4. द्रव्य का मापन

- रासायनिक संयोग का नियम
- परमाणु – आकार, द्रव्यमान , संयोजकता
- अणुद्रव्यमान और मोल की संकल्पना
- मूलक

थोड़ा याद करें

1. डाल्टन का परमाणु सिद्धांत क्या है ?
2. यौगिक कैसे बनते हैं ?
3. नमक, कली का चूना, पानी, चूना, चूने का पत्थर इनके अणुसूत्र क्या हैं ?

तत्वों के रासायनिक संयोग से यौगिकों का निर्माण होता है, यह हमनें पिछली कक्षा में पढ़ा है। हमने यह भी सीखा है कि डाल्टन के परमाणु सिद्धांत का एक महत्वपूर्ण सार यह है कि अलग-अलग तत्वों के परमाणु एक-दूसरे से जुड़ने से यौगिक के अणु का निर्माण होता है।

रासायनिक संयोग का नियम (Laws of Chemical Combination)

रासायनिक परिवर्तन होते समय पदार्थों का संगठन बदलता है। इस संदर्भ में मूलभूत प्रयोग 18 वीं और 19 वीं शताब्दी के वैज्ञानिकों ने किए। यह करते समय उन्होंने इस्तेमाल किए पदार्थों और तैयार हुए पदार्थों का अचूक मापन किया। डाल्टन, थॉमसन और रुदरफोर्ड इन वैज्ञानिकों ने पदार्थों और परमाणुओं की संरचना का अध्ययन करके रासायनिक संयोग के नियम की खोज की। डाल्टन के परमाणु सिद्धांत और रासायनिक संयोग के नियम के आधार पर वैज्ञानिकों ने विविध यौगिकों के अणुसूत्र लिखे। हम यहाँ ज्ञात अणुसूत्रों के आधार पर रासायनिक संयोग के नियम का सत्यापन करके देखेंगे।

करें और देखें

सामग्री : शंक्वाकार पात्र, परखनलियाँ, तराजू इत्यादि ।

रसायन : कैल्शियम क्लोराइड ($CaCl_2$), सोडियम सल्फेट (Na_2SO_4), कैल्शियम ऑक्साइड (CaO), पानी (H_2O) (आकृति 4.1 देखिए)

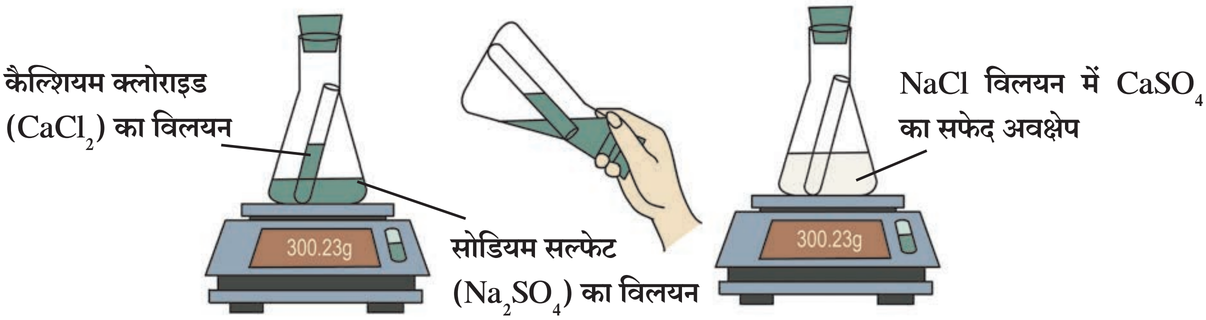
कृति 1

- एक बड़े शंक्वाकार पात्र में 56 ग्राम कैल्शियम ऑक्साइड लें और उसमें 18 ग्राम पानी डालें।
- क्या होता है, देखें।
- तैयार हुए पदार्थ के द्रव्यमान का मापन करें।
- क्या समानता दिखी ? अनुमान लिखें।

कृति 2

- कैल्शियम क्लोराइड का विलयन शंक्वाकार पात्र में लें और सोडियम सल्फेट का विलयन परखनली में लें।
- परखनली को धागा बाँधकर उसे सावधानीपूर्वक शंक्वाकार पात्र में छोड़ें।
- रबड़ का कॉर्क लगाकर शंक्वाकार पात्र वायुरुद्ध करें।
- शंक्वाकार पात्र का तराजू की सहायता से द्रव्यमान ज्ञात करें।
- अब शंक्वाकार पात्र को तिरछा करके परखनली का विलयन शंक्वाकार पात्र के विलयन में डालें।
- अब पुन: शंक्वाकार पात्र का द्रव्यमान करें।

आपको कौन-से परिवर्तन दिखाई दिए ? क्या द्रव्यमान में कुछ परिवर्तन हुआ ?



4.1 रासायनिक संयोग के नियम का सत्यपालन

द्रव्य की अविनाशिता का नियम (Law of Conservation of Matter)

उपर्युक्त कृति में मूल द्रव्य का द्रव्यमान और रासायनिक परिवर्तन से निर्मित हुए द्रव्य का द्रव्यमान समान है। 1785 में **एंटोनी लवाइझिए** (Antoine Lavoisier) नामक फ्रेंच वैज्ञानिक ने संशोधन से यह निष्कर्ष प्राप्त किया कि, 'रासायनिक अभिक्रिया' होते समय द्रव्य के द्रव्यमान में वृद्धि या कमी नहीं होती है।' रासायनिक अभिक्रिया के **अभिकारकों** (Reactants) का कुल द्रव्यमान और रासायनिक अभिक्रिया से निर्मित होने वाले **उत्पादों** (Products) का कुल द्रव्यमान समान होता है। इसे ही **द्रव्य की अविनाशिता का नियम** कहते हैं।

स्थिर अनुपात का नियम (Law of Constant Proportion)

फ्रेंच वैज्ञानिक प्रूस्ट (J. L. Proust) ने सन 1794 में स्थिर अनुपात का नियम प्रतिपादित किया, ''यौगिकों के विभिन्न नमूनों के घटक तत्वों के द्रव्यमानों का अनुपात सदैव स्थिर होता है।'' उदा. किसी भी स्रोत से प्राप्त पानी में हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का द्रव्यमानों का अनुपात 1 : 8 होता है, 1 ग्राम हाइड्रोजन और 8 ग्राम ऑक्सीजन के रासायनिक संयोग से 9 ग्राम पानी बनता है। इसी प्रकार कार्बन डाइऑक्साइड में कार्बन और ऑक्सीजन के द्रव्यमानों का अनुपात 3 : 8 होता है अर्थात् 44 ग्राम कार्बन डाइऑक्साइड में 12 ग्राम कार्बन और 32 ग्राम ऑक्सीजन होती है।

प्रूस्ट

लवाइझिए

वैज्ञानिकों का परिचय

एंटोनी लवाइझिए (1743 से 1794)

ये फ्रेंच वैज्ञानिक थे। उन्हें आधुनिक रसायनशास्त्र का जनक कहा जाता है। रसायन शास्त्र की तरह जीवशास्त्र, अर्थशास्त्र व वित्तशास्त्र के क्षेत्रों में भी उनका बड़ा योगदान है।

1. ऑक्सीजन की खोज की और उसका नामकरण किया।
2. सिद्ध किया कि ज्वलन में पदार्थ का ऑक्सीजन के साथ संयोग होता है।(1772)
3. रासायनिक प्रयोग में अभिकारकों और उत्पादों के द्रव्यमान अचूक ज्ञात करने की पद्धति का सर्वप्रथम उपयोग किया।
4. पानी हाइड्रोजन और ऑक्सीजन से बना होता है, उन्होंने इसकी खोज की।
5. रासायनिक अभिक्रिया में द्रव्यमान स्थिर रहता है, इस नियम का सर्वप्रथम लेखन किया।
6. यौगिकों को उचित नाम दिए उदा. सल्फ्युरिक अम्ल, कॉपर सल्फेट इत्यादि।
7. 1789 में Elementary Treatise on Chemistry नामक आधुनिक रसायन शास्त्र का पहला ग्रंथ लिखा।

स्थिर अनुपात के नियम का सत्यपान

अनेक यौगिक विभिन्न प्रकार से बनाए जा सकते हैं, उदा. कॉपर कार्बोनेट $CuCO_3$ के विघटन से और कॉपर नाइट्रेट $Cu(NO_3)_2$ के विघटन से कॉपर ऑक्साइड CuO, इस यौगिक के दो नमूने प्राप्त हुए। इन दोनों नमूनों में से प्रत्येक से 8 ग्राम कॉपर ऑक्साइड लिया और उसकी स्वतंत्र रूप से हाइड्रोजन गैस के साथ अभिक्रिया करने पर दोनों में से प्रत्येक द्वारा 6.4 ग्राम ताँबा और 1.8 ग्राम पानी प्राप्त हुआ । हम देखेंगे कि इस आधार पर स्थिर अनुपात का नियम कैसे सिद्ध होता है ।

कॉपर ऑक्साइड की हाइड्रोजन के साथ अभिक्रिया होने से पानी (यौगिक) और कॉपर (तत्व) ऐसे दो ज्ञात पदार्थ निर्मित हुए । उसमें से यौगिक पानी H_2O में तत्व हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के द्रव्यमान का अनुपात 1:8 है, यह हमें पहले ही ज्ञात है अर्थात 9 ग्राम पानी में 8 ग्राम ऑक्सीजन होती है। इसलिए 1:8 ग्राम पानी में $\frac{8}{9} \times 1.8 = 1.6$ ग्राम ऑक्सीजन है। यह ऑक्सीजन 8 ग्राम कॉपर ऑक्साइड से प्राप्त हुई। इसका अर्थ है कि कॉपर ऑक्साइड के दोनों नमूनों में से प्रत्येक के 8 ग्राम राशि में 6.4 ग्राम कॉपर और 1.6 ग्राम ऑक्सीजन है और उसमें Cu और O के द्रव्यमान का अनुपात 6.4 : 1.6 अर्थात 4:1 है। अत: प्रयोग द्वारा दिखाई दिया कि पदार्थ के दो विभिन्न नमूनों के घटक तत्वों के द्रव्यमान का अनुपात स्थिर रहता है।

अब हम देखेंगे कि कॉपर ऑक्साइड CuO के अणुसूत्र के आधार पर घटक तत्वों के द्रव्यमानों का अनुपात क्या है? इसके लिए तत्वों के ज्ञात परमाणु द्रव्यमानों का उपयोग करना होगा। Cu और O का परमाणु द्रव्यमान क्रमश: 63.5 और 16 है अर्थात CuO के अणु में घटक तत्वों Cu और O का भारात्मक अनुपात 63.5:16 अर्थात 3.968:1 अर्थात लगभग 4:1 है ।

प्रयोग द्वारा प्राप्त हुए घटक तत्वों के द्रव्यमान का अणुसूत्र द्वारा ज्ञात किए गए अपेक्षित अनुपात के समान होता है, अत: स्थिर अनुपात के नियम का सत्यापन होता है।

परमाणु (Atom) : आकार, द्रव्यमान, संयोजकता (Size, Mass and Valency)

थोड़ा याद करें

1. परमाणु की आंतरिक संरचना होती है। यह कौन-से प्रयोग द्वारा पता चला? कब?
2. परमाणु के दो भाग कौन-से हैं? वे किससे बने होते हैं?

हमने पिछली कक्षा में देखा है कि परमाणु के बीचोंबीच नाभिक होता है और नाभिक के बाहर के भाग में घूमने वाले इलेक्ट्रॉन ऋणावेशित मूल कण होते हैं। नाभिक में धनावेशित प्रोटॉन और अनावेशित न्यूट्रॉन ये मूल कण होते हैं।

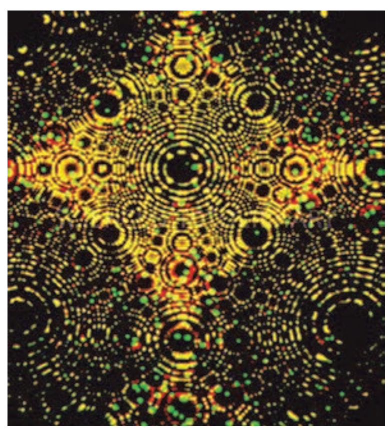
परमाणु का आयतन उसकी त्रिज्या द्वारा निश्चित किया जाता है। स्वतंत्र परमाणु में परमाणु के नाभिक और बाह्यतम कक्षा के बीच की दूरी को परमाणु त्रिज्या कहते हैं। परमाणु की त्रिज्या नेनोमीटर में व्यक्त की जाती है।

$\frac{1}{10^9}$ m = 1nm

1m = 10^9 nm.

परमाणु का अंदाजन आयतन

परमाणु की त्रिज्या (मीटर में)	उदाहरण
10^{-10}	हाइड्रोजन का परमाणु
10^{-9}	पानी का अणु
10^{-8}	हिमोग्लोबिन का अणु



4.2 इरिडियम के परमाणु का प्रतिबिंब

परमाणु अत्यंत सूक्ष्म होते हैं। इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी, फील्ड आयन सूक्ष्मदर्शी, स्कॅनिग टनेलिंग सूक्ष्मदर्शी जैसे अत्याधुनिक साधनों में परमाणु का आवर्धित प्रतिबिंब दिखाने की क्षमता होती है।

परमाणु का आयतन उसमें उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की कक्षा संख्या पर निर्भर होता है। कक्षाओं की संख्या जितनी अधिक होगी परमाणु का आकार उतना बड़ा होगा। उदा. Na का परमाणु K के परमाणु से बड़ा है। यदि दो परमाणुओं में बाह्यतम कक्षा समान है तो जिस परमाणु के बाह्यतम कक्षा में अधिक इलेक्ट्रॉन होंगे उसका आकार जिस परमाणु की बाह्यतम कक्षा में कम इलेक्ट्रॉन है, उसकी तुलना में छोटा होगा। उदा. Na के परमाणु की अपेक्षा Mg हा परमाणु छोटा है।

परमाणु का द्रव्यमान (Mass of Atom)

परमाणु का द्रव्यमान उसके नाभिक में समाविष्ट होता है तथा वह प्रोटॉन (p) और न्यूट्रॉन (n) के कारण होता है। परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की कुल संख्या को **परमाणु द्रव्यमानांक** (Atomic Mass Number) कहते हैं। प्रोट्रॉन और न्यूट्रॉन को एकत्रित रूप से **नाभिक के मूल कण** (Nucleons) कहते हैं।

परमाणु अत्यंत सूक्ष्म होता है। उसका द्रव्यमान कैसे निश्चित करें, यह समस्या वैज्ञानिकों के सामने भी उपस्थित हुई । 19 वीं शताब्दी में वैज्ञानिकों को परमाणु द्रव्यमान का मापन अचूक करना संभव न होने के कारण 'परमाणु के सापेक्ष द्रव्यमान' के मापन के लिए एक संदर्भ परमाणु की आवश्यकता हुई। हाइड्रोजन का परमाणु सबसे हल्का होने के कारण प्रारंभ के काल में हाइड्रोजन का संदर्भ परमाणु के रूप में चयन किया गया। जिसके नाभिक में केवल एक प्रोटॉन है ऐसे हाइड्रोजन के परमाणु का सापेक्ष द्रव्यमान एक (1) स्वीकार किया गया। इस कारण सापेक्ष परमाणु द्रव्यमान का मान परमाणु द्रव्यमानांक (A) के जितना (बराबर) हुआ।

हाइड्रोजन का सापेक्ष परमाणु द्रव्यमान (1) मानने पर नाइट्रोजन परमाणु का द्रव्यमान कितना होगा, यह कैसे निश्चित करें ?

नाइट्रोजन के एक परमाणु का द्रव्यमान हाइड्रोजन के एक परमाणु के द्रव्यमान का चौदह (14) गुना होता है इसलिए नाइट्रोजन का सापेक्ष द्रव्यमान 14 है । इस अनुसार विविध तत्वों के सापेक्ष परमाणु द्रव्यमान निश्चित किए गए हैं। इस मापन श्रेणी में अनेक तत्वों के सापेक्ष परमाणु द्रव्यमान अपूर्णांक आए। इस कारण समयानुसार कुछ अन्य परमाणुओं का संदर्भ परमाणु के रूप में चयन किया गया। अंत में 1961 में कार्बन परमाणु का संदर्भ परमाणु के रूप में चयन किया गया। इस पद्धति में कार्बन के एक परमाणु के सापेक्ष द्रव्यमान को 12 स्वीकार किया । कार्बन परमाणु की तुलना में हाइड्रोजन के एक परमाणु का सापेक्ष द्रव्यमान $12 \times \frac{1}{12}$ अर्थात 1 होता है। परमाणुओं के सापेक्ष द्रव्यमानों के आधार पर एक प्रोटॉन और एक न्यूट्रॉन का द्रव्यमान लगभग एक होता है ।

कुछ तत्व और उनके सापेक्ष परमाणु द्रव्यमान नीचे तालिका में दिए गए हैं, तो कुछ तत्वों के परमाणु द्रव्यमान आप खोजें।

तत्व	परमाणु द्रव्यमान	तत्व	परमाणु द्रव्यमान	तत्व	परमाणु द्रव्यमान
हाइड्रोजन	1	ऑक्सीजन		फॉस्फोरस	
हीलियम	4	फ्लोरीन	19	सल्फर	32
लीथियम	7	नियॉन	20	क्लोरीन	35.5
बेरिलियम	9	सोडियम		ऑरगन	
बोरॉन	11	मैग्नीशियम	24	पोटैशियम	
कार्बन	12	एल्युमीनियम		कैल्शियम	40
नाइट्रोजन	14	सिलिकॉन	28		

वर्तमान काल में परमाणु के द्रव्यमान का प्रत्यक्ष रूप से मापन करने की अधिक अचूक पद्धतियाँ विकसित हुई हैं, इस कारण परमाणु द्रव्यमान के लिए सापेक्ष द्रव्यमान के स्थान पर **एकीकृत द्रव्यमान** (Unified Mass) इस इकाई को स्वीकार किया गया है। इस इकाई को 'डाल्टन' कहा जाता है। इसके लिए u प्रतीक का उपयोग किया जाता है।

$1u = 1.66053904 \times 10^{-27}$ kg

तत्वों के रासायनिक प्रतीक (संकेत) (Chemical symbols of Elements)

बताइए तो

1. रसायनशास्त्र में किसी तत्व को कैसे दर्शाया जाता है?
2. आपको ज्ञात कुछ तत्वों के प्रतीक लिखिए।
3. एन्टीमनी, लोहा, सोना, चाँदी, पारा, सीसा, सोडियम के प्रतीक लिखिए।

डाल्टन ने तत्वों को प्रतीक देने के लिए विशेष चिह्नों का उपयोग किया था। जैसे हाइड्रोजन के लिए ⊙ तो ताँबे के लिए © । आज हम IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) द्वारा निश्चित किए गए प्रतीकों का उपयोग करते हैं। ये अधिकृत नाम और प्रतीक होने के कारण संपूर्ण विश्व में उपयोग में लाए जाते हैं। वर्तमान की रासायनिक प्रतीक पद्धति बर्जिलियस द्वारा खोजी गई पद्धति पर आधारित है। इस के अनुसार तत्वों के प्रतीक उनके नामों के पहले अक्षर या पहले और दूसरे/अन्य विशेष अक्षर होते हैं। दो अक्षरों में से पहले अक्षर को बड़ी लिपि में और दूसरे अक्षर को छोटी लिपि में लिखते हैं।

तत्व और यौगिकों के अणु (Molecules of Elements and Compounds)

कुछ तत्वों के परमाणुओं का स्वतंत्र अस्तित्व होता है, उदाहरण के लिए हीलियम, नियॉन अर्थात ये तत्व एक-परमाणु-अणु अवस्था में होते है। कई बार तत्व के दो या अधिक परमाणुओं के संयोग से उस तत्व का अणु निर्मित होता है। ऐसे तत्व बहु - परमाणु - अणु अवस्था में रहते हैं, उदाहरण के लिए ऑक्सीजन, नाइट्रोजन ये तत्व द्वि-परमाणु-अणु अवस्था में O_2, N_2 इस प्रकार के होते हैं। जब भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणु एक-दूसरे से संयोग करते हैं, तब यौगिक के अणु निर्मित होते है अर्थात तत्वों के रासायनिक आकर्षण के कारण यौगिक निर्मित होते हैं।

सूची बनाइए और चर्चा कीजिए

एक-परमाणु-अणु और द्वि-परमाणु-अणु अवस्था के तत्वों की सूची बनाइए।

अणु द्रव्यमान और मोल की संकल्पना (Molecular Mass and Mole Concept)

अणु द्रव्यमान

किसी पदार्थ के अणु द्रव्यमान का अर्थ उसके एक अणु में उपस्थित सभी परमाणुओं के द्रव्यमानों का योगफल होता है। परमाणु द्रव्यमान की भाँति अणुद्रव्यमान को भी डाल्टन (u) इकाई में ही व्यक्त किया जाता है।

H_2O का अणु द्रव्यमान कैसे ज्ञात किया जा सकता है?

अणु	घटक तत्व	परमाणु द्रव्यमान u	अणु में परमाणुओं की संख्या	परमाणु द्रव्यमान × परमाणुओं की संख्या	घटकों का द्रव्यमान u
H_2O	हाइड्रोजन	1	2	1×2	2
	ऑक्सीजन	16	1	16×1	16
अणु द्रव्यमान = घटक परमाणु द्रव्यमानों का योगफल (H_2O का अणु द्रव्यमान) = (H का परमाणु द्रव्यमान) ×2 + (O का परमाणु द्रव्यमान)×1					अणु द्रव्यमान 18

थोड़ा सोचिए

नीचे कुछ तत्वों के परमाणु द्रव्यमान डाल्टन में दिए गए हैं और कुछ यौगिकों के अणुसूत्र दिए गए हैं, उन यौगिकों के अणु द्रव्यमान ज्ञात कीजिए ।

परमाणु द्रव्यमान → H(1), O(16), N(14), C(12),K (39), S (32) Ca(40), Na(23), Cl(35.5), Mg(24), Al(27)

अणु सूत्र → $NaCl$, $MgCl_2$, KNO_3, H_2O_2, $AlCl_3$, $Ca(OH)_2$, MgO, H_2SO_4, HNO_3, $NaOH$

मोल (Mole)

करें और देखें

1. वजन काँटे से अरहर की दाल, मसूर की दाल, चने की दाल इनमें से प्रत्येक के एक दाने का द्रव्यमान ज्ञात करें। क्या अनुभव मिला ?
2. अरहर की दाल, मसूर की दाल, चने की दाल इनका प्रत्येक का १० ग्राम वजन करें और उनके दानों की संख्या गिने। वह संख्या सबकी समान आई या भिन्न-भिन्न ?
3. कागज पर रेखाचित्र बनाकर उसे रँगने के लिए प्रत्येक रेखा पर क्रमश: अरहर, मसूर और चने की दाल चिपकाएँ। तीनों प्रकार की दालों के दाने समान संख्या में लें । संपूर्ण चित्र पूर्ण करके अरहर दाल, मसूर दाल और चना दाल प्रत्येक कितने ग्राम लगी उसे ज्ञात करें और प्रत्येक दाल के दानों की संख्या दर्जन में ज्ञात करें।
4. समान संख्या के दालों के दानों का द्रव्यमान और समान द्रव्यमान में दालों के दानों की संख्या के बारे में आप कौन-सा निष्कर्ष प्राप्त करेंगे ?

विचार कीजिए

एक एकड़ जमीन में बोआई करने के लिए गेहूँ, ज्वारी और बाजरी के कितने बीज लगते हैं। क्या इस वजन का उन अनाज के दानों की संख्या के साथ कुछ संबंध स्थापित किया जा सकता है ?

बताइए तो

1. क्या वजन काँटे का उपयोग करके किसी भी पदार्थ के एक परमाणु का द्रव्यमान करना संभव है ?
2. क्या भिन्न-भिन्न पदार्थों के समान द्रव्यमान वाली राशियों में उस पदार्थ के परमाणुओं की संख्या समान होगी ?
3. क्या भिन्न-भिन्न पदार्थों के परमाणु समान संख्या में लेने के लिए उन पदार्थों के समान द्रव्यमान की राशि लेकर काम होगा ?

तत्व या यौगिक जब रासायनिक अभिक्रियाओं में भाग लेते हैं तब उनके परमाणुओं और अणुओं में अभिक्रिया होती है अत: उनके परमाणु-अणुओं की संख्या ज्ञात होनी चाहिए। लेकिन रासायनिक अभिक्रिया करते समय परमाणु-अणु को गिनने की अपेक्षा राशियों का मापन करके उपयोग करना सुविधाजनक होता है। इसके लिए 'मोल' संकल्पना का उपयोग होता है ।

मोल किसी पदार्थ की वह राशि होती है जिसका ग्राम में द्रव्यमान उस पदार्थ के अणु द्रव्यमान के डाल्टन में मान के बराबर होता है। जैसे ऑक्सीजन का अणु द्रव्यमान 32 है । 32 ग्राम ऑक्सीजन का अर्थ 1 मोल ऑक्सीजन होता है। पानी का अणुद्रव्यमान 18 है । इस कारण 18 ग्राम पानी का अर्थ 1 मोल पानी होता है ।

यौगिक के 1 मोल का अर्थ यौगिक के अणुद्रव्यमान के मान के बराबर ग्राम में यौगिक का द्रव्यमान होता है । मोल (mol) यह SI इकाई है ।

$$\text{पदार्थ के मोलों की संख्या } (n) = \frac{\text{पदार्थ का ग्राम में द्रव्यमान}}{\text{पदार्थ का अणु द्रव्यमान}}$$

एवोगैड्रो संख्या (Avogadro's number)

किसी भी पदार्थ के एक मोल राशि में अणुओं की संख्या निश्चित होती है। इटालियन वैज्ञानिक एवोगैड्रो ने इस संदर्भ में मूलभूत अनुसंधान किए इसलिए इस संख्या को ऐवोगैड्रो संख्या कहते हैं और इसे N_A अक्षर द्वारा प्रदर्शित करते हैं। आगे वैज्ञानिकों ने प्रयोगों द्वारा सिद्ध किया कि ऐवोगैड्रो संख्या का मान 6.022×10^{23} होता है। किसी भी पदार्थ के एक मोल में उसके 6.022×10^{23} अणु होते हैं। जैसे 1 दर्जन का अर्थ 12, एक शतक का अर्थ 100, एक ग्रोस का अर्थ 144 उसी प्रकार 1 मोल का अर्थ 6.022×10^{23}। उदाहरण के लिए 1 मोल पानी अर्थात 18 ग्राम पानी लिया तो उसमें पानी के 6.022×10^{23} अणु होंगे।

66 ग्राम CO_2 में कितने अणु होंगे?

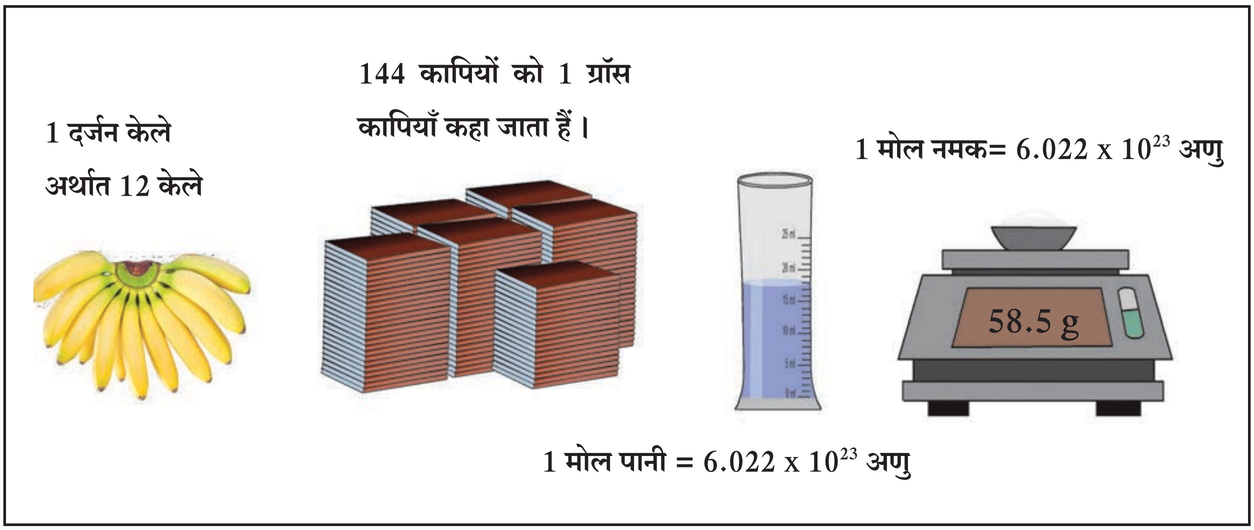
हल: CO_2 का अणु द्रव्यमान 44 है।

$$CO_2 \text{ के मोलों की संख्या } (n) = \frac{CO_2 \text{ का ग्राम में द्रव्यमान}}{CO_2 \text{ का अणु द्रव्यमान}} = \frac{66}{44}$$

$\therefore$ n= 1.5 मोल (mol)

$\therefore$ 1 मोल CO_2 में 6.022×10^{23} अणु होते हैं।

$\therefore$ 1.5 मोल CO_2 में $1.5 \times 6.022 \times 10^{23}$ अणु $= 9.033 \times 10^{23}$ अणु होते हैं।



4.3 एक मोल (ऐवोगैड्रो संख्या)

थोड़ा सोचिए

1. 36 ग्राम पानी में पानी के कितने अणु होंगे?
2. 49 ग्राम H_2SO_4 में H_2SO_4 के कितने अणु होते हैं?

इसे सदैव ध्यान में रखिए

1. किसी पदार्थ की दी गई राशि में अणुओं की संख्या उसके अणुद्रव्यमान द्वारा निश्चित होती है।
2. विभिन्न पदार्थों के समान द्रव्यमानों की राशियों में अणुओं की संख्या भिन्न-भिन्न होती है।
3. विभिन्न पदार्थों के 1 मोल राशि का ग्राम में द्रव्यमान भिन्न-भिन्न होता है।

संयोजकता (Valency)

थोड़ा याद करें

1. H_2, HCl, H_2O और NaCl इन अणुसूत्रों से H, Cl, O तथा Na तत्वों की संयोजकता ज्ञात कीजिए।
2. NaCl, $MgCl_2$ इन यौगिकों में कौन-से प्रकार का रासायनिक बंध है?

तत्वों की संयोग करने की क्षमता को संयोजकता कहते हैं। तत्वों की संयोजकता को विशेष अंकों द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। यह अंक उस तत्व के परमाणु द्वारा अन्य परमाणुओं के साथ स्थापित किए रासायनिक बंधों की संख्या होता है। 18वीं और 19वीं शताब्दी में तत्वों की संयोजकता समझने के लिए रासायनिक संयोग के नियमों का उपयोग किया जाता था। 20वीं शताब्दी में तत्वों की संयोजकता का उसके इलेक्ट्रॉनिक संरूपण के साथ का संबंध पता चला।

सोडियम परमाणु (Na) इलेक्ट्रॉनिक संरूपण (2,8,1) $\xrightarrow{-1e^-}$ सोडियम आयन Na^+ (2,8)

क्लोरीन परमाणु (Cl) इलेक्ट्रॉनिक संरूपण (2,8,7) $\xrightarrow{+1e^-}$ क्लोराइड आयन Cl^- (2,8,8)

$Na^+ + Cl^- \longrightarrow$ NaCl (सोडियम क्लोराइड)

सोडियम का परमाणु एक इलेक्ट्रॉन क्लोरीन के परमाणु को देता है और सोडियम का धनायन निर्मित होता है इसलिए सोडियम की संयोजकता 1 है। क्लोरीन का परमाणु एक इलेक्ट्रॉन लेता है और क्लोरीन का ऋणायन (क्लोराइड) निर्मित होता है इसलिए क्लोरीन की संयोजकता 1 है। प्रत्येक आयन पर विपरीत आवेश होने से आकर्षण के कारण Na^+ और Cl^- के मध्य रासायनिक बंध का निर्माण होने से NaCl तैयार होता है।

इस प्रकार सोडियम परमाणु की क्षमता एक इलेक्ट्रॉन देने की और क्लोरीन के परमाणु की क्षमता एक इलेक्ट्रॉन लेने की है अत: सोडियम और क्लोरीन दोनों तत्वों की संयोजकता 1 है।

आयनिक बंध का निर्माण होते समय परमाणु जितने इलेक्ट्रॉन देता या लेता है उस संख्या को उस तत्व की संयोजकता कहते हैं।

विज्ञान कुपी

धनावेशित आयनों को केटायन (धनायन) कहते हैं तो ऋणावेशित आयनों को एनायन (ऋणायन) कहते हैं। उदाहरण $MgCl_2$ में Mg^{++}, Cl^- क्रमश: धनायन और ऋणायन होते हैं।

तत्वों के बाह्यतम कक्षा में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों को संयोजकता इलेक्ट्रॉन कहते हैं।

थोड़ा सोचिए

$MgCl_2$ और CaO किस प्रकार निर्मित होंगे?

दिए जाने और लिए जाने वाले इलेक्ट्रॉन की संख्या हमेशा पूर्णांक संख्या होती है इसलिए संयोजकता हमेशा पूर्णांक संख्या ही होती है।

संस्थाओं के कार्य : राष्ट्रीय रासायनिक प्रयोगशाला, पुणे (**National Chemical Laboratory**) रसायनशास्त्र की विभिन्न शाखाओं में अनुसंधान करना, उद्योगों को मदद करना और प्राकृतिक संपदा का लाभदायक उपयोग होने की दृष्टि से नई प्रौद्योगिकी का विकास करने के उद्देश्य से इस प्रयोगशाला की स्थापना 1950 में हुई जो कि CSIR का एक घटक है। जैव प्रौद्योगिकी, नैनो प्रौद्योगिकी, कैटोलिसिस, दवाइयाँ, उपकरण, कृषि रसायन, वनस्पति ऊतकों का संवर्धन और बहुलक विज्ञान (Polymer Science) जैसी विविध उपशाखाओं में अनुसंधन तथा उपक्रम इस प्रयोगशाला द्वारा किया जाता है।

नीचे दी गई तालिका पूर्ण कीजिए ।

तत्व	परमाणु क्रमांक	इलेक्ट्रॉन संरूपण	संयोजकता इलेक्ट्रॉन	संयोजकता
हाइड्रोजन	1	1	1	1
हीलियम	2	2	2	0
लीथियम		2,1		
बेरिलियम	4			2
बोरॉन	5	2,3		
कार्बन		2,4	4	
नाइट्रोजन	7			3
ऑक्सीजन		2,6	6	
फ्लोरीन	9		7	
नियॉन	10			
सोडियम		2,8,1	1	1
मैग्नीशियम	12		2	
एल्युमीनियम	13	2,8,3		
सिलिकॉन	14		4	

परिवर्ती संयोजकता

विभिन्न परिस्थितियों में कुछ तत्वों के परमाणु भिन्न-भिन्न संख्या में इलेक्ट्रॉन देते या लेते हैं। ऐसे समय वे तत्व एक से अधिक संयोजकता प्रदर्शित करते हैं।

इसे सदैव ध्यान में रखिए

लोहा (आयरन) 2 और 3 परिवर्ती संयोजकता प्रदर्शित करता है। इस कारण क्लोरीन के साथ $FeCl_2$ और $FeCl_3$ दो यौगिक निर्मित होते हैं।

खोजिए

1. परिवर्ती संयोजकता प्रदर्शित करने वाले कुछ तत्व खोजें ।
2. ऊपर बताए अनुसार परिवर्ती संयोजकता प्रदर्शित करने वाले तत्वों के यौगिक खोजें।

परिवर्ती संयोजकता प्रदर्शित करने वाले कुछ तत्व

तत्व	संज्ञा	संयोजकता	आयन	नामकरण
तांबा	Cu	1 और 2	Cu^{+} Cu^{2+}	क्यूप्रस क्यूप्रिक
पारा	Hg	1 और 2	Hg^{+} Hg^{2+}	मर्क्यूरस मर्क्यूरिक
लोहा	Fe	2 और 3	Fe^{2+} Fe^{3+}	फेरस फेरिक

मूलक (Radicals)

तालिका पूर्ण कीजिए

नीचे दी गई तालिका के यौगिकों से मिलने वाले केटायन और एनायन लिखिए।

भस्म	केटायन	एनायन	अम्ल	केटायन	एनायन
NaOH			HCl		
KOH			HBr		
$Ca(OH)_2$			HNO_3		

आयनिक बंध वाले यौगिकों में दो घटक केटायन (धनायन) और एनायन (ऋणायन) होते हैं । ये घटक स्वतंत्र रूप से रासायनिक अभिक्रियाओं में भाग लेते हैं, इसलिए उन्हें मूलक कहते हैं। केटायन रूपी मूलक की जोड़ी हायड्राक्साइड एनायन रूपी मूलक के साथ होने पर विविध भस्म तैयार होते हैं, जैसे NaOH, KOH । इस कारण केटायन को लवणीय मूलक भी कहते हैं। विविध भस्मों में अंतर इसी मूलक के कारण स्पष्ट होता है। इसके विपरीत एनायन रूपी मूलकों की जोड़ी हाइड्रोजन केटायन रूपी मूलक के साथ होने पर विविध अम्ल तैयार होते हैं, जैसे HCl, HBr । इस कारण एनायन को अम्लीय मूलक कहते हैं। विविध अम्लों में अंतर उनमें उपस्थित अम्लीय मूलक के कारण स्पष्ट होता है।

बताइए तो

आगे दिए गए मूलकों में से लवणीय मूलक और अम्लीय मूलक कौन-से हैं ?

Ag^+, Cu^{2+}, Cl^-, I^-, SO_4^{2-}, Fe^{3+}, Ca^{2+}, NO_3^-, S^{2-}, NH_4^+, K^+, MnO_4^-, Na^+

सामान्यत: लवणीय मूलक धातुओं के परमाणुओं से इलेक्ट्रॉन निकालने पर बनते हैं। जैसे Na^+, Cu^{2+} परंतु इसके भी कुछ अपवाद हैं जैसे NH_4^+ । इसी प्रकार अम्लीय मूलक सामान्यत: अधातुओं के परमाणुओं द्वारा इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके बनते हैं, जैसे Cl^-, S^{2-} परंतु इसके भी कुछ अपवाद हैं जैसे MnO_4^-

थोड़ा सोचिए

आगे दिए गए मूलकों का दो समूहों में वर्गीकरण कीजिए। यहाँ मूलकों के विद्युत आवेश चिह्नों से भिन्न शर्त का उपयोग करें।

Ag^+, Mg^{2+}, Cl^-, SO_4^{2-}, Fe^{2+}, ClO_3^-, NH_4^+, Br^-, NO_3^-

एक ही परमाणु वाले मूलक को सरल मूलक कहते हैं। जैसे Na^+, Cu^+, Cl^-

जब कोई मूलक आवेशित परमाणुओं का समूह होता है तब उसे संयुक्त मूलक कहते हैं। जैसे SO_4^{2-}, NH_4^+ मूलक पर आवेश का जो मान होता है वही उसकी संयोजकता होती है।

यौगिकों के रासायनिक सूत्र - एक पुनरावलोकन

आयनिक बंध द्वारा तैयार हुए यौगिकों का गुणधर्म है कि उनके अणु के दो भाग होते हैं, वे दो भाग केटायन और एनायन होते हैं अर्थात लवणीय मूलक और अम्लीय मूलक। इन दोनों भागों पर विपरीत आवेश होता है, उनके बीच का आकर्षण बल ही आयनिक बंध होता है। आयनिक यौगिकों के नाम में दो शब्द होते हैं। पहला शब्द केटायन का नाम होता है तो दूसरा शब्द एनायन का नाम होता है। जैसे यौगिक सोडियम क्लोराइड का रासायनिक सूत्र लिखते समय केटायन का प्रतीक बाईं ओर तथा उसके पास दाहिनीं ओर एनायन का प्रतीक लिखते हैं ।

अणुसूत्र लिखते समय आयनों का आवेश दिखाते नहीं हैं लेकिन उन आयनों की संख्या दाहिनी ओर नीचे की ओर लिखी जाती है। संयुक्त मूलकों की संख्या 2 या अधिक होने पर मूलकों के प्रतीक कोष्ठक में लिखकर संख्या को कोष्ठक के बाहर नीचे की ओर लिखा जाता है । संयोजकताओं के तिर्यक गुणा पद्धति से यह संख्या प्राप्त करना सरल होता है। उदा. यौगिक सोडियम सल्फेट का रासायनिक सूत्र लिखने के चरण आगामी पृष्ठ पर है ।

सूचना और संचार प्रौद्योगिकी के साथ

द्रव्य का मापन और अन्य जानकारी का अध्ययन करने के लिए दिए गए संकेतस्थल की मदद लें।

तत्वों के परमाणु द्रव्यमान, अणु द्रव्यमान, इलेक्ट्रॉनिक संरूपण और संयोजकता के संदर्भ में स्प्रेडशीट तैयार करें ।

संकेतस्थल

www.organic.chemistry.org

www. masterorganicchemistry.com

www. rsc.org.learnchemistry

चरण 1 : मूलकों के प्रतीक लिखें । (लवणीय मूलक बाईं ओर)

Na $\quad$ SO_4

चरण 2 : उन मूलकों के नीचे उनकी संयोजकता लिखें।

Na $\quad$ SO_4

1 $\quad$ 2

चरण 3 : मूलकों की संख्या प्राप्त करने के लिए तीर द्वारा दर्शाए अनुसार तिर्यक गुणा करें।

Na $\quad$ SO_4

1 $\quad$ 2

चरण 4 : यौगिक का रासायनिक सूत्र लिखें ।

Na_2SO_4

विविध यौगिकों के रासायनिक सूत्र लिखने के लिए उनके मूलकों की संयोजकता की जानकारी होना आवश्यक है। नीचे दी गई तालिका में हमेशा उपयोग में आने वाले मूलकों के नाम तथा उनके आवेश के साथ प्रतीक दिए गए हैं।

आयन/मूलक

लवणीय मूलक				अम्लीय मूलक			
H^+	हाइड्रोजन	Al^{3+}	एल्युमीनियम	H^-	हायड्राइड	MnO_4^-	परमेंगनेट
Na^+	सोडियम	Cr^{3+}	क्रोमियम	F^-	प्लोराइड	ClO_3^-	क्लोरेट
K^+	पोटैशियम	Fe^{3+}	फेरिक	Cl^-	क्लोराइड	BrO_3^-	ब्रोमेट
Ag^+	सिल्व्हर	Au^{3+}	गोल्ड	Br^-	ब्रोमाइड	IO_3^-	आयोडेट
Cu^+	क्यूप्रस	Sn^{4+}	स्टॅनिक	I^-	आयोडाइड	CO_3^{2-}	कार्बोनेट
Hg^+	मर्क्युरस	NH_4^+	अमोनियम	O^{2-}	ऑक्साइड	SO_4^{2-}	सल्फेट
Cu^{2+}	क्युप्रिक/कॉपर			S^{2-}	सल्फाइड	SO_3^{2-}	सल्फाइट
Mg^{2+}	मैग्नीशियम			N^{3-}	नायट्राइड	CrO_4^{2-}	क्रोमेट
Ca^{2+}	कैल्शियम					$Cr_2O_7^{2-}$	डायक्रोमेट
Ni^{2+}	निकेल			OH^-	हायड्रॉक्साइड	PO_4^{3-}	फॉस्फेट
Co^{2+}	कोबाल्ट			NO_3^-	नायट्रेट		
Hg^{2+}	मरक्युरिक			NO_2^-	नायट्राइट		
Mn^{2+}	मैंगनीज			HCO_3^-	बायकार्बोनेट		
Fe^{2+}	फेरस (आयर्न II)			HSO_4^-	बायसल्फेट		
Sn^{2+}	स्टेनस			HSO_3^-	बायसल्फाइट		
Pt^{2+}	प्लेटिनम						

H9PYY2

पुस्तक मेरे दोस्त

Essentials of Chemistry, The Encylopedia of Chemistry, विज्ञान और प्रौद्योगिकी कोश ।

थोड़ा सोचिए

'आयन मूलक' इस तालिका से और तिर्यक गुणा पद्धति का उपयोग करके नीचे दिए गए यौगिकों के रासायनिक सूत्र तैयार करें।

कैल्शियम कार्बोनेट, सोडियम बाइकार्बोनेट, सिल्वर क्लोराइड, मैग्नीशियम ऑक्साइड, कैल्शियम हायड्रॉक्साइड, अमोनियम फॉस्फेट, क्युप्रस ब्रोमाइड, कॉपर सल्फेट, पोटैशियम नाइट्रेट, सोडियम डायक्रोमेट ।

स्वाध्याय

1. **नाम लिखिए ।**
   - अ. धनायन
   - आ. लवणीय मूलक
   - इ. संयुक्त मूलक
   - इ. परिवर्ती संयोजकता वाली धातु
   - उ. द्वि-संयोजी अम्लीय मूलक
   - ऊ. त्रि-संयोजी लवणीय मूलक
2. **नीचे दिए गए तत्त्व और उनसे प्राप्त होने वाले मूलकों के प्रतीक लिखकर मूलकों का आवेश प्रदर्शित कीजिए ।**

   पारा, पोटैशियम, नाइट्रोजन, ताँबा, कार्बन, सल्फर, क्लोरीन, ऑक्सीजन
3. **नीचे दिए गए यौगिकों के रासायनिक सूत्र तैयार करने के चरण लिखिए ।**

   सोडियम सल्फेट, पोटैशियम नाइट्रेट, फेरिक फॉस्फेट, कैल्शियम ऑक्साइड, एल्युमीनियम हायड्रॉक्साइड
4. **नीचे दिए गए प्रश्नों को स्पष्ट करके लिखिए।**
   - अ. सोडियम तत्व एक संयोजी है।
   - आ. M एक द्विसंयोजी धातु है। सल्फेट और फॉस्फेट मूलकों के साथ उसके द्वारा तैयार किए यौगिकों के रासायनिक सूत्र ढूँढ़ने के लिए चरण लिखिए।
   - इ. परमाणु द्रव्यमान के लिए संदर्भ परमाणु की आवश्यकता स्पष्ट कीजिए । दो संदर्भ परमाणुओं की जानकारी दीजिए ।
   - ई. 'परमाणु के एकीकृत द्रव्यमान' का क्या अर्थ है?
   - उ. पदार्थ के मोल का क्या अर्थ है? उदाहरणसहित स्पष्ट कीजिए ।
5. **नीचे दिए गए यौगिकों के नाम लिखिए और अणुद्रव्यमान ज्ञात कीजिए।**

   Na_2SO_4, K_2CO_3, CO_2, $MgCl_2$, $NaOH$, $AlPO_4$, $NaHCO_3$
6. **दो विभिन्न मार्गों से कली के चूने के 'म' और 'न' दो नमूने प्राप्त हुए । उनके बारे में जानकारी निम्नानुसार है:**

   'नमूना म' : मान 7 ग्राम

   घटक ऑक्सीजन का द्रव्यमान : 2 ग्राम

   घटक कैल्शियम का द्रव्यमान : 5 ग्राम

   'नमूना न' : मान 1.4 ग्राम

   घटक ऑक्सीजन का द्रव्यमान : 0.4 ग्राम

   घटक कैल्शियम का द्रव्यमान : 1 ग्राम

   इस आधार पर रासायनिक संयोग का कौन-सा नियम सिद्ध होता है उसे स्पष्ट कीजिए ।
7. **नीचे दी गई राशियों में उन पदार्थों के अणुओं की संख्या ज्ञात कीजिए।**

   32 ग्राम ऑक्सीजन, 90 ग्राम पानी , 8.8 ग्राम कार्बन डाइऑक्साइड, 7.1 ग्राम क्लोरीन
8. **नीचे दिए गए पदार्थों के 0.2 मोल प्राप्त करने के लिए उनकी कितने ग्राम राशि लेना पड़ेगी ?**

   सोडियम क्लोराइड, मैग्नीशियम ऑक्साइड, कैल्शियम कार्बोनेट

उपक्रम :

गत्ते, छोटे चुंबक, चकती और एरल्डाइट का उपयोग करके विविध मूलकों की प्रतिकृति बनाइए और उनसे विविध यौगिकों के अणु बनाइए।

◈◈◈