तो वह उसका मोलर द्रव्यमान कहलाता है।
- ग्राम में व्यक्त मोलर द्रव्यमान संख्यात्मक रूप में परमाणु द्रव्यमान/आण्विक द्रव्यमान/ सूत्र द्रव्यमान के बराबर होता है।
- अतः Na का मोलर द्रव्यमान = 23 g

  जल का मोलर द्रव्यमान = 18.02g

  NaCl का मोलर द्रव्यमान = 58.5g

  H_2SO_4 का मोलर द्रव्यमान = 98g

मोलों की संख्या $=\dfrac{\text{द्रव्यमान ग्राम में}}{\text{मोलर द्रव्यमान}}$

उदा 23. 20g ग्लूकोस में मोलों की संख्या

हल– $=\dfrac{20g}{180g}=0.111$ मोल

ग्लूकोस का मोलर द्रव्यमान = 180g

मोल संकल्पना को समझने के लिये कुछ संख्यात्मक प्रश्न

उदा.24. आवोगाद्रो संख्या जितने रुपये, 10 लाख रुपये प्रति सैकण्ड की दर से खर्च करने में कितने वर्ष लगेंगे ?

हल— आवोगाद्रो संख्या = 6.022×10^{23}

$\because$ 10 लाख रुपये खर्च होते हैं 1 सैकण्ड में

$\therefore$ 6.022×10^{23} रुपये खर्च होंगे = $= \frac{6.022 \times 10^{23}}{1000000}$ s में

सैकण्डों को वर्ष में बदलने पर

$= \frac{6.022 \times 10^{23} s}{1000000} \times \frac{1 min}{60 s} \times \frac{1 h}{60 min} \times \frac{1 day}{24 h} \times \frac{1 y}{365 day}$ वर्ष

$= 1.91 \times 10^{10}$ years

उदा.25. 200mg CO_2 से 10^{21} अणु अलग कर देने पर इसमें बची मोल मात्रा ज्ञात कीजिए।

हल— CO_2 का अणु द्रव्यमान = $12 + 36 = 44$ u

200 mg = 0.2 ग्राम

44 gm CO_2 में उपस्थित अणुओं की संख्या = 6.022×10^{23}

0.2 gm CO_2 में अणुओं की संख्या होगी

$= \frac{6.022 \times 10^{23}}{44} \times 0.2$

$= 0.0273 \times 10^{23} = 2.73 \times 10^{21} = 2.73 \times 10^{21}$

यदि 10^{21} अणु हटा दिये जाये तो बचे हुए अणुओं की संख्या

$= 1.73 \times 10^{21}$ अणु

$\because$ 6.022×10^{23} अणु में = 1 मोल

$\therefore$ 1.73×10^{21} अणु में $= \frac{1}{6.022 \times 10^{23}} \times 1.73 \times 10^{21}$

= 0.0028 मोल

उदा.26. 0.32 ग्राम मेथेन में मोलों की संख्या.......... है तथा अणुओं की संख्या .... है।

हल— मोल संख्या = $\frac{.32}{16} = .02$ मोल (CH_4 का मोलर द्रव्यमान = 16g mol^{-1})

अणुओं की संख्या 1 मोल में होती है = 6.022×10^{23}

$\therefore$ .02 मोल में अणु संख्या = $6.022 \times 10^{23} \times .02$

$= 1.2 \times 10^{22}$ अणु

उदा.27. पादपों में हरित लवण (क्लोरोफिल) में Mg 2.68% (भार से) उपस्थित है। 2.00 ग्राम क्लोरोफिल में उपस्थित Mg परमाणुओं की संख्या बताइये।

हल— 2gm क्लोरोफिल में उपस्थित Mg का द्रव्यमान =

$\frac{2.68}{100} \times 2.0 = 0.054$ ग्राम

$\because$ 6.022×10^{23} Mg परमाणु = 24 ग्राम Mg

$\therefore$ 0.054 ग्राम Mg = $\frac{6.022 \times 10^{23}}{24} \times 0.054$

$= 1.354 \times 10^{21}$

अतः उपस्थित Mg परमाणुओं की संख्या = 1.354×10^{21}

उदा.28. 0.1 मोल CO_2 में कितने ग्राम CO_2 उपस्थित हैं ?

हल— 1 मोल $CO_2 = 12 + 2 \times 16$

= 44 ग्राम

0.1 मोल $CO_2 = 0.1 \times 44$

= 4.4 ग्राम

उदा.29. 71.0 ग्राम Na_2SO_4 में उपस्थित संघटक परमाणुओं की संख्या ज्ञात कीजिए।

हल— Na_2SO_4 का 1 मोल = $(2 \times 23) + (1 \times 32) + (4 \times 16) = 142$ gm

142 ग्राम Na_2SO_4 = 1 मोल Na_2SO_4

71 ग्राम $Na_2SO_4 = \frac{1}{142} \times 71 = 0.5$ मोल Na_2SO_4

Na_2SO_4 के सूत्र से स्पष्ट है-

1 मोल Na_2SO_4 में 2 मोल Na^+ आयन, 1 मोल S परमाणु तथा 4 मोल O परमाणु है-

0.5 मोल Na_2SO_4 में 1 मोल Na^- आयन, 0.5 मोल S परमाणु तथा 2 मोल O परमाणु होंगे।

1 मोल परमाणु अथवा आयन की संख्या = 6.022×10^{23}

1 मोल Na^+ आयन = 6.022×10^{23} Na^+ आयन

0.5 मोल S परमाणु = $0.5 \times 6.022 \times 10^{23}$

$= 3.011 \times 10^{23}$ S परमाणु

2 मोल O परमाणु = $2 \times 6.022 \times 10^{23}$

$= 12.044 \times 10^{23}$ O परमाणु

उदा.30. 5.75 ग्राम सोडियम में मोल संख्या ज्ञात कीजिये।

(सोडियम का परमाणु द्रव्यमान = 23 amu)

हल— 1 मोल परमाणु = ग्राम परमाणु द्रव्यमान

= 23 ग्राम

$\because$ 23 ग्राम सोडियम = 1 मोल सोडियम

$\therefore$ 5.75 ग्राम सोडियम = $\frac{5.75}{23}$ मोल सोडियम

= 0.25 मोल

उदा.31. यदि मा.ता. दाब पर किसी गैस के 94.5 ml आयतन का द्रव्यमान 0.2231 ग्राम है तो गैस का अणुभार ज्ञात कीजिए।

हल— गैस का घनत्व = $\frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}} = \frac{0.2231\ gm}{94.5\ ml}$

मोलर आयतन = 22.4 लीटर = 22400mL

मोलर द्रव्यमान = मोलर आयतन × घनत्व

अणुभार = $\frac{22.4 \times 1000 \times 0.2231}{94.5} = 52.9 \approx 53$

उदा.32. द्रव मर्करी का घनत्व 13.6 ग्राम सेमी.$^{-3}$ है। एक लीटर धातु में मर्करी के कितने मोल उपस्थित हैं ?

हल— मर्करी का द्रव्यमान = घनत्व × आयतन

$= 13.6 \times 1000$

= 13600 ग्राम

मर्करी की मोल संख्या

$= \frac{\text{मर्करी का द्रव्यमान ग्राम में}}{\text{मर्करी का ग्राम परमाणु द्रव्यमान}}$

$= \frac{13600}{200} = 68$ मोल

उदा.33. 20 ग्राम कैल्शियम कार्बोनेट ($CaCO_3$) में उपस्थित प्रोटॉन की संख्या ज्ञात कीजिए।

हल– $CaCO_3$ का मोलर द्रव्यमान $= 40 + 12 + 48 = 100$

100 ग्राम $CaCO_3 = 6.022 \times 10^{23}$ अणु

20 ग्राम $CaCO_3 = \frac{6.022 \times 10^{23}}{100} \times 20$

$= 12.044 \times 10^{22}$ अणु

$CaCO_3$ के 1 अणु में उप. प्रोटॉन की संख्या = 50

12.044×10^{22} अणु में उपस्थित प्रोटौन की संख्या

$= 50 \times 12.044 \times 10^{22}$

$= 6.02 \times 10^{24}$

उदा.34. एक तत्व M के एक परमाणु का द्रव्यमान 3.15×10^{-23} ग्राम है। इसका परमाणु द्रव्यमान क्या होगा ? संभावित तत्व M कौनसा है?

हल— ग्राम परमाणु द्रव्यमान

$= 6.022 \times 10^{23}$ परमाणुओं का द्रव्यमान

$= 6.022 \times 10^{23} \times 3.15 \times 10^{-23}$

$= 6.022 \times 3.15$

$= 18.9693$ ग्राम

अत: तत्व फ्लुओरीन होना चाहिये।

उदा.35. 1 लीटर जल में उपस्थित अणुओं की संख्या ज्ञात कीजिए। साथ ही जल के एक अणु द्वारा घेरे गये आयतन को परिकलित कीजिए। (जल का घनत्व = $1 g\, cm^{-3}$)

हल– जल का 1L = 1000 mL

1000 mL जल का द्रव्यमान = आयतन × घनत्व

$= 1000 mL \times 1 g\, mL^{-1}$

$= 1000 g$

1000 ग्राम जल में उप. मोल संख्या= $\frac{m}{M} = \frac{1000}{18} = 55.55$ मोल

अणुओं की संख्या N $= n \times N_0$

$= 55.55 \times 6.022 \times 10^{23}$

$= 3.345 \times 10^{25}$ अणु

प्रत्येक अणु के आयतन की गणना

द्रव्यमान = आयतन × घनत्व

आयतन $= \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{घनत्व}} = 18$ mL

6.022×10^{23} अणुओं द्वारा घेरा गया आयतन $= 18 cm^3$

1 अणु द्वारा घेरा गया आयतन $= \frac{18}{6.022 \times 10^{23}} = 3 \times 10^{-23} cm^3$

उदा.36. 107.1 ग्राम गन्धक में उसके कितने मोल उपस्थित होते हैं ? (गन्धक का अणुसूत्र S_8 तथा परमाणु द्रव्यमान = 32u)

हल— गन्धक का मोलर द्रव्यमान $= 8 \times 32$

$= 256$ ग्राम

अत: गन्धक के मोल $= \frac{S_8 \text{ का द्रव्यमान ग्राम में}}{S_8 \text{ का मोलर द्रव्यमान}}$

$= \frac{107.1}{256}$

$= 0.418$ मोल

उदा.37. 100gm सोडियम तथा 100gm आयरन तत्व में उपस्थित परमाणुओं की तुलना कीजिए तथा बताइए कि किसमें अधिक परमाणु अधिक है। दोनों का अन्तर भी बताइए।

हल– (i) 100 gm Na में परमाणुओं की गणना

$$n = \frac{m}{M} = \frac{100gm}{23\,gm\,mol^{-1}} = \frac{100}{23} mol$$

Na परमाणु $= n \times N_0 = \frac{100}{23}$ मोल $\times 6.022 \times 10^{23}$ परमाणु मोल$^{-1}$

$= 2.62 \times 10^{24}$ परमाणु

(ii) 100 gm Fe में परमाणुओं की गणना

$$n = \frac{m}{M} = \frac{100gm}{56\,gm\,mol^{-1}} = \frac{100}{56} mol$$

Fe परमाणु $= n \times N_0 = \frac{100}{56}$ मोल $\times 6.022 \times 10^{23}$ परमाणु मोल

$= 1.075 \times 10^{24}$ परमाणु

दोनों तत्वों में उपस्थित परमाणुओं का अन्तर

$(2.62 \times 10^{24} - 1.075 \times 10^{24}) = 1.54 \times 10^{24}$

1.9 प्रतिशत संघटन् मूलानुपाती सूत्र एवं अणु सूत्र (Percentage composition, Empirical formula and molecular formula)

- यौगिक का प्रतिशत संघटन् तत्व का इसके 100 भाग में द्रव्यमान है।
- दूसरे शब्दों में दिये गये यौगिक में उपस्थित किसी तत्व की प्रतिशत का अर्थ है कि यौगिक के 100g में उस तत्व के कितने ग्राम उपस्थित हैं। ज्ञात यौगिकों के लिये प्रतिशत संघटन् निम्न प्रकार परिकलित करते हैं। तत्त्व का द्रव्यमान प्रतिशत

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

तत्व की % मात्रा $= \frac{\text{यौगिक में तत्व का द्रव्यमान}}{\text{यौगिक का मोलर द्रव्यमान}} \times 100$

उदाहरण के लिये मैथेन (CH_4) में कार्बन और हाइड्रोजन की प्रतिशत मात्रा ज्ञात करते हैं। मैथेन का मोलर द्रव्यमान

$= (12.0 + 4 \times 1.008)g$

$= 16.032$ g

मैथेन में कार्बन के 12g और हाइड्रोजन के 4.032g उपस्थित हैं। अत:

$\%C = \frac{12g}{16.032g} \times 100$

$= 74.85\%$

$$\%H = \frac{4.032g}{16.032} \times 100$$
$$= 25.15\%$$

- **एक और उदाहरण ग्लूकोस** का लेते हैं। ग्लूकोस ($C_6H_{12}O_6$) जिसका मोलर द्रव्यमान निकटतम पूर्णांक में 180 g mol^{-1} है में C, H और O की प्रतिशित मात्रायें ज्ञात करनी है ग्लूकोस के 180g में कार्बन के 72g, हाइड्रोजन के 12g और ऑक्सीजन के 96g उपस्थित है। अत:

$$\%C = \frac{72g}{180g} \times 100 = 40\%$$

$$\%H = \frac{12g}{180g} \times 100 = 6.67\%$$

$$\%O = \frac{96g}{180g} \times 100 = 53.33\%$$

इसी प्रकार जल (H_2O) में हाइड्रोजन और ऑक्सीजन की प्रतिशतता और एथिल एल्कोहॉल (C_2H_5OH) में कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन की प्रतिशत ज्ञात कर सकते हैं।

उदा. 38. $KClO_3$ में उपस्थित K, Cl व Oxygen तत्वों की % मात्रायें ज्ञात कीजिये।

हल— $KClO_3$ का मोलर द्रव्यमान = 39 + 35.5 + 48 = 122.5

K की % मात्रा $= \frac{39}{122.5} \times 100 = 31.83\%$

Cl की % मात्रा $= \frac{35.5}{122.5} \times 100 = 28.97\%$

O की% मात्रा $= \frac{48}{122.5} \times 100 = 39.20\%$

1.9.1 यौगिक का मूलानुपाती सूत्र एवं अणु सूत्र ज्ञात करना

- किसी यौगिक का मूलानुपाती सूत्र, यौगिक के एक अणु में उपस्थित सभी परमाणुओं का सरल पूर्णांक अनुपात बताता है।
- किसी यौगिक का अणुसूत्र अणु में उपस्थित प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की वास्तविक संख्या को प्रदर्शित करता है।
- सरलतम अनुपात में परमाणुओं की आपेक्षिक संख्या प्रदर्शित करने वाला रासायनिक सूत्र **मूलानुपाती सूत्र** कहलाता है।
- जैसे H_2O_2 हाइड्रोजन परऑक्साइड का अणुसूत्र है जबकि मूलानुपाती सूत्र OH है।
- इसी प्रकार CH_3COOH ऐसीटिक अम्ल का अणुसूत्र $C_2H_4O_2$ है जबकि मूलानुपाती सूत्र CH_2O है।
- इसी प्रकार बेन्जीन का अणुसूत्र C_6H_6 है जबकि मूलानुपाती सूत्र CH है।
- किसी यौगिक के अणुसूत्र व मूलानुपाती सूत्र के मध्य निम्न सम्बन्ध हैं—

  अणुसूत्र = n × मूलानुपाती सूत्र

  यहां n = पूर्णांक है व इसका मान 1, 2, 3, 4............

$$n = \frac{\text{यौगिक का अणु सूत्र द्रव्यमान}}{\text{यौगिक का मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान}}$$

- किसी यौगिक का मूलानुपाती सूत्र ज्ञात करने के लिये निम्न पदों को प्रयोग में लेते हैं।

पद 1. सर्वप्रथम किसी यौगिक में उपस्थित सभी तत्वों की % मात्राओं को उनके परमाणु द्रव्यमान से भाग देते हैं तो यौगिक के एक अणु में उपस्थित तत्वों की आपेक्षिक संख्या प्राप्त होती है।

पद 2. उपरोक्त पद में प्राप्त सभी आपेक्षिक संख्याओं को सबसे छोटी आपेक्षिक संख्या का भाग देते हैं तथा प्राप्त परिणामों को निकटतम पूर्णांक मान में लाया जाये, यह परमाणुओं का सरलतम अनुपात होता है।

पद 3. पद (2) में प्राप्त परमाणुओं के अनुपात को ध्यान में रखकर मूलानुपाती सूत्र लिखते हैं।

पद 4. मूलानुपाती सूत्र ज्ञात करने के बाद हम मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान ज्ञात करते हैं।

पद 5. इसके बाद मोलर द्रव्यमान ज्ञात करते हैं।

पद 6. इसके बाद हम n का मान ज्ञात करते हैं।

$$n = \frac{\text{मोलर द्रव्यमान}}{\text{मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान}}$$

इसके बाद हम अणुसूत्र ज्ञात करते हैं।

अणुसूत्र = n × मूलानुपाती सूत्र

पाठ्यपुस्तक उदाहरण

उदा. 4. एक कार्बनिक यौगिक का रासायनिक विश्लेषण करने पर C, H और Oxygen तत्वों की उपस्थिति पायी गयी। कार्बन व H की % मात्रायें क्रमशः 40% तथा 6.67% प्राप्त हुआ। यदि यौगिक का मोलर द्रव्यमान 180 g हो तो यौगिक का अणुसूत्र ज्ञात करो।

हल— यौगिक का मूलानुपाती सूत्र निम्न प्रकार ज्ञात करते हैं-

तत्व	तत्व की %	परमाणु द्रव्यमान	आपेक्षिक संख्या	सरलतम परमाणु सं.	मूलानुपाती सूत्र
C	40%	12	$\frac{40}{12} = 3.33$	$\frac{3.33}{3.33} = 1$	
H	6.67%	1	$\frac{6.67}{1} = 6.67$	$\frac{6.67}{3.33} = 2$	CH_2O
O	53.33%	16	$\frac{53.33}{16} = 3.33$	$\frac{3.33}{3.33} = 1$	

अत: यौगिक का मूलानुपाती सूत्र CH_2O है।

अत: यौगिक का मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान = 12 + 2 + 16 = 30g

यौगिक का मोलर द्रव्यमान = 180

$$n = \frac{\text{मोलर द्रव्यमान}}{\text{मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान}} = \frac{180g}{30g} = 6$$

अत: यौगिक का अणुसूत्र $= 6 \times CH_2O = C_6H_{12}O_6$

उदा. 5. एक यौगिक में Na, S, H व Oxygen तत्व उपस्थित है। इन तत्वों की % मात्रायें क्रमश: 14.28%, 9.92%, 6.20% है। यौगिक का अणुसूत्र ज्ञात कीजिये। यौगिक में उपस्थित सभी हाइड्रोजन परमाणु H_2O के रूप में स्थित है। क्रिस्टलीय यौगिक का सूत्र ज्ञात करना यदि इसका मोलर द्रव्यमान 322g हो।

हल—

तत्व	तत्व की % मात्रा	परमाणु द्रव्यमान	आपेक्षिक संख्या	सरलतम परमाणु सं.
Na	14.28%	23	$\frac{14.28}{23}=0.62$	$\frac{0.62}{0.31}=2$
S	9.92%	32	$\frac{9.92}{32}=0.31$	$\frac{0.31}{0.31}=1$
H	6.20%	1	$\frac{6.2}{1}=6.2$	$\frac{6.2}{0.31}=20$
O	69.60	16	$\frac{69.60}{16}=4.35$	$\frac{4.35}{0.31}=14$

- अत: यौगिक का मूलानुपाती सूत्र $Na_2SH_{20}O_{14}$
- मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान $= 23 \times 2 + 32 + 20 + 14 \times 16$
  $= 46 + 32 + 20 + 224 = 322$ g
- यौगिक का मोलर द्रव्यमान = 322 g

$$n = \frac{\text{मोलर द्रव्यमान}}{\text{मूलानुपाती द्रव्यमान}} = \frac{322g}{322g} = 1$$

- यौगिक का अणुसूत्र $Na_2SH_{20}O_{14}$
- क्रिस्टलीय यौगिक का सूत्र $Na_2SO_4 . 10H_2O$

1.10 रासायनिक अभिक्रियाओं की रससमीकरण मिती (Stoichiometry of Chemical Reactions)

- स्टॉइकियोमीट्री एक ग्रीक शब्द है जो दो शब्दों से मिलकर बना है 'स्टॉकियोन' व मेट्रोन इनका अर्थ तत्व व मापना है।
- अत: हम जानते हैं कि एक संतुलित रासायनिक समीकरण में भाग लेने वाले विभिन्न अभिकारकों तथा उत्पादों के मध्य अणुओं, द्रव्यमानों, मोलों तथा आयतनों के सन्दर्भ में मात्रात्मक सम्बन्ध बताती है, इसे **रस समीकरणमिति या स्टॉइकियोमीट्री** कहते हैं।
- संतुलित समीकरण में लिखे गए अंकों को **स्टाइकियोमिट्रिक गुणांक** (Stoichometric coefficients) कहते हैं जो वस्तुत: क्रियाकारकों या उत्पादों के मोल को अभिव्यक्त करते हैं।
- किसी दी गई रासायनिक अभिक्रिया के सन्तुलित रासायनिक समीकरण से क्या जानकारी प्राप्त होती है-समझने के लिये हम निम्न उदाहरण लेते हैं।

  उदा. $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$
- उपर्युक्त अभिक्रिया में CH_4 व O_2 क्रियाकारक पदार्थ है और दोनों गैसीय अवस्था में हैं। CO_2 व H_2O क्रियाफल पदार्थ है और यह भी गैसीय अवस्था में है।
- O_2 और H_2O के लिये गुणांक 2 को स्टॉइकियोमीट्रिक गुणांक कहते हैं इसी प्रकार CH_4 व CO_2 दोनों के लिये गुणांक 1 हैं।
- ये गुणांक अभिक्रिया में भाग ले रहे या बनने वाले अणुओं की संख्या या मोलों की संख्या को व्यक्त करते हैं।
- जैसे उपरोक्त अभिक्रिया में $CH_4(g)$ का 1 मोल $O_2(g)$ के 2 मोलों के साथ अभिक्रिया करके $CO_2(g)$ का 1 मोल व $H_2O(g)$ के दो मोल बनाता है।
- उपरोक्त अभिक्रिया को देखकर हम इस प्रकार भी कह सकते हैं कि $CH_4(g)$ का एक अणु $O_2(g)$ के दो अणुओं के साथ अभिक्रिया करके $CO_2(g)$ का एक अणु ओर $H_2O(g)$ के दो अणु देता है।
- उपरोक्त अभिक्रिया में हम इस प्रकार भी कह सकते हैं कि $CH_4(g)$ के 16g, $O_2(g)$ के 64g के साथ अभिक्रिया कर $CO_2(g)$ के 44g व $H_2O(g)$ के 36g बनाते हैं।
- हम जानते हैं कि किसी भी गैस के 1 मोल का आयतन N.T.P. पर 22.4L होता है।
  [अत: मोल को L में बदलने के लिये, मोल को 22.4 से गुणा करते हैं।]
- हम जानते हैं कि किसी भी गैस के 1 मोल का द्रव्यमान उस गैस के अणुभार के तुल्य होता है।
  [अत: मोल को g में बदलने के लिये, मोल को पदार्थ के अणुभार से गुणा करते हैं]
- किसी पदार्थ के 1 मोल में अणुओं की संख्या निश्चित होती है और यह संख्या 6.022×10^{23} है।
  अत: हम 1 मोल के स्थान पर 1 अणु भी लिख सकते हैं।
  उपरोक्त वर्णन को संक्षेप में इस प्रकार लिखा जा सकता है।

$CH_{4(g)}$	$+ 2O_{2(g)}$	$\rightarrow$	$CO_{2(g)}$	$+ 2H_2O_{(g)}$
1 मोल	2 मोल		1 मोल	2 मोल
16g	2×32g		44 g	2×18g
22.4L	2 × 22.4L		22.4L	2×22.4L
N_A अणु	$2 \times N_A$ अणु		N_A अणु	$2 \times N_A$ अणु

N_A = आवोगाद्रो संख्या $= 6.022 \times 10^{23}$

इसी प्रकार अभिक्रिया–

$2SO_{2(g)}$	$+ O_{2(g)}$	$\rightarrow$	$2SO_{3(g)}$
2 मोल	1 मोल		2 मोल
2 × 64g	32 g		2×80g
2×22.4L	22.4L		2×22.4L
$2 \times N_A$ अणु	N_A अणु		$2 \times N_A$ अणु

सभी आयतन मानक ताप और दाब (NTP) पर हैं। उपरोक्त उपलब्ध आंकड़ों के आधार पर हम रससमीकरण मितीय गणनाओं में आयतन–आयतन सम्बन्ध, द्रव्यमान–आयतन सम्बन्ध और द्रव्यमान–द्रव्यमान सम्बन्ध ज्ञात कर सकते हैं।

उपरोक्त सम्बन्ध ज्ञात करने के लिये हमें निम्न प्रक्रिया अपनाते हैं।

1. सर्वप्रथम हम अभिक्रिया की सन्तुलित रासायनिक समीकरण बनाते हैं।
2. इसके बाद हमें उन पदार्थों को (यौगिकों को/स्पीशीज) के संकेत या सूत्रों को चुनना है जिनके भार/आयतन या तो दे रखे हो या उनकी गणना करनी हो।

3. गणना में शामिल अणुओं तथा परमाणुओं के परमाणु भार/अणुभार/ मोल/ मोलर आयतन लिखते हैं।
4. उपरोक्त तीनों बिन्दुओं के आधार पर सामान्य गणित का प्रयोग कर इच्छित पदार्थ की मात्रा की गणना करते हैं।

Type 1 (a) द्रव्यमान-द्रव्यमान सम्बन्ध [Mass-Mass Relationship]

- इस प्रकार के प्रश्न में एक उत्पाद या अभिक्रिया कारक का द्रव्यमान दिया जाता है व किसी अन्य पदार्थ का द्रव्यमान ज्ञात करना होता है।

उदा.39. 12.35 g $CuCO_3$ को गर्म करने पर प्राप्त कॉपर ऑक्साइड का द्रव्यमान कितना होगा ? [Cu का परमाणु द्रव्यमान = 63.5g]

हल— इस अभिक्रिया की रासायनिक समीकरण इस प्रकार है—

$$CuCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CuO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

1 मोल 1 मोल 1 मोल

123.5g 79.5g 44g

$CuCO_3$ का मोलर द्रव्यमान = 63.5 + 12 + 48 = 123.5 g

CuO का मोलर द्रव्यमान = 63.5 + 16 = 79.5g

उपरोक्त आंकड़ों के अनुसार,

123.5 g कॉपर कार्बोनेट को गर्म करने पर प्राप्त कॉपर ऑक्साइड = 79.5 g

1.0 g कॉपर कार्बोनेट को गर्म करने पर प्राप्त कॉपर = $\frac{79.5}{123.5}g$

∴ 12.35 g कॉपर कार्बोनेट को गर्म करने पर प्राप्त कॉपर ऑक्साइड

$$= \frac{79.5}{123.5} \times 12.35 = 7.95g$$

उदा.40. 200 किलो 95 प्रतिशत शुद्ध चूने के पत्थर ($CaCO_3$) को गर्म करने पर प्राप्त CaO का द्रव्यमान ज्ञात करो ?

हल— **पद 1** : शुद्ध चूने के पत्थर के द्रव्यमान की गणना

100 kg Ca CO_3 में शुद्ध पदार्थ = 95 kg

200 kg $CaCO_3$ में शुद्ध पदार्थ = $\frac{95}{100} \times 200 = 190kg$

पद 2: CaO के द्रव्यमान की गणना:

रासायनिक अभिक्रिया इस प्रकार है:

$$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

1 मोल 1 मोल 1 मोल

100g 56g 44g

समीकरण के अनुसार,

100 g $CaCO_2$ से CaO बनता है = 56g

या 100 kg $CaCO_3$ से CaO बनता है = 56 kg

अतः 190 kg $CaCO_3$ से CaO बनता है = $\frac{56}{100} \times 190kg$

= 106.4 kg

Type 2(b) द्रव्यमान-आयतन सम्बन्ध (Mass - Volume Relationship)

- इस प्रकार के प्रश्न में किसी एक पदार्थ का द्रव्यमान दिया जाता है व किसी अन्य पदार्थ का आयतन पूछा जाता है।

उदा. 41. $KClO_3$ को गर्म करने पर यह KCl तथा O_2 में विभक्त हो जाता है। 0.1 मोल $KClO_3$ द्वारा मुक्त O_2 का N.T.P. पर आयतन कितना होगा ?

हल— $KClO_3$ के विभक्त होने की रासायनिक समीकरण:

$$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$$

2 mol 2 mol 3 mol

(3 × 22.4 = 67.2L)

2 mol $KClO_3$ NTP पर O_2 मुक्त करता है = 67.2 L

1 mol $KClO_3$ NTP पर O_2 मुक्त करता है = $\frac{67.2}{2}L$

0.1 mol $KClO_3$ NTP पर O_2 मुक्त करता है = $\frac{67.2}{2} \times 0.1L = 3.36L$

उदा. 42. 11.2 L CO_2 प्राप्त करने के लिये कितने gm $CaCO_3$ को गर्म करना होगा।

हल—

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

40 + 12 + 48 = 100g 22.4L

∵ 22.4 L CO_2 प्राप्त करने के लिये 100 g $CaCO_3$

∴ 11.2 L CO_2 प्राप्त करने के लिये $= \frac{100}{22.4L} g \times 11.2L$

$= 50g.\ CaCO_3$

Type 3(c) आयतन- आयतन सम्बन्ध (Volume Volume Relationship)

इस प्रकार की समस्याओं में हमें किसी एक पदार्थ का आयतन मिलेगा व किसी अन्य पदार्थ का आयतन हमसे पूछा जायेगा।

उदा. 43. प्रोपेन (C_3H_8) तथा ब्यूटेन (C_4H_{10}) के 3 लीटर का गैसीय मिश्रण 25°C पर पूर्ण दहन करने पर 10 लीटर CO_2 बनाती है। गैसीय मिश्रण का संघटन ज्ञात करो।

हल— मानाकि प्रोपेन का मिश्रण में आयतन = x L

ब्यूटेन का मिश्रण में आयतन = (3 – x) L

अब हम रासायनिक अभिक्रियाओं की सहायता से मुक्त हुई CO_2 के आयतन की गणना करते हैं।

प्रथम पद : x लीटर C_3H_8 द्वारा मुक्त CO_2 के आयतन की गणना:

प्रोपेन के लिए दहन समीकरण:

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$$

1L 3L

1 L C_3H_8 से CO_2 बनती है = 3L

x L C_3H_8 से CO_2 बनती है = 3xL

द्वितीय पद: (3 – x) लीटर C_4H_{10} से मुक्त CO_2 के आयतन की गणना ब्यूटेन के पूर्ण दहन की अभिक्रिया

$$C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(l)}$$

1L 4L

1 L C_4H_{10} द्वारा मुक्त CO_2 = 4L

(3 – x) L C_4H_{10} द्वारा मुक्त CO_2 = 4 × (3 – x) L

तृतीय पद: मिश्रण के संघटन की गणना:

पद I तथा II में बनने वाली CO_2 का कुल आयतन

$= [3x + 4(3-x)] L$

परन्तु वास्तव में मुक्त CO_2 का आयतन = 10 L

अत: $3x + 4(3-x) = 10$

या $3x + 12 - 4x = 10$

या $-x = -2$

या $x = 2$

प्रोपेन का आयतन = 2L

ब्यूटेन का आयतन = (3 − 2) = 1 L

उदा.44. 200 मिली ऐसीटिलीन के पूर्ण दहन के लिए N.T.P. पर O_2 का कितना आयतन चाहिए तथा बनने वाली CO_2 के आयतन की भी गणना करो।

हल— ऐसीटिलीन के दहन के लिए रासायनिक समीकरण:

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

2 आयतन 5 आयतन 4 आयतन

2mL 5mL 4mL

पद I: आवश्यक O_2 के आयतन की गणना:

2mL C_2H_2 के लिए N.T.P. पर आवश्यक O_2 = 5mL

∴ 1 mL C_2H_2 के लिए N.T.P. पर आवश्यक $O_2 = \frac{5}{2} mL$

∴ 200 mL C_2H_2 के लिए N.T.P. पर आवश्यक $O_2 = \frac{5}{2} \times 200$

$= $ **500mL**

पद II : बनने वाला CO_2 के आयतन की गणना:

2mL C_2H_2 N.T.P. पर CO_2 बनाती है = 4mL

1 mL C_2H_2 N.T.P. पर CO_2 बनाती है $= \frac{4}{2} = 2mL$

∴ 200 mL C_2H_2 N.T.P. पर CO_2 बनाती है

$= \frac{4}{2} \times 200 = 400$ mL

उदा.45. 3.0 g H_2 व 29.g O_2 से क्रिया कर H_2O बनाती है

(i) सीमाकारी अभिकर्मक क्या है ?

(ii) बनने वाले जल की अधिकतम मात्रा कितनी है।

(iii) अभिकारक जो अनाभिकृत रह जाता है, की मात्रा ज्ञात करो।

हल- अभिक्रिया की संतुलित समीकरण निम्न है-

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$$

2 मोल 1 मोल 2 मोल

2 × 2 g 32g 2×18g

सीमान्त अभिक्रमक का निर्धारण

∵ 4g H_2 क्रिया करता है $= 32 g O_2$ से

∴ 3g H_2 क्रिया करता है $= \frac{32}{4} \times 3 = 24g\ O_2$ से

लेकिन हमें प्रश्न में 29 g O_2 दे रखी है अर्थात् O_2 की मात्रा अधिक है। अत: **सीमान्त अभिकर्मक H_2** है।

(ii) 4g H_2 से बनता है = 36 g H_2O

3g H_2 से बनता है $= \frac{36}{4} \times 3 =$ **27g H_2O**

(iii) 4g H_2 से क्रिया करता है $= 32 g O_2$

3g H_2 से क्रिया करता है $= \frac{32}{4} \times 3 = 24g\ O_2$

वास्तव में उपस्थित O_2 = 29 g

अनाभिकृत O_2 की मात्रा = 29 − 24 = 5g

उदा.46. 50g नाइट्रोजन और 8g हाइड्रोजन को मिला कर $NH_{3(g)}$ प्राप्त की गई है। सीमान्त अभिकर्मक कौनसा है ? बनी हुई NH_3 की मात्रा की गणना कीजिए।

हल- अभिक्रिया की संतुलित समीकरण निम्न हैं—

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

1 मोल 3 मोल 2 मोल

N_2 के मोलों की संख्या

$= 50g \times \frac{1\text{ मोल}}{28g} = 1.786$ मोल

H_2 के मोलों की संख्या

$= 8g \times \frac{1\text{ मोल}}{2g} = 4$ मोल

समीकरण के अनुसार,

1.786 मोल N_2 से क्रिया करने वाले H_2 के मोलों की संख्या

$= \frac{3}{1} \times 1.786$

$= 5.358$ मोल

परन्तु H_2 के उपस्थित मोल = 4

इसलिये सम्पूर्ण H_2 अभिक्रिया में भाग लेगी अत: H_2 सीमाकारी अभिकर्मक है।

बनने वाली NH_3 की गणना

3 मोल H_2 से बनी अमोनिया = 2 मोल

4 मोल H_2 से बनी अमोनिया $= \frac{2}{3} \times$ 4 मोल

$= \frac{2}{3} \times$ 4 मोल $\times \frac{17g}{1\text{ मोल}}$

$= 45.33$ g

1.11 विलयनों में अभिक्रियाओं की रससमीकरण मिती (Stoichionmetry of Reactions in Solution)

- अधिकांशतय: प्रयोगशाला में अभिक्रियाएँ विलयनों में की जाती है।
- जब कोई पदार्थ विलयन के रूप में उपस्थित होता है तब उसकी मात्रा विभिन्न सान्द्रता पदों में व्यक्त की जा सकती है।
- किसी विलयन की सांद्रता यह दर्शाती है कि उसमें दिये गये निश्चित आयतन/द्रव्यमान वाले विलायक में विलेय की कितनी मात्रा उपस्थित है।

- विलयन की सांद्रता को निम्न दो रूपों में व्यक्त करते हैं-

  (1) द्रव्यमान भार इकाई (a) द्रव्यमान प्रतिशत
  (b) मोल अंश
  (c) ppm (parts per million)
  (d) मोललता (m)

  (2) द्रव्यमान आयतन इकाई (a) मोलरता (M)
  (b) फॉर्मलता (F)
  (c) नॉर्मलता (N)
  (d) तुल्यांकी द्रव्यमान

(A) मोलरता (Molarity)

एक लीटर (1L) विलयन में उपस्थित विलेय के मोलों की संख्या विलयन की मोलरता (Molarity) कहलाती है इसे M द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

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

या $$\text{मोलरता (M)} = \frac{\text{विलेय के मोलों की संख्या} \times 1000}{\text{विलयन का आयतन (mL)}}$$

यदि विलेय का द्रव्यमा W_A, विलेय का मोलर द्रव्यमान M_A हो तो

$$M = \frac{W_A}{M_A} \times \frac{1000}{V_{(sol)}mL}$$

$$M = \frac{W_A}{M_A} \times \frac{1}{V_{(sol)}L}$$

मोलरता समीकरण अथवा तनुकरण सूत्र

- कुछ अभिकर्मक जैसे HCl, H_2SO_4, NH_3, CH_3COOH आदि सान्द्र जलीय विलयनों के रूप में मिलते हैं। परन्तु प्रयोगशाला में इनके तनु विलयनों की आवश्यकता होती है। अत: तनु विलयन, सान्द्र विलयनों को ही तनु करके बनाये जाते हैं।
- जब किसी सान्द्र विलयन को और अधिक विलायक मिला कर तनु किया जाता है तो विलेय के मोलों में कोई परिवर्तन नहीं होता है। अर्थात् तनुकरण से पहले और बाद में विलेय के मोलों की संख्या समान रहती है।
- यदि दिये हुये विलयन की मोलरता M_1, और आयतन V_1 हो, तनु किये जाने वाले विलयन की मोलरता M_2 और आयतन V_2 हो तो उपरोक्त कथन के अनुसार

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

उदा.47. 2.8g KOH 200mL विलयन में उपस्थित है। विलयन की मोलरता क्या होगी।

हल- KOH का मोलर द्रव्यमान (M_A)

$$= 39g + 16g + 1g$$
$$= 56g\ mol^{-1}$$

$W_A = 2.8\ g$, $V_{(sol)}mL = 200mL$

$$M = \frac{W_A}{M_A} \times \frac{1000}{V_{(sol)}mL}$$

$$= \frac{2.8g}{56g\ mol} \times \frac{1000}{200\ mL}$$

$$= 0.25\ mol\ L^{-1}$$
$$= 0.25\ M$$

उदा.48. 10M H_2SO_4 विलयन से 2M H_2SO_4 के 500mL बनाने के लिए इसके कितने आयतन की आवश्यकता होगी ?

हल-

M_1V_1	=	M_2V_2
H_2SO_4	=	H_2SO_4
दिया हुआ है		बनाना है
$10\,M \times V_1$	=	$2M \times 500\ mL$

$$V_1 = \frac{2 \times 500}{10} mL = 100mL$$

उदा.49. 500mL $\frac{M}{100}$ H_2SO_4 विलयन बनाने के लिये कितने mg H_2SO_4 की आवश्यकता होगी।

हल- दिया हुआ है-

$M = \frac{1}{100} mol\ L^-$, $M_A(H_2SO_4) = 98$

$V_{(sol)}mL = 500\ mL$, $W_A = ?$

$$M = \frac{W_A}{M_A} \times \frac{1000}{V_{(sol)}mL}$$

$$\frac{1}{100} = \frac{W_A}{98} \times \frac{1000}{500}$$

$$W_A = \frac{98 \times 5}{1000} g$$
$$= 0.49g$$

$$0.49g\ H_2SO_4 = 0.49g \times \frac{1000\ mg}{1g}$$
$$= 490\ mg$$

(B) मोललता (Molality)

1kg या 1000g विलायक में घुले हुये विलेय के मोलों की संख्या विलयन की मोललता कहलाती है।

मोललता का 'm' से व्यक्त करते हैं

$$\text{विलयन की मोललता} = \frac{\text{विलेय के मोलों की संख्या}}{\text{विलायक का द्रव्यमान g में}} \times 1000$$

$$m = \frac{W_A}{M_A} \times \frac{1000}{W_B(g)}$$

$$= \frac{W_A}{M_A} \times \frac{1}{W_B(kg)}$$

उदा.50. 103.65g HCl विलयन में HCl के 3.65gm विलेय हैं। विलयन की मोललता ज्ञात कीजिए।

हल-विलेय (HCl) का द्रव्यमान (W_A) = 3.65 g

विलयन की द्रव्यमान = 103.65 g

अत: विलायक का द्रव्यमान (W_B) = 103.65 – 3.65 = 100 g

विलेय HCl का मोलर द्रव्यमान (M_A) = 36.5g

$$M = \frac{W_A}{M_A} \times \frac{1000}{W_B(g)}$$

$$= \frac{3.65}{36.5} \times \frac{1000}{100}$$

$= 1$ mol/ kg विलायक

अत: विलयन की $m = 1$

(C) नार्मलता (Normality)

- किसी विलेय की ग्राम तुल्यांक में वह संख्या, जो एक लीटर विलयन में घुली है, **नार्मलता** कहलाती है। इसे N से प्रदर्शित करते हैं।
- किसी पदार्थ की विलयन में नार्मलता

$$= \frac{\text{विलेय पदार्थ की ग्राम तुल्यांक में संख्या}}{\text{विलयन का आयतन लीटर में}}$$

- $$N = \frac{W_A}{E_A} \times \frac{1}{V_{(sol)}L}$$

E_A विलेय का तुल्यांक द्रव्यमान (Equivalent Mass) है।

$$\text{तुल्यांक} = \frac{\text{ग्राम में द्रव्यमान}}{\text{तुल्यांक द्रव्यमान}} = \frac{W_A}{E_A}$$

$$\text{नार्मलता} = \frac{\text{विलेय का द्रव्यमान प्रति लीटर}}{\text{तुल्यांक द्रव्यमान}}$$

- निम्न विलयनों को उनके सम्मुख नाम से पुकारते हैं-
- HCl का N विलयन = HCl का नार्मल विलयन
- HCl का $\frac{N}{2}$ विलयन = HCl का सेमीनार्मल विलयन
- HCl का $\frac{N}{5}$ विलयन = HCl का पेन्टीनार्मल विलयन
- HCl का 5N विलयन = HCl का पेन्टानार्मल विलयन
- HCl का $\frac{N}{10}$ विलयन = HCl का डेसीनार्मल विलयन
- HCl का $\frac{N}{100}$ विलयन = HCl का सेन्टीनार्मल विलयन
- HCl का $\frac{N}{1000}$ विलयन = HCl का मिलीनार्मल विलयन

उदा. 51. प्रोपेन (C_3H_8) तथा ब्यूटेन (C_4H_{10}) के 3 लीटर का गैसीय मिश्रण 25°C पर पूर्ण दहन करने पर 10 लीटर CO_2 बनाती है। गैसीय मिश्रण का संघटन ज्ञात करो।

हल— मानाकि प्रोपेन का मिश्रण में आयतन $= x$ L

ब्यूटेन का मिश्रण में आयतन $= (3 - x)$ L

अब हम रासायनिक अभिक्रियाओं की सहायता से मुक्त हुई CO_2 के आयतन की गणना करते हैं।

प्रथम पद : x लीटर C_3H_8 द्वारा मुक्त CO_2 के आयतन की गणना:

प्रोपेन के लिए दहन समीकरण:

$$\underset{1L}{C_3H_{8(g)}} + 5O_{2(g)} \rightarrow \underset{3L}{3CO_{2(g)}} + 4H_2O_{(l)}$$

1 L C_3H_8, से CO_2 बनती है = 3L

x L C_3H_8 से CO_2 बनती है = 3x L

द्वितीय पद: $(3 - x)$ लीटर C_4H_{10} से मुक्त CO_2 के आयतन की गणना ब्यूटेन के पूर्ण दहन की अभिक्रिया

$$\underset{1L}{C_4H_{10(g)}} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \rightarrow \underset{4L}{4CO_{2(g)}} + 5H_2O_{(l)}$$

1 L C_4H_{10} द्वारा मुक्त $CO_2 = 4L$

$(3 - x)$ L C_4H_{10} द्वारा मुक्त $CO_2 = 4 \times (3 - x)$ L

तृतीय पद: मिश्रण के संघटन की गणना:

पद I तथा II में बनने वाली CO_2 का कुल आयतन

$= [3x + 4(3 - x)]$ L

परन्तु वास्तव में मुक्त CO_2 का आयतन = 10 L

अत: $3x + 4(3-x) = 10$

या $3x + 12 - 4x = 10$

या $-x = -2$

या $x = 2$

प्रोपेन का आयतन = 2L

ब्यूटेन का आयतन $= (3 - 2) = 1$ L

उदा.52. 200 मिली ऐसीटिलीन के पूर्ण दहन के लिए N.T.P. पर O_2 का कितना आयतन चाहिए तथा बनने वाली CO_2 के आयतन की भी गणना करो।

हल— ऐसीटिलीन के दहन के लिए रासायनिक समीकरण:

$2C_2H_2$	+	$5O_2$	→	$4CO_2$	+	$2H_2O$
2 आयतन		5 आयतन		4 आयतन		
2mL		5mL		4mL		

पद I: आवश्यक O_2 के आयतन की गणना:

2mL C_2H_2 के लिए N.T.P. पर आवश्यक O_2 = 5mL

∴ 1mL C_2H_2 के लिए N.T.P. पर आवश्यक $O_2 = \frac{5}{2}mL$

∴ 200 mL C_2H_2 के लिए N.T.P. पर आवश्यक $O_2 = \frac{5}{2} \times 200$

= 500mL

पद II : बनने वाली CO_2 के आयतन की गणना:

2mL C_2H_2 N.T.P. पर CO_2 बनाती है = 4mL

1 mL C_2H_2 N.T.P. पर CO_2 बनाती है $= \frac{4}{2} = 2$mL

∴ 200 mL C_2H_2 N.T.P. पर CO_2 बनाती है

$= \frac{4}{2} \times 200 = 400$mL

1.12 सीमान्त अभिकर्मक (Limiting Reagent)

- यदि किसी अभिक्रिया की संतुलित समीकरण के अनुसार कोई पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध न हो तथा अन्य अभिकारक अधिक मात्रा में उपस्थित हो तो अभिक्रिया में कम मात्रा में उपस्थित अभिकारक कुछ देर में समाप्त हो जाता है। इसके पश्चात् अभिक्रिया नहीं होती है।
- अंत: सीमान्त अभिकर्मक क्रियाकारी पदार्थों में से वह पदार्थ होता है जो अभिक्रिया पूर्णत: सम्पन्न होने पर पूरी तरह से प्रयुक्त (Used) हो जाता है। सीमान्त अभिकाक की मात्रा उत्पाद की मात्रा को निर्धारित करती है।

उदा.53. 3.0 g H_2 व 29.g O_2 से क्रिया कर H_2O बनाती है
(i) सीमाकारी अभिकर्मक क्या है ?
(ii) बनने वाले जल की अधिकतम मात्रा कितनी है।
(iii) अभिकारक जो अनाभिकृत रह जाता है, की मात्रा ज्ञात करो।

हल- अभिक्रिया की संतुलित समीकरण निम्न हैं—

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$$

2 मोल   1 मोल   2 मोल

2×2 g   32g 2×18g

सीमान्त अभिक्रमक का निर्धारण

$\because$ 4g H_2 क्रिया करता है $= 32$ g O_2 से

$\therefore$ 3g H_2 क्रिया करता है $= \frac{32}{4} \times 3 = 24g\ O_2$ से

लेकिन हमें प्रश्न में 29 g O_2 दे रखी है अर्थात् O_2 की मात्रा अधिक है। अत: **सीमान्त अभिकर्मक यहां H_2 है।**

(ii) 4g H_2 से बनता है $= 36$ g H_2O

3g H_2 से बनता है $= \frac{36}{4} \times 3 =$ **27g H_2O**

(iii) 4g H_2 से क्रिया करता है $= 32$ g O_2

3g H_2 से क्रिया करता है $= \frac{32}{4} \times 3 = 24g\ O_2$

वास्तव में उपस्थित $O_2 = 29$ g

अनाभिकृत O_2 की मात्रा $= 29 - 24 = 5$g

उदा.54. 50g नाइट्रोजन और 8g हाइड्रोजन को मिला कर $NH_{3(g)}$ प्राप्त की गई है। सीमान्त अभिकर्मक कौनसा है ? बनी हुई NH_3 की मात्रा की गणना कीजिए।

हल- अभिक्रिया की संतुलित समीकरण निम्न हैं—

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

1 मोल   3 मोल   2 मोल

N_2 के मोलों की संख्या

$$= 50g \times \frac{1\ \text{मोल}}{28g} = 1.786\ \text{मोल}$$

H_2 के मोलों की संख्या

$$= 8g \times \frac{1\ \text{मोल}}{2g} = 4\ \text{मोल}$$

समीकरण के अनुसार,

1.786 मोल N_2 से क्रिया करने वाले H_2 के मोलों की संख्या

$$= \frac{3}{1} \times 1.786$$

$$= 5.358\ \text{मोल}$$

परन्तु H_2 के उपस्थित मोल = 4

इसलिये सम्पूर्ण $H_{2(g)}$ अभिक्रिया में भाग लेगी अत: H_2 सीमाकारी अभिकर्मक है।

बनने वाली NH_3 की गणना

3 मोल H_2 से बनी अमोनिया = 2 मोल

4 मोल H_2 से बनी अमोनिया $= \frac{2}{3} \times 4$ मोल

$$= \frac{2}{3} \times 4\ \text{मोल} \times \frac{17g}{1\ \text{मोल}}$$

$$= 45.33\ g$$

1.13 परमाणु भार, अणु भार एवं तुल्यांकी भार

- परमाणु अत्यन्त सूक्ष्मकण है तथा इनका वास्तविक द्रव्यमान साधारण विधि से ज्ञात करना अत्यन्त कठिन है। उदाहरण स्वरूप हाइड्रोजन के एक परमाणु का द्रव्यमान 1.6738×10^{-24} ग्राम होता है जिसे आसानी से ज्ञात किया जा सकता। मानक अंत: रसायन शास्त्र में परमाणु के द्रव्यमान को किसी संदर्भ परमाणु के द्रव्यमान के सापेक्ष प्रदर्शित किया जा सकता है।
- **इसे सापेक्ष परमाणु भार** (Relative atomic mass) कहते हैं तथा अभिव्यक्त करने के लिए (amu = atomic mass unit) इकाई का प्रयोग होता है।

(A) हाइड्रोजन मानक संदर्भ परमाणु के रूप में-हाइड्रोजन को मानक परमाणु के रूप में चुना गया क्योंकि यह सबसे हल्का है। इसका परमाणु द्रव्यमान इकाई के रूप में लेकर अन्य तत्वों के परमाणु द्रव्यमान हाइड्रोजन के सापेक्ष ज्ञात किये गये। परन्तु कुछ तत्वों के द्रव्यमान अंश (fraction) के रूप में प्राप्त होने पर H तत्व को हटा दिया गया।

(B) ऑक्सीजन मानक संदर्भ परमाणु के रूप में-ऑक्सीजन के एक परमाणु द्रव्यमान के $\frac{1}{16}$ वें भाग को इकाई द्रव्यमान के रूप में व्यक्त किया गया तथा अन्य तत्वों के परमाणु द्रव्यमान इसके सापेक्ष ज्ञात किये गये। ऑक्सीजन-16 को संदर्भ परमाणु माना गया क्योंकि-

(i) ऑक्सीजन तत्व अधिक क्रियाशील और कई यौगिक निर्मित करने वाला पाया गया।

(ii) तत्वों के सापेक्ष परमाणु द्रव्यमान पूर्णांकों में प्राप्त हुए।

समयान्तराल में ज्ञात हुआ कि प्राकृतिक ऑक्सीजन कई समस्थानिकों (^{16}O, ^{17}O, ^{18}O) का मिश्रण है अत: इसे हटा दिया गया।

(C) कार्बन मानक संदर्भ परमाणु के रूप में-

वर्ष 1961 में C-12 सार्वभौमिक रूप से मानक संदर्भ परमणु में स्वीकृत हुआ। C-12 के 1/12 वें भाग को इकाई मानकर अन्य सभी तत्वों के परमाणु भारों को प्रदर्शित किया जाता है। इसका अर्थ यह है कि किसी

तत्व का परमाणु कार्बन-12 के एक परमाणु के 1/12 भार से कितना गुना भारी है।

- 1amu का ग्राम इकाई में परिवर्तन
- 1amu $= \frac{1}{12} \times$ C-12 समस्थानिक के एक परमाणु का द्रव्यमान

$$= \frac{1}{12} \times \frac{12}{6.022 \times 10^{23}}$$

$= 1.66056 \times 10^{-24}$ ग्राम

- हाइड्रोजन परमाणु के ग्राम द्रव्यमान का amu में परिवर्तन

1.66056×10^{-24} ग्राम = 1amu

1.6738×10^{-24} ग्राम

$$= \frac{1amu \times 1.6738 \times 10^{-24} g}{1.66056 \times 10^{-24} g}$$

= 1.0080 amu

- हाइड्रोजन परमाणु का amu से ग्राम इकाई में परिवर्तन

1 ग्राम परमाणु द्रव्यमान = 6.022×10^{23} हाइड्रोजन परमाणु

1.008 ग्राम = 6.022×10^{23} परमाणु

H के 1 परमाणु का द्रव्यमान $= \frac{1.008 gm}{6.022 \times 10^{23}}$

$= 1.66 \times 10^{-24}$ ग्राम

- **ऑक्सीजन परमाणु के ग्राम द्रव्यमान का amu में परिवर्तन**

एक ऑक्सीजन परमाणु का द्रव्यमान = 2.66×10^{-23} ग्राम

$\because$ 1.66056×10^{-24} ग्राम = 1amu

$\therefore$ 2.66×10^{-23} ग्राम $= \frac{1amu \times 2.66 \times 10^{-23} gm}{1.66056 \times 10^{-24} gm}$

= 15.995 u

- ऑक्सीजन परमाणु का amu से ग्राम इकाई में परिवर्तन

16 ग्राम परमाणु द्रव्यमान = 6.022×10^{23} ऑक्सीजन परमाणु

16 ग्राम = 6.023×10^{23} परमाणु

O के 1 परमाणु का द्रव्यमान $= \frac{16.0 gm}{6.023 \times 10^{23}} = 2.66 \times 10^{-23}$ ग्राम

तुल्यांक भार—

- किसी तत्व का तुल्यांक भार, भार भारों की वह संख्या है, जो H के 1 भार से ऑक्सीजन के 8 भार से एवं Cl के 35.5 भार से संयोग करे या इनके यौगिकों में से विस्थापित करे।
- किसी तत्व का तुल्यांक भार $= \frac{\text{तत्व का परमाणु भार}}{\text{संयोजकता}}$
- किसी मूलक का तुल्यांक भार $= \frac{\text{मूलक का अणुभार}}{\text{संयोजकता}}$
- किसी अम्ल का तुल्यांक भार $= \frac{\text{अम्ल का अणुभार}}{\text{क्षारकता}}$
- किसी क्षार का तुल्यांक भार $= \frac{\text{क्षार का अणुभार}}{\text{अम्लता}}$

पाठ्यपुस्तक के प्रश्नोत्तर

वस्तुनिष्ठ प्रश्न

1. संख्या 0.0287 में सार्थक अंक है—

(अ) 5 (ब) 2
(स) 3 (द) 4 (स)

2. ग्लूकोस अणु का आणविक द्रव्यमान होगा—

(अ) 342 u (ब) 110 u
(स) 90 u (द) 180 u (द)

3. मानक ताप एवं दाब पर 2 ग्राम मेथेन का आयतन होगा—

(अ) 2.8 L (ब) 5.6 L
(स) 11.2 L (द) 22.4 L (अ)

4. मानक ताप व दाब पर किसी आदर्श गैस के 1 ml में उपस्थिति अणुओं की संख्या होगी—

(अ) 6.023×10^{23} (ब) 2.69×10^{19}
(स) 2.69×10^{23} (द) 4.58×10^{26} (ब)

5. निम्नलिखित में से किसका भार न्यूनतम है—

(अ) सिल्वर का 108 ग्राम (ब) सल्फर का 1 मोल
(स) नाइट्रोजन का 1 ग्राम परमाणु
(द) कार्बन के 3.011×10^{23} परमाणु (द)

अतिलघूत्तरात्मक प्रश्न

प्र.6. S.I. पद्धति में पदार्थ की मात्रा की इकाई तथा उसका संकेत क्या है?

उत्तर- किलोग्राम, कि.ग्रा. (Kg)

प्र.7. भार 8.0 ग्राम और 8.000 ग्राम में क्या अन्तर हैं?

उत्तर- 8.0 ग्राम में दो सार्थक अंक और 8.000 ग्राम में चार सार्थक अंक है।

प्र.8. 3600 ग्राम को तीन सार्थक अंकों वाली संख्या में व्यक्त कीजिए।

उत्तर- 3.60×10^3

प्र.9. 20 ग्राम हाइड्रोजन में हाइड्रोजन के कितने ग्राम अणु उपस्थित हैं।

उत्तर- ग्राम अणु $= \frac{\text{ग्रामों में मात्रा}}{\text{अणु भार}}$

$$= \frac{20}{2}$$

= 10 ग्राम अणु

प्र.10. 64 ग्राम ऑक्सीजन में अणुओं की संख्या कितनी होगी?

उत्तर- ऑक्सीजन का अणु भार = 32

64 ग्राम ऑक्सीजन में मोल संख्या $= \frac{64}{32} = 2$ मोल

1 मोल में अणुओं की संख्या = 6.022×10^{23}

2 मोल में अणुओं की संख्या = $2 \times 6.022 \times 10^{23}$

= 12.044×10^{23} उत्तर

प्र.11. H_2SO_4 का तुल्यांकी भार ज्ञात करो यदि इसका अणु भार 98 है?

उत्तर- अम्ल का तुल्यांकी भार $= \frac{\text{अम्ल का अणु भार}}{\text{प्रतिस्थानीय H परमाणुओं की संख्या}}$

H_2SO_4 में प्रतिस्थानीय H परमाणु = 2

H_2SO_4 का तुल्यांकि भार = $\frac{98}{2}$ = 49 उत्तर

प्र.12. आवोगाद्रो नियम क्या है ?

उत्तर- ताप व दाब की समान परिस्थितियों में गैसों के समान आयतन में अणुओं की संख्या समान होती है।

प्र.13. 0.1 मोल $C_6H_{12}O_6$ में कार्बन के कितने परमाणु होंगे ?

उत्तर- 1 मोल $C_6H_{12}O_6$ में कार्बन परमाणुओं की संख्या
$= 6 \times 6.022 \times 10^{23}$

अत: 0.1 मोल $C_6H_{12}O_6$ में कार्बन परमाणुओं की संख्या
$= 0.1 \times 6 \times 6.022 \times 10^{23}$
$= 3.6132 \times 10^{24}$ उत्तर

प्र.14. सार्थक अंक किसे कहते हैं ?

उत्तर- जब किसी मापन का परिमाण शुद्ध रूप में प्राप्त हो तब उस मापन में अर्थ पूर्ण अंकों की संख्या सार्थक अंक कहलाता है।

प्र.15. गैस की परमाणुकता किसे कहते हैं ?

उत्तर- किसी गैस के 1 अणु में उपस्थित परमाणुओं की संख्या गैस की परमाणुकता कहलाती है।

प्र.16. 36 ग्राम जल में उपस्थित इलेक्ट्रॉन की संख्या ज्ञात करो ?

उत्तर- 36 ग्राम जल में मोल संख्या $= \frac{36}{18} = 2$ मोल

1 अणु जल में उपस्थित इलेक्ट्रॉन = 10

1 मोल जल में उपस्थित इलेक्ट्रॉन $= 10 \times 6.022 \times 10^{23}$

अत: 2 मोल जल में उपस्थित इलेक्ट्रॉन $= 2 \times 10 \times 6.022 \times 10^{23}$
$= 1.2044 \times 10^{25}$ उत्तर

प्र.17. अणु भार से आपका क्या तात्पर्य है ?

उत्तर- किसी पदार्थ का अणु भार वह संख्या है जिससे यह ज्ञात होता है कि उस पदार्थ का एक अणु कार्बन के एक परमाणु (C – 12) के बारहवें भाग से कितने गुना भारी है। अणु भार उस अणु में उपस्थित सभी तत्वों के परमाणु द्रव्यमानों का योग होता है।

प्र.18. एक मोल जल जिसमें 50 भारी पानी (D_2O) है का द्रव्यमान कितना होगा ?

उत्तर- 1 मोल जल में 50% भारी जल है- अर्थात् 1/2 मोल जल व 1/2 मोल भारी जल है

जल का अणु भार = 18

भारी जल का अणु भार = 20

1/2 मोल जल का द्रव्यमान $= \frac{18}{2} = 9$ ग्राम

1/2 मोल भारी जल का द्रव्यमान $= \frac{20}{2} = 10$ ग्राम

अत: 1/2 मोल जल +1/2 मोल भारी जल का भार
= 9 ग्राम + 10 ग्राम
= 19 ग्राम उत्तर

प्र.19. मानक ताप और दाब से क्या तात्पर्य है ?

उत्तर- गैसों से संबंधित अध्ययन सामान्यतया मानक ताप व दाब पर किये जाते हैं। वायुमण्डल दाब (760 मिमी.) और 273K ताप के मानक ताप व दाब के नाम से जाना जाता है।

प्र.20. मानक ताप और दाब पर x मिली N_2 गैस तथा x मिली O_2 गैस पूर्णत: क्रिया करगैस A बनाती हैं। यदि क्रिया के पश्चात् आयतन अपरिवर्तित रहे तो A का अणुसूत्र क्या होगा ?

उत्तर- $N_2 + O_2 = A$

x ml   x ml   2x ml

आवोगाद्रो नियम लगाने पर,

x आयतन नाइट्रोजन + x आयतन ऑक्सीजन
= 2x आयतन A

या xn अणु नाइट्रोजन + xn अणु ऑक्सीजन
= 2xn आयतन A

या 1 अणु नाइट्रोजन +1 अणु ऑक्सीजन
= 2 अणु A

या 1/2 अणु नाइट्रोजन + 1/2 अणु ऑक्सीजन
= 1 अणु A

या 1 परमाणु नाइट्रोजन +1 परमाणु ऑक्सीजन
= 1 अणु A

अत: A के 1 अणु में 1 परमाणु नाइट्रोजन व 1 परमाणू ऑक्सीज है।

A का अणु सूत्र =NO उत्तर

लघुत्तरात्मक प्रश्न

प्र.21. निम्नलिखित में प्रत्येक के 1 मोल का क्या अन्तर है ?
(i) NaCl (ii) $CaCO_3$

उत्तर- (i) NaCl के 1 मोल का भार
= 23 + 35.5
= 58.5 ग्राम उत्तर

(ii) $CaCO_3$ के 1 मोल का भार
$= 40 + 12 + 3 \times 16$
= 40 + 12 + 48
= 100 उत्तर

प्र.22. निम्नलिखित के सार्थक अंक ज्ञात करो ?
(i) 0.00468 (ii) 753

उत्तर- (i) तीन सार्थक अंक (ii) तीन सार्थक अंक

प्र.23. निम्नलिखित में प्रत्येक के 2 मोल का क्या अन्तर भार है ?
(i) $MgSO_4$
(ii) KCl

उत्तर- (i) $MgSO_4$ $= 24 + 32 + 4 \times 16$
= 24 + 32 + 64
= 120 ग्राम

(ii) KCl = 39 + 35.5
= 74.5 ग्राम

$MgSO_4$ के दो मोल का भार
$= 2 \times 120 = 240$ g

KCl के दो मोल का भार
$= 2 \times 74.5 = 149$ g

अन्तर = 240 – 149
= 91

प्र.24. निम्नलिखित में से प्रत्येक के कितने सार्थक अंक है ?

(i) 0.868

(ii) 3.865×10^4

उत्तर- (i) 0.868 तीन सार्थक अंक

(ii) 3.865×10^4 चार सार्थक अंक

प्र.25. मोल किसे कहते हैं ? समझाइये ?

उत्तर- मोल शब्द को वर्ष 1967 में रसायन की मात्रा के अन्तर्राष्ट्रीय SI मात्रक हेतु चुना गया। मोल किसी तत्व अथवा यौगिक की वह मात्रा है जिसका द्रव्यमान उसके ग्राम परमाणु द्रव्यमान अथवा ग्राम अणु द्रव्यमान के बराबर हो।

प्र.26. सीमांत अभिकर्मक किसे कहते हैं ? उदाहरण द्वारा समझाइये ?

उत्तर- सीमांत अभिकर्मक क्रियाकारी पदार्थों में से वह पदार्थ होता है जो अभिक्रिया के पूरी हो जाने पर पूर्ण रूप से प्रयुक्त हो जाता है। जैसे यदि H_2 व O_2 के 2 मोल के मिश्रण में विद्युत स्फुलिंग कराया जाये तो हाइड्रोजन के दो मोल ऑक्सीजन के एक मोल से क्रिया करके जब बनाते हैं और 1 मोल ऑक्सीजन बचा रहता है।

$$\underset{(\text{गैस})}{2H_2} + \underset{(\text{गैस})}{O_2} \rightarrow \underset{(\text{द्रव})}{2H_2O}$$

यहाँ पर हाइड्रोजन सीमांत अभिकर्मक है क्योंकि यह पूर्ण रूप से प्रयुक्त हो जाता है।

प्र.27. यौगिक के तुल्यांकी भार ज्ञात करने के सूत्र दीजिए।

उत्तर- $\text{यौगिक में तत्व का तुल्यांकी भार} = \dfrac{\text{तत्व का परमाणु भार}}{\text{यौगिक में तत्व की संयोजकता}}$

$$\text{मूलक का तुल्यांकी भार} = \frac{\text{मूलक का सूत्र भार}}{\text{मूलक की संयोजकता}}$$

$$\text{अम्ल का तुल्यांकी भार} = \frac{\text{अम्ल का अणु भार}}{\text{प्रतिस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या}}$$

$$\text{क्षार का तुल्यांकी भार} = \frac{\text{क्षार का अणु भार}}{OH^- \text{ आयनों की संख्या}}$$

$$= \frac{\text{क्षार का अणु भार}}{\text{क्षार की अम्लता}}$$

प्र.28. मोलरता, नार्मलता एवं मोललता को परिभाषित कीजिए ?

उत्तर- **मोलरता**-एक लीटर विलयन में उपस्थित विलेय के मोलों की संख्या विलयन की मोलरता कहलाती है। इसे M द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

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

नार्मलता-किसी विलेय की ग्राम तुल्यांक में वह संख्या, जो एक लीटरविलयन में घुली हुई है, विलयन की नार्मलता कहलाती है। इसे N द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{नार्मलता (N)} = \frac{\text{विलेय पदार्थ की ग्राम तुल्यांक में संख्या}}{\text{विलयन का आयतन}}$$

मोललता-1000 ग्राम विलायक में घुले हुए विलेय के मोलों की संख्या को विलयन की **मोललता** कहते हैं। इसे **M** द्वारा व्यक्त करते हैं।

$$\text{विलयन की मोललता (m)} = \frac{\text{विलेय के मोलों की संख्या}}{\text{विलायक का आयतन ग्राम में}} \times 1000$$

प्र.29. निम्नलिखित के सूत्र लिखकर, उनके अणुभार ज्ञात कीजिए ?

(i) कैल्शियम कार्बोनेट

(ii) मैग्नीशियम फॉस्फेट

(iii) फेरिक क्लोराइड

उत्तर- **(i) कैल्शियम कार्बोनेट**

$$CaCO_3 = 40 + 12 + 3 \times 16 = 40 + 12 + \mathbf{48} = 100$$

(ii) मैग्नीशियम फॉस्फेट

$$Mg_3(PO_4)_2 = 3 \times 24 + 2 \times 31 + 8 \times 16 = 72 + 62 + 128 = 262$$

(iii) फेरिक क्लोराइड

$$FeCl_3 = 55.8 + 3 \times 35.5 = 55.8 + 106.5 = 162.3 \text{ उत्तर}$$

प्र.30. निम्नलिखित में से प्रत्येक के कितने मोल हैं ?

(i) 100g $CaCO_3$

(ii) 80g O_2

(iii) 10g $C_{12}H_{22}O_{11}$

उत्तर- (i) $CaCO_3$ का अणु भार $= 40 + 12 + 3 \times 16 = 100$

$$100g\ CaCO_3 \text{ में मोल} = \frac{100}{100} = \mathbf{1 \text{ मोल}}$$

(ii) O_2 का अणु भार = 32

$$80g\ O_2 \text{ में मोल} = \frac{80}{32} = \mathbf{2.5 \text{ मोल}}$$

(iii) $C_{12}H_{22}O_{11}$ का अणु भार

$$= 12 \times 12 + 1 \times 22 + 11 \times 16 = 144 + 22 + 176 = 342$$

$$10g\ C_{12}H_{22}O_{11} \text{ में मोल} = \frac{10}{342} = \mathbf{.029 \text{ मोल}}$$

प्र.31. निम्नलिखित के सूत्र लिखकर, उनके अणु भार ज्ञात कीजिए ?

(i) अमोनियम ऑक्सेलेट

(ii) सोडियम सल्फेट

(iii) एल्यूमिनियम नाइट्रेट

उत्तर- (i) अमोनियम ऑक्सलेट

$$\begin{array}{l} COONH_4 \\ | \\ COONH_4 \end{array} \quad \text{या } (COO)_2(NH_4)_2$$

$$\text{अणु भार} = 12 \times 2 + 16 \times 4 + 14 \times 2 + 8 \times 1 = 24 + 64 + 28 + 8 = \mathbf{124 \text{ उत्तर}}$$

(ii) सोडियम सल्फेट

Na_2SO_4

$$\text{अणु भार} = 23 \times 2 + 32 + 16 \times 4$$

$= 46 + 32 + 64$
$= \mathbf{142}$ **उत्तर**

(iii) एल्यूमिनियम नाइट्रेट

$Al(NO_3)_3$

अणु भार $= 27 + 3 \times 14 + 9 \times 16$
$= 27 + 42 + 144$
$= \mathbf{213}$ **उत्तर**

प्र.32. ऑक्सीजन गैस के 32 ग्राम और नाइट्रोजन के 14 ग्राम में उपस्थित अणुओं की संख्या कितनी होगी ?

उत्तर- ऑक्सीजन गैस की मात्रा =32 ग्राम = 1 मोल

1 मोल में अणुओं की संख्या $= 6.022 \times 10^{23}$

नाइट्रोजन गैस की मात्रा = 14 ग्राम

$= \frac{14}{28} = \frac{1}{2}$ मोल

1/2 मोल में अणुओं की संख्या $= \frac{6.022 \times 10^{23}}{2}$

$= \mathbf{3.011 \times 10^{23}}$ **उत्तर**

प्र.33. निम्नलिखित के लिये मोलर द्रव्यमान का परिकलन कीजिए ?

(i) HNO_3 (ii) CO_2 (iii) C_2H_6

उत्तर- (i) HNO_3 का मोलर द्रव्यमान

$= 1 + 14 + 3 \times 16$
$= 1 + 14 + 48$
$= 63$

(ii) CO_2 का मोलर द्रव्यमान

$= 12 + 2 \times 16$
$= 44$

(iii) C_2H_6 का मोलर द्रव्यमान

$= 2 \times 12 + 6 \times 1$
$= 24 + 6$
$= 30$ उत्तर

प्र.34. निम्न में अणुओं की अधिकतम संख्या किसमें उपस्थित है ?

(i) 36 g जल

(ii) 28 g कार्बन मोनो ऑक्साइड

उत्तर- (i) 36 g जल में मोल संख्या $\frac{36}{18} = 2$ मोल

2 मोल में अणुओं की संख्या $= 2 \times 6.022 \times 10^{23}$
$= 12.044 \times 10^{23}$
$= 1.2044 \times 10^{24}$

28g कार्बन मोनो ऑक्साइड में मोल संख्या $= \frac{28}{..} = 1$ मोल

1 मोल में अणुओं की संख्या $= 6.022 \times 10^{23}$

अतः अणुओं की अधिकतम संख्या 36g जल में है।

प्र.35. निम्न में अणुओं की न्यूनतम संख्या किसमें उपस्थिति है ?

(i) 46g एथिल एल्केहॉल

(ii) 54g नाइट्रोजन पेन्टाक्साइड

उत्तर- (i) 46g एथिल एल्केहॉल में मोल संख्या

$= \frac{46}{\text{ऐल्केहॉल का अणु भार}}$

$= \frac{46}{4.} = 1$ मोल

1 मोल में अणुओं की संख्या $= 6.022 \times 10^{..}$

(ii) 54g नाइट्रोजन पेन्टाक्साइड में मोल संख्या

$= \frac{46}{\text{नाइट्रोजन पेन्टाक्साइड का अणु भार}}$

$= \frac{54}{108} = \frac{1}{2}$ या 0.

0.5 मोल में अणुओं की संख्या

$= 0.5 \times 6.022 \times 10^{23}$
$= 3.011 \times 10^{23}$

अतः कार्बन मोनोक्साइड में अणुओं की संख्या न्यूनतम होगी।

निबन्धात्मक प्रश्न

प्र.36. सोडियम सल्फेट में उपस्थित विभिन्न तत्वों के द्रव्यमान प्रतिशत का परिकलन कीजिए।

उत्तर- सोडियम सल्फेट का = Na_2SO_4

अणु भार $2 \times 23 + 32 + 4 \times 16$
$= 46 + 32 + 64$
$= 142$

Na को प्रतिशत मात्रा $= \frac{46}{142} \times 100$
$= 32.4$ %

S को प्रतिशत मात्रा $= \frac{32}{142} \times 100$
22.5 %

O को प्रतिशत मात्रा $= \frac{64}{142} \times 100$
45.1 %

अतः सोडियम सल्फेट में विभिन्न तत्वों के द्रव्यमान प्रतिशत है।

Na = 32.4 %
S = 22.5 %
O = 45.1 %

प्र.37. सीमान्त अभिकर्मक किसे कहते हैं ? 3.0 ग्राम H_2, 29.0 ग्राम O_2 से क्रिया में सीमांत अभिकर्मक को पहचान करो।

उत्तर- सीमान्त अभिकर्मक क्रियाकारी पदार्थों में से वह पदार्थ होता है जो अभिक्रिया के पूरी हो जाने पर पूर्ण रूप से प्रयुक्त हो जाता है।

H_2 व O_2 के मध्य क्रिया इस प्रकार होती है

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

2 मोल 1 मोल

दिया है 3 ग्राम $H_2 = \frac{3}{2}$
$= 1.5$

29 ग्राम $O_2 = \frac{29}{32} = 0.9$ मोल
$= 0.9$ मोल

अतः 1.5 मोल हाइड्रोजन 0.75 मोल O_2 से क्रिया करेगी और 0.9 - 0.75 अर्थात 0.15 मोल O_2 शेष रहेगी। इसलिये हाइड्रोजन यहाँ पर सीमान्त अभिकर्मक है।

प्र.38. कार्बन और ऑक्सीजन से दो यौगिक बनते हैं। इनमें से एक में कार्बन की मात्रा 42.9 % तथा दूसरे में 27.3 % है तो गुणित अनुपात के नियम की पुष्टि कीजिए।

उत्तर- कार्बन के दोनों ऑक्साइड में कार्बन व ऑक्सीजन की निम्न % मात्राऐं हैं।

	प्रथम ऑक्साइड	द्वितीय ऑक्साइड कार्बन
कार्बन	42.9 %	27.3 %
ऑक्सीजन	57.1 %	72.7 %

अब इन दोनों में ऑक्सीजन की निश्चित मात्रा से क्रिया करने वाले कार्बन की मात्राऐं ज्ञात करते हैं।

प्रथम ऑक्साइड में,

∵ 57.1 g आक्सीजन संयोग करता है कार्बन के 42.9 ग्राम

1 ग्राम 0 संयोग करता है। = $\frac{42.9}{57.1} = 0.751g$

द्वितीय ऑक्साइड में,

72.7 g ऑक्सीजन संयोग करता है। 27.3 g कार्बन से,

∵ 1 g ऑक्सीजन संयोग करता है।

$= \frac{27.3}{72.7}$

= 0.375 g कार्बन से

दोनों ऑक्साइडों में C की विभिन्न मात्राओं में अनुपात (0.751 : 0.375)

= 2:1 अर्थात एक सरल अनुपात है। इन परिणामों से गुणित अनुपात के नियम की पुष्टि होती है।

प्र.39. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणियाँ लिखिए-

(i) डाल्टन का परमाणु सिद्धांत

(ii) गेलुसैक का गैसीय आयतन सम्बन्धी नियम

(iii) आवोगाद्रो परिकल्पना के अनुप्रयोग

उत्तर- **(i) डाल्टन का परमाणु सिद्धांत**—हम रासायनिक संयोग के बहुत से नियमों का अध्ययन कर चुके हैं। इन नियमों का सैद्धांतिक प्रमाण जॉन डाल्टन (John Dalton) ने दिया।

इन्होंने एक सिद्धान्त प्रतिपादित किया जिसे डाल्टन का परमाणु सिद्धान्त कहते हैं। यह सिद्धान्त सन् 1808 में सामने आया। इस सिद्धान्त के विभिन्न बिन्दु निम्नलिखित हैं।

(i) द्रव्य बहुत छोटे-छोटे अविभाज्य कणों से मिलकर बना है, जिन्हें परमाणु कहते हैं।

(ii) एक तत्व के सभी परमाणु समान होते हैं, अर्थात् उनकी आकृति, आकार, द्रव्यमान आदि सभी गुण धर्म समान होते हैं, जबकि भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणु द्रव्यमान, आकृति, आकार आदि भिन्न-भिन्न होते हैं।

(iii) एक से अधिक तत्वों के परमाणु निश्चित अनुपात में संयोजन करके यौगिक बनाते हैं।

(iv) परमाणुओं को किसी रासायनिक अभिक्रिया अथवा भौतिक परिवर्तन द्वारा न तो बनाया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है। रासायनिक अभिक्रिया में परमाणु पुनर्व्यवस्थित होते हैं।

(b) गैलुसैक का गैसीय आयतन सम्बन्धी नियम-

इस नियम के अनुसार *'समान ताप व दाब पर रासायनिक अभिक्रियाओं में क्रियाकारक एवं क्रियाफलों के आयतन परस्पर छोटी पूर्ण संख्याओं के अनुपात में रहते हैं अथवा समान ताप और दाब पर गैसें सदैव सरल अनुपात में संयोग करती हैं और यदि उत्पाद भी गैस हो तो उनका आयतन भी क्रियाकारी गैसों के आयतन के सरल अनुपात में होगा।* उदाहरण के लिये, एक आयतन H_2 व एक आयतन Cl_2 का संयोग होने पर 2 आयतन 2HCl बनता है।

$H_2(g)$	+	$Cl_2(g) \rightarrow$	$2HCl(g)$
1 आयतन		1 आयतन	2आयतन

अभिकारक और उत्पाद गैसों के आयतनों का अनुपात 1 : 1 : 2 है जो कि एक सरल अनुपात है।

(c) आवोगाद्रो परिकल्पना के अनुप्रयोग

1. गैसीय तत्वों की परमाणुकता ज्ञात करने में

(To Determine the Atomaticity of Elementary Gases)

परमाणुकता— किसी पदार्थ के एक अणु में उपस्थित परमाणुओं की संख्या ही उसके **परमाणुकता** कहलाती है। उदाहरण-हाइड्रोजन गैस द्विपरमाणुक होती है- सिद्ध करना।

1 आयतन हाइड्रोजन + 1 आयतन क्लोरीन

= 2 आयतन हाइड्रोजन क्लोराइड

उपरोक्त तीनों गैसें समान ताप व दाब पर हैं। इसलिये आवोगाद्रो के नियमानुसार इनके एक आयतनों में उपस्थित अणुओं की संख्या भी समान होगी।

माना कि एक आयतन में उपस्थित अणुओं की संख्या n है। तो n अणु हाइड्रोजन + n अणु क्लोरीन = 2n अणु हाइड्रोजन क्लोराइड

n = 1 रखने पर

1 अणु हाइड्रोजन + 1 अणु क्लोरीन = 2 अणु हाइड्रोजन क्लोराइड

½ अणु हाइड्रोजन + ½ अणु क्लोरीन = 1 अणु हाइड्रोजन क्लोराइड

अर्थात् हाइड्रोजन क्लोराइड का एक अणु, हाइड्रोजन के आधे अणु व क्लोरीन के आधे अणु से मिलकर बनता है। विभिन्न अध्ययनों से ज्ञात हुआ है कि हाइड्रोजन क्लोराइड (हाइड्रोक्लोरिक अम्ल) एक क्षारीय अम्ल (Mono Basic Acid) है।

∴ हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के एक अणु में एक ही हाइड्रोजन परमाणु होता है।

अतः ½ अणु हाइड्रोजन = 1 परमाणु हाइड्रोजन

1 अणु हाइड्रोजन = 2 परमाणु हाइड्रोजन

अर्थात् हाइड्रोजन की **परमाणुकता** दो होती है।

2. किसी अणु का अणुसूत्र ज्ञात करने में—

- इसी प्रकार यह सिद्ध किया जा सकता है कि जल का अणुसूत्र H_2O होता है।

हाइड्रोजन + ऑक्सीजन = जल वाष्प

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

प्रयोगों से सिद्ध हुआ है कि दो आयतन हाइड्रोजन व एक आयतन ऑक्सीजन के संयोग से दो आयतन जल वाष्प प्राप्त होती है।

उपरोक्त पर आवोगाद्रो नियम लगाने पर

2 आयतन हाइड्रोजन + 1 आयतन ऑक्सीजन = 2 आयतन जलवाष्प

2n अणु हाइड्रोजन + n अणु ऑक्सीजन = 2n अणु जलवाष्प

n = 1 रखने पर

2 अणु हाइड्रोजन + 1 अणु ऑक्सीजन = 2 अणु जलवाष्प

1 अणु हाइड्रोजन + ½ अणु ऑक्सीजन = 1 अणु जलवाष्प

∴ एक अणु जलवाष्प में ½ अणु ऑक्सीजन व 1 अणु हाइड्रोजन होते हैं। चूंकि हाइड्रोजन व ऑक्सीजन दोनों द्विपरमाणुक हैं अत: जलवाष्प का सूत्र H_2O होगा।

3. **गैलूसैक के आयतन संबंधी नियम की व्याख्या करने में (To Explain Gay Lussac's Law of Combining Volumes)**
आवोगाद्रो के नियमानुसार ताप व दाब समान होने पर विभिन्न गैसों के समान आयतनों में अणुओं की संख्या समान होती हैं।
जब ये गैसें क्रिया करेंगी तो इनके अणुओं में जो अनुपात होगा वही अनुपात इनके आयतनों में भी होगा। अत: यह एक सरल अनुपात ही होगा। जो कि गैलूसैक का आयतन संबंधी नियम के अनुरूप है।

4. **डाल्टन के परमाणुवाद को दृढ़ करने में**— आवोगाद्रों के नियम से डाल्टन के परमाणुवाद की पुष्टि होती है।
इसका संशोधित रूप निम्न हैं—

- समस्त तत्व व यौगिक अणुओं से मिलकर बने होते हैं और अणु स्वयं परमाणुओं से बने होते हैं।
- तत्व के अणु एक ही प्रकार के परमाणुओं और यौगिक के अणु भिन्न प्रकार के परमाणुओं से मिलकर बने होती है।
- परमाणु स्वतंत्र अवस्था में नहीं रहता है किन्तु यह रासायनिक क्रिया में भाग लेता है। रासायनिक क्रिया में भाग लेने वाले पदार्थों के अणु परमाणुओं में विभाजित हो जाते हैं जो फिर क्रिया कर लेते हैं।

प्र.40. रासायनिक संयोजन के नियम के अन्तर्गत आने वाले नियमों को संक्षिप्त में लिखए।

उत्तर- रासायनिक संयोजन के नियम

1. **द्रव्यमान संरक्षण का नियम-**
सभी भौतिक व रासायनिक परिवर्तनों में क्रिया में भाग लेने वाले सभी पदार्थों के कुल द्रव्यमान क्रिया के पश्चात बनने वाले सभी पदार्थों के कुल द्रव्यमान के बराबर होते हैं।
अर्थात पदार्थ को ना तो उत्पन्न किया जा सकता है और ना ही नष्ट किया जा सकता हैं।

2. **स्थिर अनुपात का नियम-**
इस नियम के अनुसार किसी शुद्ध यौगिक के नमूने में तत्वों के द्रव्यमान का अनुपात स्थिर रहता है चाहे यौगिक किसी भी विधि या स्रोत से प्राप्त किया गया हो।

3. **गुणित अनुपात का नियम-**
इस नियम के अनुसार जब दो तत्व आपस में मिलकर एक से अधिक यौगिक बनाते हैं तब एक तत्व के द्रव्यमान, जो दूसरे तत्व के निश्चित द्रव्यमान से संयोग करते हैं, में एक सरल अनुपात होता हैं।

4. **तुल्य अनुपात का नियम-**
इस नियम के अनुसार जब दो विभिन्न तत्व तीसरे तत्व के एक निश्चत द्रव्यमान से अलग-अलग क्रिया करते हैं तो उनके द्रव्यमानों में अनुपात या तो समान होता है या उसका कोई पूर्ण गुणज होता है, जिसमें कि वे संयोजन करते हैं।

5. **गेलुसैक का गैसीय अयतन सम्बन्धित नियम-**
इस नियम के अनुसार 'समान ताप और दाब पर गैसें सदैव सरल अनुपात में संयोग करती हैं और यदि उत्पाद भी गैस हो तो उसका आयतन भी क्रियाकारी गैसों के, आयतन के असरल अनुपात में होगा।

आंकिक प्रश्न

प्र.41. एक कार्बनिक यौगिक में 40% कार्बन, 6.66% हाइड्रोजन तथा शेष ऑक्सीजन है, इसका वाष्प घनत्व 30 है। यौगिक के मूलानुपाती तथा आण्विक सूत्र को ज्ञात कीजिए।

उत्तर- यौगिक का मूलानुपाती सूत्र करना

तत्व	तत्व की %	परमाणु द्रव्यमान	आपेक्षिक संख्या	सरलतम परमाणु संख्या	मूलानुपाती सूत्र
C	40%	12	$\frac{40}{12} = 3.33$	$\frac{3.33}{3.33} = 1$	
H	6.67%	1	$\frac{6.67}{1} = 6.67$	$\frac{6.67}{3.33} = 2$	CH_2O
O	53.33	16	$\frac{53.33}{16} = 3.33$	$\frac{3.33}{3.33} = 1$	

अत: यौगिक का मूलानुपाती सूत्र CH_2O है।

मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान $= 12 + 2 + 16 = 30$

यौगिक का मोल द्रव्यमान $= 2 \times 30 = 60$

$$n = \frac{\text{मोलर द्रव्यमान}}{\text{मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान}} = \frac{60}{30} = 2$$

अत: यौगिक का अणुसूत्र $= CH_2O \times 2 = C_2H_4O_2$

मूलानुपाती सूत्र CH_2O

अणुसूत्र $C_2H_4O_2$

प्र.42. एक कार्बनिक यौगिक में C, H, N का भारात्मक अनुपात 9:1:3.5है तथा यौगिक का अणुभार 108 है। यौगिक का मूलानुपाती सूत्र और अणु सूत्र क्या है ?

उत्तर- C, H व N का भारात्मक अनुपात = 9 : 1 : 3 : 5

भारात्मक अनुपात का योग = 13.5

C की % मात्रा $= \frac{9}{13.5} \times 100 = 66.66\%$

H की % मात्रा $= \frac{1}{13.5} \times 100 = 7.4\%$

N की % मात्रा $= \frac{3.5}{13.5} \times 100 = 25.93\%$

मूलानुपाती सूत्र ज्ञात करना

तत्व	तत्व की %	परमाणु द्रव्यमान	आपेक्षिक संख्या	सरलतम परमाणु संख्या	मूलानुपाती सूत्र
C	66.66%	12	$\frac{66.66}{12} = 5.55$	$\frac{5.55}{1.85} = 3$	
H	7.4%	1	$\frac{7.4}{1} = 7.4$	$\frac{7.4}{1.85} = 4$	C_3H_4N
N	25.93%	14	$\frac{25.93}{14} = 1.85$	$\frac{1.85}{1.85} = 1$	

यौगिक का मूलानुपाती सूत्र C_3H_4N है।

मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान $= 3 \times 12 + 4 \times 1 + 14 \times 1$
$= 36 + 4 + 14$
$= 54$

यौगिक का मोलर द्रव्यमान= 108

$$n = \frac{\text{मोलर द्रव्यमान}}{\text{मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{108}{54} = 2$$

अत: यौगिक का अणु सूत्र $= 2 \times C_3H_4N$
$= C_6H_8N_2$

मूलानुपाती सूत्र $= C_3H_4N$

अणुसूत्र $= C_6H_8N_2$

प्र.43. रासायनिक विश्लेषण में ज्ञात हुआ कि किसी यौगिक में 10 ग्राम आयरन क्लोराइड में 3.438 ग्राम आयरन और 6.560 ग्राम क्लोरीन है। आयरन क्लोराइड का मूलानुपाती सूत्र ज्ञात कीजिए। (Fe = 55.8, Cl = 35.5)

उत्तर- यौगिक में आयरन की प्रतिशत मात्रा $= \frac{3.438}{10} \times 100$
$= 34.38\%$

यौगिक में क्लोरीन की प्रतिशत मात्रा $= \frac{6.56}{10} \times 100$
$= 65.6\%$

यौगिक का मूलानुपाती सूत्र ज्ञात करना

तत्व	तत्व की %	परमाणु द्रव्यमान	आपेक्षिक संख्या	सरलतम परमाणु संख्या	मूलानुपाती सूत्र
F	34.38%	55.8	$\frac{34.38}{55.8} = .6161$	$\frac{.6161}{.6161} = 1$	$FeCl_3$
Cl	65.6%	35.5	$\frac{65.6}{35.5} = 1.85$	$\frac{1.85}{.6161} = 3$	

अत: यौगिक का मूलानुपाती सूत्र $FeCl_3$ है।

प्र.44. 88 ग्राम CO_2 में ऑक्सीजन परमाणुओं की संख्या ज्ञात करो। समान ऑक्सीजन परमाणुओं की संख्या से युक्त CO का द्रव्यमान ज्ञात करो।

उत्तर- CO_2 का मोलर द्रव्यमान = 44

88 ग्राम CO_2 में मोल संख्या $= \frac{88}{44} = 2$ मोल

1 मोल CO_2 में ऑक्सीजन परमाणुओं की संख्या
$= 2 \times 6.022 \times 10^{23}$

2 मोल CO_2 में ऑक्सीजन परमाणुओं की संख्या
$= 2 \times 2 \times 6.022 \times 10^{23}$
$= 4 \times 6.022 \times 10^{23}$

CO के 1 मोल में ऑक्सीजन परमाणुओं की संख्या
$= 6.022 \times 10^{23}$

2 मोल CO_2 में उपस्थित ऑक्सीजन परमाणुओं के समान ऑक्सीजन परमाणु युक्त CO के मोल = 4

4 मोल CO का भार $= 4 \times 28$ g
= 112 ग्राम

प्र.45. परमाणु भार, अणुभार एवं तुल्यांकी भार को परिभाषित करो। 500 मिली. विलयन जिसमें 20.7 ग्राम पोटेशियम कार्बोनेट घुला हुआ है, की मोलरता ज्ञात करो। (K_2CO_3 का अणु भार = 138)

उत्तर- परमाणु भार-किसी तत्व का परमाणु भार वह संख्या है जिससे यह ज्ञात होता है कि उस तत्व का एक परमाणु कार्बन के एक परमाणु (C = 12) के बारहवें भाग से कितने गुना भारी है।

अणुभार- किसी पदार्थ का अणु भार वह संख्या है जिससे यह ज्ञात होता है कि उस पदार्थ का एक अणु कार्बन के एक परमाणु (C –12) के बारहवें भाग से कितने गुना भारी है।

तुल्यांकी भार- किसी तत्व या यौगिक का तुल्यांकी भार वह संख्या है जो यह प्रदर्शित करती है कि भार की दृष्टि से उसके कितने भाग, हाइड्रोजन के 1.008 भाग या ऑक्सीजन के 8 भाग या क्लोरीन के 35.5 भार भागों से संयोग करते हैं अथवा उनके यौगिकों में से विस्थापित करते हैं।

500 मिली विलयन में K_2CO_3 की मात्रा = 20.7 ग्राम

1 लीटर विलयन में K_2CO_3 की मात्रा $= 2 \times 20.7$ ग्राम
= 41.4 ग्राम

$$\text{मोलरता} = \frac{\text{1 लीटर विलयन में पदार्थ की मात्रा}}{\text{पदार्थ का अणुभार}}$$

$$= \frac{41.4}{138}$$
$= 0.3$ M

प्र.46. नाइट्रिक अम्ल के व्यावसायिक उत्पादन में 7.33 मोल HNO_3 उत्पन्न करने के लिये NO_2 के कितने मोल आवश्यक होंगे यदि अभिक्रिया है-

NO_2 (गैस) + H_2O (द्रव) = $2HNO_3$ (जलीय) + NO (गैस)

उत्तर- दी गई अभिक्रिया है-

$$NO_2(g) + H_2O(l) = 2HNO_3(aq) + NO(g)$$

संतुलित करने पर,

$$3NO_2(g) + H_2O(l) = 2HNO_3(aq) + NO(g)$$

∵ 2 मोल HNO_3 प्राप्त होता है = 3 मोल NO_2 से

$\therefore$ 1 मोल HNO_3 प्राप्त होगा = $\frac{3}{2}$ मोल NO_2 से

$\therefore$ 7.33 मोल HNO_3 प्राप्त होगा = $\frac{3}{2} \times 7.33$ मोल NO_2

= 10.995 मोल NO_2

प्र.47. 1.68 ग्राम लोहे में कितने मोल आयरन परमाणु होते हैं ? आयरन की इसी मात्रा में परमाणुओं की संख्या भी ज्ञात करो।

(लोहे का परमाणु भार = 56)

उत्तर- 1.68 ग्राम आयरन में मोल संख्या

$= \frac{1.68}{56} = 0.03$ मोल

0.03 मोल आयरन में परमाणुओं की संख्या

$= 0.03 \times 6.022 \times 10^{23}$

$= 0.180 \times 10^{23}$

$= 1.80 \times 10^{22}$ उत्तर

प्र.48. $CaCO_3$ जलीय HCl के साथ पूर्णतः अभिक्रिया कर $CaCl_2$ और CO बनाता है।

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

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

उत्तर- $CaCO_3(s) + 2HCl\ (g)$

100g   2 × 36.5

$\rightarrow CaCl_2\ (aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$

0.75 HCl के 1000ml में HCl की मात्रा

= 0.75 × 36.5 ग्राम

0.75 HCl के 25ml में HCl की मात्रा

$= \frac{0.75 \times 36.5}{1000} \times 25$

= 0.6844 ग्राम

समीकरण के अनुसार

$\because$ 2 × 36.5 g HCl क्रिया करता है = 100g $CaCO_3$ से

$\therefore$ 1 g HCl क्रिया करता है = $\frac{100}{2 \times 36.5}$

$\therefore$ 0.6844 HCl क्रिया करता है = $\frac{100 \times 0.6844}{2 \times 36.5}$

= 0.94 ग्राम उत्तर

प्र.49. प्रयोगशाला में क्लोरीन का विरचन मैंगनीज डाइऑक्साइड (MnO_2) की जलीय HCl विलयन के साथ अभिक्रिया द्वारा निम्नलिखित समीकरण के अनुसार किया जाता है-

$$4HCl\ (aq) + MnO_2(s) \rightarrow 2H_2O(l) + MnCl_2(aq) + Cl_2(aq)$$

5.0 ग्राम मैंगनीज डाइऑक्साइड के साथ HCl के कितने ग्राम अभिक्रिया करेंगे ?

उत्तर- $MnO_2(s) + 4HCl\ (aq) \rightarrow MnCl_2(aq)$

55 + 32 = 87   4 × 36.5 = 146.0

$\rightarrow Cl_2(g) + 2H_2O(l)$

$\because$ 87 ग्राम MnO_2 क्रिया करता है = 146 ग्राम HCl से

$\therefore$ 1 ग्राम MnO_2 क्रिया करता है = $\frac{146}{87}$ HCl

$\therefore$ 5 ग्राम MnO_2 क्रिया करता है = $\frac{146 \times 5}{87}$

= 8.40 ग्राम उत्तर

प्र.50. द्रव्यमान की दृष्टि से व्यावसायिक हाइड्रोक्लोरिक अम्ल 38% होता है। यदि इस विलयन का घनत्व 1.19 ग्राम सेमी$^{-3}$ हो तो विलयन की मोलरता ज्ञात करो।

उत्तर- 1 लीटर 38% हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का भार = 38 × 1.19 ग्राम

= 45.22 ग्राम

मोलरता $= \frac{45.22}{36.5}$

= 1.23 m उत्तर

अन्य महत्त्वपूर्ण प्रश्न-उत्तर

प्र. 1. निम्नलिखित के आण्विक द्रव्यमान की गणना कीजिए:

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

हल— (i) H_2O का आण्विक द्रव्यमान : 2 × 1 + 1 × 16 = 18 u

(ii) CO_2 का आण्विक द्रव्यमान: 1 × 12 + 2 × 32 = 44 u

(iii) CH_4 का आण्विक द्रव्यमान 12 + 4 × 1 = 16 u

प्र. 2. सोडियम सल्फेट (Na_2SO_4) में विभिन्न तत्वों की द्रव्यमान प्रतिशतता की गणना कीजिए।

हल— Na_2SO_4 का आण्विक द्रव्यमान = 2 × Na का परमाणु द्रव्यमान + S का परमाणु द्रव्यमान + 4 × O का परमाणु द्रव्यमान

= 2 × 23 + 32 + 4 × 16 = 46 + 32 + 64 = 142 u.

उपस्थित विभिन्न तत्वों की प्रतिशतता की गणना इस प्रकार की जा सकती है:

सोडियम (Na) की प्रतिशतता = $\frac{\text{सोडियम का द्रव्यमान}}{Na_2SO_4 \text{ का आण्विक द्रव्यमान}} \times 100$

$= \frac{46}{142} \times 100 = 32.39\%$

सल्फर (S) की प्रतिशतता $\frac{S \text{ का द्रव्यमान}}{Na_2SO_4 \text{ का आण्विक द्रव्यमान}} \times 100$

$= \frac{32}{142} \times 100 = 22.53\%$

ऑक्सीजन (O) की प्रतिशतता = $\frac{O \text{ का द्रव्यमान}}{Na_2SO_4 \text{ का आण्विक द्रव्यमान}} \times 100$

$= \frac{64}{142} \times 100 = 45.07\%$

प्र. 3. आयरन के एक ऑक्साइड के मूलानुपाती सूत्र का निर्धारण कीजिए जिसमें द्रव्यमानानुसार 69.9% आयरन एवं 30.1% ऑक्सीजन है।

हल— प्रथम पद में उपस्थित तत्वों के सरलतम पूर्ण संख्या में अनुपात ज्ञात करते हैं जो कि नीचे सारणी में किया गया है।

द्वितीय पद में यौगिक का मूलानुपाती सूत्र लिखा जाता है।

तत्व	प्रतिशतता	परमाणु द्रव्यमान	परमाणु अनुपात	सरलतम अनुपात	सरलतम पूर्ण संख्या में अनुपात
Fe	69.9%	56	$\frac{69.9}{56}=1.25$	$\frac{1.25}{1.25}=1$	2
O	30.1%	16	$\frac{30.1}{16}=1.88$	$\frac{1.88}{1.25}1.5$	3

विभिन्न तत्वों के सरलतम पूर्ण संख्या में अनुपात है:

Fe : O : : 2 : 3

यौगिक का मूलानुपाती सूत्र लिखना:

यौगिक का मूलानुपाती सूत्र है = Fe_2O_3

प्र. 4. उत्पन्न कार्बन डाई ऑक्साइड की मात्रा ज्ञात कीजिए, जब-
(i) 1 मोल कार्बन को वायु में जलाया जाता है।
(ii) 1 मोल कार्बन को 16g डाई ऑक्सीजन में जलाया जाता है।

हल— कार्बन के ऑक्सीजन या वायु में दहन की रासायनिक अभिक्रिया है:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

1 मोल   1 मोल   1 मोल

12 ग्राम   32 ग्राम   44 ग्राम

(i) जब 1 मोल कार्बन वायु में जलता है:
1 मोल कार्बन द्वारा बना CO_2 = 1 मोल = **44 ग्राम**

(ii) जब 1 मोल कार्बन 16 ग्राम डाइ ऑक्सीजन में जलता है:
1 मोल कार्बन के लिए आवश्यक डाइऑक्सीजन = 32 ग्राम = 1 मोल
किन्तु उपलब्ध डाइऑक्सीजन का द्रव्यमान = 16 ग्राम = 1/2 मोल
इसका आशय यह है कि डाइऑक्सीजन सीमित मात्रा में है या यह सीमाकारी अभिकर्मक है।

$\therefore$ निर्मित CO_2 का द्रव्यमान = $\frac{1}{2}$ मोल = 22 g उत्तर

प्र. 5. 0.375 मोलरता के 500 मि.ली. जलीय विलयन बनाने के लिए आवश्यक सोडियम एसीटेट (CH_3COONa) के द्रव्यमान की गणना कीजिए। सोडियम एसीटेट का मोलर द्रव्यमान 82.0245 ग्राम प्रति मोल है।

हल— मोलरता M = $\frac{\text{विलेय का द्रव्यमान}}{\text{मोलर द्रव्यमान}} \times \frac{1000}{\text{आयतन } mL \text{ में}}$

$$0.375\,M = \frac{x(CH_3COONa \text{ विलेय का द्रव्यमान})}{82.0245\,gm\ mol^{-1}} \times \frac{1000}{500\,mL}$$

$$x = \frac{0.375 \times 82.0245 \times 500}{1000}$$

x = 15.380 ग्राम

आवश्यक सोडियम ऐसिटेट की मात्रा 15.38 ग्राम है।

प्र. 6. 100 ग्राम कॉपर सल्फेट ($CuSO_4$) से कितना कॉपर प्राप्त किया जा सकता है?

हल— $CuSO_4$ का आण्विक द्रव्यमान = Cu का परमाणु द्रव्यमान + S का परमाणु द्रव्यमान + 4 × O का परमाणु द्रव्यमान

$= 63.5 + 32 + 4 \times 16 = 159.5$ u

$CuSO_4$ का ग्राम आण्विक द्रव्यमान = 159.5 g

अब, 159.5 ग्राम $CuSO_4$ में कॉपर = 63.5 g

$\therefore$ 100 ग्राम $CuSO_4$ में कॉपर $= 63.5 \times \frac{100}{159.5} = 39.81$ g

प्र. 7. आयरन के उस ऑक्साइड के आण्विक सूत्र का निर्धारण करें, जिसमें आयरन एवं ऑक्सीजन की द्रव्यमान प्रतिशतता क्रमशः 69.9 एवं 30.1 हैं।

हल— आयरन के इस ऑक्साइड का मूलानुपाती सूत्र = Fe_2O_3
(विस्तृत विवरण के लिए प्रश्न संख्या 3 का सन्दर्भ लें।)
चूँकि इनमें कोई उभयनिष्ठ गुणनखण्ड नहीं है, अतः इस ऑक्साइड का आण्विक सूत्र = Fe_2O_3

प्र. 8. निम्नलिखित आँकड़ों से क्लोरीन के औसत परमाणु द्रव्यमान की गणना कीजिए:

समस्थानिक	प्रचुरता	परमाणु द्रव्यमान
Cl – 35	**75.77**	**34.9689 u**
Cl – 37	**24.23**	**36.9659 u**

हल— क्लोरीन का औसत परमाणु द्रव्यमान =

$$\frac{75.77 \times 34.9689u + 24.23 \times 36.9659u}{(75.77 + 24.23)}$$

$$\frac{2649.59 + 895.68}{100} = 35.45u$$

अतः Cl का औसत परमाणु द्रव्यमान = 35.45 u

प्र. 9. ईथेन (C_2H_6) के तीन मोलों में, निम्नलिखित की गणना कीजिए:
(i) कार्बन परमाणु के मोलों की संख्या
(ii) हाइड्रोजन परमाणु के मोलों की संख्या
(iii) इथेन के अणुओं की संख्या

हल— (i) 1 मोल C_2H_6 में कार्बन के मोल = 2 मोल
3 मोल C_2H_6 में कार्बन के मोल = 2 × 3 = **6 मोल**

(ii) 1 मोल C_2H_6 में हाइड्रोजन के मोल = **6 मोल**
3 मोल C_2H_6 में हाइड्रोजन के मोल = 6 × 3 = 18 मोल

(iii) 1 मोल C_2H_6 में अणु $= 6.022 \times 10^{23}$
3 मोल C_2H_6 में अणु $= 6.022 \times 10^{23} \times 3$
$= \mathbf{1.81 \times 10^{24}}$ **अणु**

प्र. 10. मोल प्रति लीटर में चीनी ($C_{12}H_{22}O_{11}$) सान्द्रता क्या है, यदि इसके 20g को पर्याप्त जल में घोलकर अन्तिम आयतन 2 लीटर कर लिया गया है?

हल— मोल प्रति लीटर में सान्द्रता से आशय मोलरता (M) से है।
उपलब्ध आँकड़ों से इसकी गणना इस प्रकार की जा सकती है:

चीनी का द्रव्यमान = 20 ग्राम

चीनी ($C_{12}H_{22}O_{11}$) का मोलर द्रव्यमान = 12 × 12 + 22 × 1 + 16 × 11
= 342 ग्राम प्रति मोल

लीटर में विलयन का आयतन = 2 लीटर

विलयन की मोलरता (M) = $\frac{\text{चीनी का द्रव्यमान/मोलर द्रव्यमान}}{\text{लीटर में विलयन का आयतन}}$

$= \frac{20 \text{ ग्राम}}{(342 \text{ ग्राम प्रति मोल}) \times (2 \text{ लीटर})} = 0.029$ मोल प्रति लीटर

= 0.029 M

प्र. 11. यदि मेथेनॉल (Methanol) का घनत्व 0.793 किग्रा. प्रति लीटर है तो इसके 0.25 M विलयन के 2.5 लीटर बनाने के लिए इसका कितना आयतन आवश्यक है?

हल— **प्रथम पद:** मेथेनॉल (CH_3OH) के द्रव्यमान की गणना
मेथेनॉल (CH_3OH) का मोलर द्रव्यमान
$= 12 + 4 \times 1 + 16 = 32$ ग्राम प्रति मोल

विलयन की मोलरता $= 0.25\,M = 0.25$ मोल प्रति लीटर

विलयन की आयतन $= 2.5$ लीटर

$$\text{विलयन की मोरलता} = \frac{\text{मेथेनॉल का द्रव्यमान/मोलर द्रव्यमान}}{\text{लीटर में विलयन का आयतन}}$$

या $$0.25 \text{ मोल प्रति लीटर} = \frac{W}{(32 \text{ग्राम प्रति मोल}) \times (2.5 \text{ लीटर})}$$

या W = (0.25 मोल प्रति लीटर) × (32 ग्राम प्रति मोल) × (2.5 लीटर) = 20 ग्राम

द्वितीय पद: मेथेनॉल के आयतन की गणना

मेथेनॉल का द्रव्यमान = 20 ग्राम

मेथेनॉल का घनत्व = 0.793 कि.ग्रा. प्रति लीटर

$= 0.793 \text{ gm mL}^{-1}$

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

$$= \frac{20\text{gm}}{0.793\text{gm mL}^{-1}}$$

$= 25.22$ mL

प्र. 12. द्रव्यमान का S.I. मात्रक क्या है? यह कैसे परिभाषित किया जाता है?

हल— द्रव्यमान का S.I. मात्रक किलोग्राम (kg) है। परिभाषा हेतु, पाठ्य भाग देखें।

प्र. 13. निम्नलिखित पूर्व लग्नों को उनके गुणकों 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

उत्तर—

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

प्र. 14. पेयजल के एक नमूने को क्लोरोफार्म $CHCl_3$ से संदूषित पाया गया, जोकि कैंसरजनक समझा जाता है। संदूषण का स्तर 15 भाग प्रति मिलियन (ppm) (द्रव्यमानुसार) था।

(i) इसे द्रव्यमान की प्रतिशतता के रूप में व्यक्त कीजिए।

(ii) जल के इस नमूने में क्लोरोफार्म की मोललता का निर्धारण कीजिए।

हल— (i) द्रव्यमान की प्रतिशतता की गणना:

15 भाग प्रति मिलियन का आशय है कि इस नमूने के 10^6 ग्राम में क्लोरोफार्म का 15 ग्राम उपस्थित है।

$$\therefore \quad \text{द्रव्यमान प्रतिशतता} = \frac{15 \text{ ग्राम}}{10^6 \text{ ग्राम}} \times 100 = 1.5 \times 10^{-3}$$

(ii) विलयन की मोललता की गणना

$$\text{मोललता (m)} = \frac{\dfrac{\text{क्लोरोफार्म का द्रव्यमान}}{\text{क्लोरोफार्म का मोलर द्रव्यमान}}}{\text{कि.ग्रा. में विलायक का द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{(1.5 \times 10^{-4} \text{ ग्राम})/(119.5 \text{ ग्राम प्रति मोल})}{100/1000 \text{ कि.ग्रा.}}$$

$$= \frac{1.5 \times 10^{-4}}{119.5 \times 0.1} \text{ मोल प्रति कि.ग्रा.}$$

$= 1.25 \times 10^{-4}$ m

प्र. 15. निम्न को वैज्ञानिक संकेतों में व्यक्त कीजिए:

(i) 0.0048 (ii) 234,000 (iii) 8008 (iv) 500.0 (v) 6.0012

हल— (i) 4.8×10^{-3} (ii) 2.34×10^5 (iii) 8.008×10^3 (iv) 5.000×10^2 (v) 6.0012×10^0

प्र. 16. निम्न में कितने सार्थक अंक हैं?

(i) 0.0025 (ii) 208 (iii) 5005 (iv) 126,000 (v) 500.0 (v) 2.0034

हल— (1) 2 (ii) 3 (iii) 4 (iv) 6 (v) 4 (vi) 5

प्र. 17. निम्न को तीन सार्थक अंकों तक सुमेलित कीजिए:

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

हल— (i) 34.2 (ii) 10.4 (iii) 0.0460 (iv) 281

प्र. 18. (a) जब डाई नाइट्रोजन और डाई ऑक्सीजन आपस में अभिक्रिया करके एक भिन्न यौगिक बनाता है, तो निम्न आँकड़े प्राप्त होते हैं:

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

उपर्युक्त प्रायोगिक आँकड़े से रासायनिक संयोग के किस नियम का पालन होता है? इसका कथन बताइए।

(b) निम्न रूपान्तरों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए-

(i) 1 km = ...mm = ...pm

(ii) 1 mg = ...kg = ...ng

(iii) 1mL = ...L = ...dm^3

हल— (i) डाइ नाइट्रोजन का निश्चित द्रव्यमान 28g डाई ऑक्सीजन के क्रमश: 32g, 64 g, 32 g और 80g से क्रिया करता है। इनका अनुपात 2:4:2:5 है। जोकि एक सरल पूर्णांक अनुपात है।

अत: उपरोक्त आंकड़े गुणित अनुपात के नियम का पालन करते हैं।

(b)(i) $$1\,\text{km} = 1\,\text{km} \times \frac{1000\text{m}}{1\text{km}} \times \frac{100\text{cm}}{1\text{m}} \times \frac{10\,\text{mm}}{1\text{cm}}$$

$= 10^6$ mm

$$1\text{km} = 1\text{km} \times \frac{10^6\,\text{mm}}{\dfrac{1000\text{m}}{1\text{km}}} \times \frac{1\text{pm}}{10^{-12}\,\text{m}}$$

$= \mathbf{10^{15}}$ **pm**

(ii) $$1\,\text{mg} = 1\text{mg} \times \frac{1\text{ g}}{1000\text{ mg}} \times \frac{1\text{kg}}{1000\text{g}}$$

$= \mathbf{10^{-6}}$ **kg**

$$1\,\text{mg} = 1\text{mg} \times \frac{1\text{ g}}{1000\text{ mg}} \times \frac{1\text{ng}}{10^{-9}\,\text{g}}$$

$= \mathbf{10^{6}}$ **ng**

(iii) $$1\text{mL} = 1\text{mL} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}}$$

$= \mathbf{10^{-3}}$ **L**

$$1mL = 1cm^3 = 1cm^3 \times \left(\frac{1dm}{10cm}\right)^3$$
$$= 10^{-3}\ dm^3$$

प्र.19. अभिक्रिया $A + B_2 \rightarrow AB_2$ में निम्नलिखित अभिक्रिया मिश्रणों में सीमाकारी अभिकारकों यदि कोई हो तो पहचान 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

हल- समीकरण $A + B_2 \rightarrow AB_2$ के अनुसार

	A	B_2	AB_2
	1 मोल	1 मोल	1 मोल
या	1 परमाणु	1 अणु	1 अणु

(i) A का 1 परमाणु B_2 के 1 अणु से क्रिया करता है। अतः B के 200 अणु A के 200 परमाणुओं से क्रिया करेंगे तथा 100 परमाणु A के बच जायेंगे। इस प्रकार B_2 सीमाकारी अभिकारक है।

(ii) A का 1 मोल B_2 के 1 मोल से क्रिया करता है अथवा A के 2 मोल B_2 के 2 मोल से क्रिया करते हैं। चूँकि B_2 के 3 मोल दिये हैं अतः 1 मोल B_2 बच जाएगा-
इस प्रकार A सीमाकारी अभिकर्मक है।

(iii) A का 1 परमाणु B_2 के 1 अणु से क्रिया करता है अतः A के 100 परमाणु B_2 के 100 अणु से क्रिया करेंगे जो कि दिये हुये हैं।
इस प्रकार दोनों में कोई भी सीमाकारी अभिकर्मक नहीं है।

(iv) A का 1 मोल B_2 के 1 मोल से क्रिया करता है या A के 5 मोल B_2 के 5 मोल से क्रिया करेंगे। परन्तु B_2 के 2.5 मोल उपलब्ध है-
इस प्रकार B_2 सीमाकारी अभिकर्मक है।

(v) A का 1 मोल B_2 के 1 मोल से क्रिया करता है या A के 2.5 मोल B_2 के 2.5 मोल से क्रिया करेंगे
परन्तु B_2 के 5 मोल दिये हैं, अतः B_2 के 2.5 मोल बचेंगे—
इस प्रकार A सीमाकारी अभिकर्मक है।

प्र. 20. 0.50 मोल Na_2CO_3 एवं 0.50 M Na_2CO_3 कैसे भिन्न है ?

हल— Na_2CO_3 का मोलर द्रव्यमान
$= 2 \times 23 + 12 + 3 \times 16 = 106\ g\ mol^{-1}$ है।
0.5 मोल Na_2CO_3 का अर्थ है $106 \times 0.5 = 53\ g$
0.5 M Na_2CO_3 का अर्थ है कि 53g Na_2CO_3 1 लीटर विलयन में उपस्थित है।

प्र. 21. यदि डाई हाइड्रोजन गैस का 10 आयतन डाई ऑक्सीजन गैस के 5 आयतन से अभिक्रिया करता है तो जल वाष्प का कितना आयतन उत्पन्न होगा ?

हल— $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$

$2H_2(g)$	$O_2(g)$	$2H_2O(g)$
2 आयतन	1 आयतन	2 आयतन
10 आयतन	5 आयतन	10 आयतन

जल वाष्प के 10 आयतन उत्पन्न होंगे।

प्र.22. निम्न को आधारभूत इकाइयों में परिवर्तित कीजिए-

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

हल-(i) $1\ pm = 10^{-12} m$

या $\frac{10^{-12} m}{1pm} = 1$

$28.7\ pm = 28.7\ pm \times 1$

$= 28.7\ pm \times \frac{10^{-12} m}{1pm}$
$= 28.7 \times 10^{-12}\ m$
$= 2.87 \times 10^{-11}\ m$

(ii) $1\mu s = 10^{-6}\ s$

या $\frac{10^{-6} m}{1\mu s} = 1$

$15.15\mu s = 15.15\ \mu s \times 1$

$= 15.15\ \mu s \times \frac{10^{-6} s}{1\mu s}$
$= 15.15 \times 10^{-6}\ s$
$= 1.515 \times 10^{-5} s$

(iii) $1mg = 10^{-6}\ kg$

या $\frac{10^{-6} kg}{1mg} = 1$

$25365mg = 25365\ mg \times \frac{10^{-6} kg}{1mg}$
$= 25365 \times 10^{-6}\ kg$
$= 2.536 \times 10^{-2}\ kg$

प्र. 23. निम्न में से किसमें परमाणुओं की संख्या वृहत्तम है ?
(i) Au का 1 ग्राम (ii) Na का 1 ग्राम (iii) K का 10 ग्राम (iv) Cl_2 का 10 ग्राम

हल— (i) 197 ग्राम Au में परमाणु $= 6.022 \times 10^{23}$
(Au का ग्राम परमाणु द्रव्यमान = 197 ग्राम)

∴ 1 ग्राम Au में परमाणु $= 6.022 \times 10^{23} \times \frac{1 \text{ ग्राम}}{197 \text{ ग्राम}}$
$= 3.06 \times 10^{21}$ परमाणु

(ii) 23 ग्राम Na में परमाणु $= 6.022 \times 10^{23}$

अतः 1 ग्राम Na में परमाणु $= \frac{6.022 \times 10^{23}}{23}$
$= 2.62 \times 10^{22}$ परमाणु

(iii) 39 ग्राम K में परमाणु $= 6.022 \times 10^{23}$
(K का ग्राम परमाणु द्रव्यमान = 39 ग्राम)

1 ग्राम K में परमाणु $= 6.022 \times 10^{23} \times \frac{1 \text{ ग्राम}}{39 \text{ ग्राम}}$
$= 1.54 \times 10^{22}$ परमाणु

(iv) 71 ग्राम Cl_2 में अणु $= 6.022 \times 10^{23}$
(Cl_2 का ग्राम परमाणु द्रव्यमान = 71 ग्राम)

71 ग्राम Cl_2 में परमाणु $= 2 \times 6.022 \times 10^{23}$

1 ग्राम Cl_2 में परमाणु

$= 2 \times 6.022 \times 10^{23} \times \frac{1 \text{ ग्राम}}{71 \text{ ग्राम}} = 1.67 \times 10^{22}$ परमाणु

इस प्रकार 1 ग्राम सोडियम (Na) में परमाणुओं की संख्या वृहत्तम है।

प्र. 24. एक ^{12}C (परमाणु) का ग्राम में द्रव्यमान क्या होगा ?

हल— कार्बन के 6.022×10^{23} परमाणुओं का द्रव्यमान = 12 ग्राम
कार्बन के एक परमाणु का द्रव्यमान

$= \frac{(12 \text{ ग्राम}) \times (1 \text{ परमाणु})}{(6.022 \times 10^{23} \text{ परमाणु})}$

$= 1.993 \times 10^{-23}$ ग्राम

प्र. 25. निम्न गणनाओं के उत्तर में कितने सार्थक अंक उपस्थित होने चाहिए ?

(i) $\frac{0.02856 \times 298.15 \times 0.112}{0.5785}$ **(ii) 5 × 5.364**

(iii) 0.0125 + 0.7864 + 0.0215

हल— (i) गणना में न्यूनतम सार्थक अंक वाली संख्या में 3 सार्थक अंक (0.112) हैं। अत: परिणाम में भी 3 सार्थक अंक होने चाहिये।

(ii) यथार्थ संख्या 5 को छोड़कर अन्य संख्या में 4 सार्थक अंक हैं। अत: परिणाम में भी 4 सार्थक अंक होने चाहिए।

(iii) दी हुई योगात्मक गणना में दशमलव के बाद निम्नतम अंकों की संख्या 4 है अत: परिणाम में भी 4 सार्थक अंक होने चाहिये।

प्र.26. निम्न सारणी में दिए गए आँकड़ों का प्रयोग, प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले आर्गन के मोलर द्रव्यमान की गणना में कीजिए:

समस्थानिक	समस्थानीय मोलर द्रव्यमान	प्रचुरता
^{36}Ar	35.96755 ग्राम प्रति मोल	0.337%
^{38}Ar	37.96272 ग्राम प्रति मोल	0.063%
^{40}Ar	39.9624 ग्राम प्रति मोल	99.600%

हल— आर्गन का मोलर द्रव्यमान औसत मोलर द्रव्यमान है और इसकी इस प्रकार गणना की जा सकती है:

$$= \frac{(0.337) \times (35.96755) + (0.063) \times (37.96272) + (99.6) \times (39.9624)}{(0.337 + 0.063 + 99.600)}$$

$$= \frac{12.121 \times 2.3916 + 3980.26}{100}$$

= 39.947 ग्राम प्रति मोल

प्र. 27. (i) He के 52 मोल (ii) He के 52 परमाणु द्रव्यमान इकाई (amu) (iii) He के 52 ग्राम में उपस्थित परमाणुओं की संख्या की गणना कीजिए।

हल— (i) He के 1 मोल में परमाणु $= 6.022 \times 10^{23}$

He के 52 मोल में परमाणु

$= 6.022 \times 10^{23} \times 52 = 3.13 \times 10^{25}$ परमाणु

(ii) He का परमाणु द्रव्यमान = 4amu

4 amu में He के परमाणु = 1

52 amu में He के परमाणु $= \frac{1}{4} \times 52 = 13$ परमाणु

(iii) He का ग्राम परमाणु द्रव्यमान = 4 ग्राम

4 g He में परमाणु $= 6.022 \times 10^{23}$

52 ग्राम He में परमाणु $= \frac{6.022 \times 10^{23}}{4} \times 52$

$= 7.83 \times 10^{24}$ परमाणु

प्र.28. $CaCO_3$ जलीय HCl के साथ क्रिया करके $CaCl_2$ और CO_2 बनाता है।

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

0.75 M HCl के 25mL के साथ पूर्णत: अभिक्रिया करने के लिए $CaCO_3$ की कितनी मात्रा की आवश्यकता होगी।

हल- पद-1 25mL HCl विलयन की सान्द्रता 0.75 M है। इस विलयन में HCl की मात्रा ज्ञात करना

1000 mL विलयन में HCl के मोल = 0.75 mol अत: 25 mL विलयन में HCl के मोल

$= \frac{0.75}{1000} \times 25$ mol

HCl का द्रव्यमान $= \frac{0.75 \times 25}{1000} \times 36.5g$

$= 0.6844g$

पद - 2. $CaCO_3$ की मात्रा ज्ञात करना

हल- रासायनिक समीकरण के अनुसार,

2 × 36.5 g HCl क्रिया करते हैं = 100 g $CaCO_3$ से

0.6844 g HCl क्रिया करते हैं

$= \frac{100g \times 0.6844}{2 \times 36.5g}$

$= 0.9375$ g $CaCO_3$

प्र.29. प्रयोगशाला में Cl_2 का विरचन MnO_2 को जलीय HCl विलयन के साथ अभिक्रिया द्वारा निम्नलिखित समीकरण के अनुसार किया जाता है-

$$4HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

5.0 g MnO_2 के साथ HCl के कितने ग्राम क्रिया करेंगे।

हल- MnO_2 का मोलर द्रव्यमान = 55 + 32 = 87g mol^{-1}

समीकरण के अनुसार,

87g MnO_2 से क्रिया करने वाले HCl की मात्रा

= 4 × 36.5 g

5g MnO_2 से क्रिया करने वाले HCl की मात्रा

$= \frac{4 \times 36.5}{87} \times 5g$

= 8.39 g