1. मॉड्यूल का विवरण और संरचना

मॉड्यूल का विवरण	
विषय	रसायन विज्ञान
पाठ्यक्रम	रसायन विज्ञान 01 (कक्षा XI, सत्र 01)
मॉड्यूल का नाम/शीर्षक	रसायन विज्ञान की कुछ मूल अवधारणाएँ : भाग 3
मॉड्यूल आईडी	kech_10103
पूर्व-ज्ञान	पारमाणु, अणु, पदार्थ, पदार्थ के विभिन्न प्रकार के गुण
उद्देश्य	इस मॉड्यूल का अध्ययन करने के बाद आप सक्षम होंगे : 1. रासायनिक संयोजन के नियमों को समझाने में 2. डाल्टन का पारमाणु सिद्धान्त समझाने में 3. आवोगाद्रो संख्या को समझाने में 4. परमाणु द्रव्यमान मात्रक (u) को परिभाषित करने में 5. परमाणु द्रव्यमान, औसत परमाणु द्रव्यमान, आण्विक द्रव्यमान, सूत्र द्रव्यमान के मध्य भेद करने में
मुख्य शब्द	द्रव्यमान संरक्षण का नियम, स्थिर अनुपात का नियम, गुणित अनुपात का नियम, गे-लुसैक का नियम, डाल्टन का पारमाणु सिद्धान्त, आवोगाद्रो संख्या, पारमाणु द्रव्यमान मात्रक, औसत पारमाणु द्रव्यमान, आण्विक द्रव्यमान, सूत्र द्रव्यमान

2. निर्माता टीम

भूमिका	नाम	संबद्धता
राष्ट्रीय मूक समन्वयक (NMC)	प्रो. अमरेन्द्र पी. बेहेरा	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
कार्यक्रम समन्वयक	डा. मो. मामूर अली	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
पाठ्यक्रम समन्वयक (CC) / PI	प्रो. आर. के. पाराशार	डीईएसएम, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
पाठ्यक्रम सह-समन्वयक / Co-PI	डा. ऐरम खान	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
विषय विशेषज्ञ (SME)	डा. कोमल एस. खत्री	जी. बी. पंत इन्स्टीच्युट ऑफ पॉलिटेक्निक, ओखला-II, नई दिल्ली
समीक्षा टीम अनुवादक	डा. अलका मेहरोत्रा डा. ऐरम खान डॉ. कमलेश कुमार शर्मा	डीईएसएम, एनसीईआरटी, नई दिल्ली सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली

विषय-वस्तु सूचि :

1. परिचय

2. रासायनिक संयोजन के नियमों

2.1 द्रव्यमान संरक्षण का नियम

2.2 स्थिर अनुपात का नियम
2.3 गुणित अनुपात का नियम
2.4 गे-लुसैक का गैसीय आयतनों का नियम
2.5 आवोगाद्रो का नियम

3. डाल्टन का पारमाणु सिद्धान्त

4. परमाणु द्रव्यमान और आण्विक द्रव्यमान

5.सारांश

1. परिचय

मॉड्यूल-1 में आपने सीखा है कि रसायन विज्ञान पदार्थ के संघटन, संरचना और गुणों की बात करता है। इन पहलुओं का पदार्थ के मूल घटकों - परमाणुओं और अणुओं के को लेकर सबसे अच्छा वर्णन किया जा सकता है और समझा जा सकता है। यह जानना रुचिकर है कि भौतिकी और जीव विज्ञान ने परमाणुओं के ज्ञान के बिना पर्याप्त प्रगति की, लेकिन रसायन विज्ञान में परमाणु परिकल्पना के निर्माण के बाद ही प्रगति शुरू हुई। रासायनिक संयोजन के नियमों ने हमें परमाणुओं के अस्तित्व के लिए पहला वैज्ञानिक प्रमाण उपलब्ध कराया; जिसके आधार पर जॉन डाल्टन ने 'पदार्थ का परमाणु सिद्धांत ' प्रस्तावित किया। आप इस सिद्धांत के बारे में आगे इस मॉड्यूल में जानेंगे।

आपने अपनी पहली कक्षाओं में पढ़ा है कि वैज्ञानिकों ने तत्वों और यौगिकों के बीच के अंतर को पहचाना और यह पता लगाने में उनकी रुचि हो गई कि तत्वों का संयोजन कैसे और क्यों होता है और क्या होता है जब वे संयोजन करते हैं। आंतोएन एल. लावूसिए ने रसायन विज्ञान के दो महत्वपूर्ण नियमों की स्थापना करके रासायनिक विज्ञान की नींव रखी।

2. रासायनिक संयोजन का नियम

अब यह सर्वविदित है कि रासायनिक अभिक्रियाओं में यौगिकों के निर्माण के लिए तत्वों के संयोजन की प्रक्रिया शामिल होती है या यौगिकों का ऊनके मूल कणों में वियोजन होता है। ये सभी प्रक्रियाएँ निम्नलिखित पाँच आधारभूत नियमों द्वारा नियंत्रित होती हैं:

1. द्रव्यमान संरक्षण का नियम
2. स्थिर अनुपात का नियम
3. गुणित अनुपात का नियम
4. आवोगाद्रो का नियम

5. संयोजी आयतनों का नियम या गै- लुसैक का गैसीय आयतनों का नियम इन पाँच नियमों में से, पहले चार नियम द्रव्यमानों से संबंधित हैं जबकि पाँचवा नियम अर्थात गै-लुसैक का गैसीय आयतनों का नियम अभिक्रियाशील गैसों के आयतनों से संबंधित है।

चित्र **1 :** आंतोएन लावूसिए (1743 - 1794) (Source:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/78/Antoine_laurent_lavoisier.jpg)

2.1 द्रव्यमान संरक्षण का नियम

इसे 1789 में एक फ्रांसीसी रसायनज्ञ, आंतोएन लावूसिए (चित्र 1) द्वारा दिया गया था। उन्होंने दहन अभिक्रियाओं का प्रायोगिक अध्ययन ध्यान-पूर्वक किया और इस निष्कर्ष पर पहुँचे कि सभी भौतिक और रासायनिक परिवर्तनों या अभिक्रियाओं में, अभिकारकों का कुल द्रव्यमान उत्पादों के कुल द्रव्यमान के बराबर होता है। इसलिए, इस नियम के अनुसार प्रक्रिया के दौरान द्रव्यमान में कोई परिवर्तन नहीं होता है। द्रव्यमान संरक्षण के नियम को इस रूप में कहा जाता है - द्रव्य न तो बनाया जा सकता है और न ही इसे नष्ट किया जा सकता है।

हमारे दिन-प्रतिदिन के जीवन में कई प्रक्रियाएँ हैं जो इस नियम को दर्शाती हैं। उदाहरण के लिए, जल में बर्फ के टुकड़े का परिवर्तित होना। यदि हम एक फ्लास्क में एक बर्फ का टुकड़ा लेते हैं और ढक्कन द्वारा इसे ठीक से बंद कर देते हैं, तो गरम करने पर बर्फ का यह टुकड़ा जल में परिवर्तित हो जाता है। जल युक्त फ्लास्क को तोलने पर यह पाया जाता है कि भौतिक परिवर्तन पर जल के द्रव्यमान में कोई परिवर्तन नहीं होता है। नियम को प्रयोगशाला में आसानी से सत्यापित किया जा सकता है। $CuSO_4$ (कॉपर सल्फेट) के विलयन और $BaCl_2$ (बेरियम क्लोराइड) के विलयन के बीच एक अभिक्रिया की जा सकती है और अभिक्रिया से पहले और बाद में अभिक्रिया फ्लास्क की सामग्री को तौला जा सकता है, जैसा कि आगे दिए गए क्रियाकलाप में समझाया गया है :

1. शंक्वाकार फ्लास्क में 10 mL तनु $CuSO_4$ विलयन लें।
2. ध्यान से फ्लास्क में $BaCl_2$ विलयन युक्त ज्वलन नली लटकाएँ, इस बात का ख्याल रखें कि दोनों विलयन आपस में मिलें नहीं।
3. फ्लास्क के मुँह पर एक कॉर्क लगाएँ ताकि फ्लास्क की सामग्री को सुरक्षित किया जा सके।
4. अभिक्रिया उपकरण को तोलें।
5. फ्लास्क और ज्वलन नली में अभिकारकों को झुकाएँ, घुमाएँ और मिश्रित करें।
6. $BaSO_4$ के सफेद अवक्षेप का बनना बताता है कि एक रासायनिक अभिक्रिया हुई है।
7. अभिक्रिया उपकरण को फिर से तोलें।

यह नियम रसायन विज्ञान में बाद के कई विकासों का आधार बना। वास्तव में, यह अभिकारकों और उत्पादों के द्रव्यमानों के बिलकुल सही मापन का और लावूसिए द्वारा सावधानीपूर्वक नियोजित प्रयोगों का परिणाम था।

2.2 स्थिर अनुपात का नियम

यह नियम, एक फ्रांसीसी रसायनज्ञ, जोसेफ प्राउस्ट (चित्र 2) द्वारा दिया गया था। नियम कहता है कि किसी भी यौगिक में भार की दृष्टि से तत्वों के द्रव्यमानों का अनुपात सदैव समान होता है। प्राउस्ट ने क्यूप्रिक कार्बोनेट के दो नमूनों के साथ काम किया - जिनमें से एक प्राकृतिक मूल का था और दूसरा संश्लेषित था।

इस प्रकार, स्रोत कोई भी हो, किसी दिए गए यौगिक में समान तत्व हमेशा समान अनुपात में होते हैं। इस कानून की वैधता की पुष्टि विभिन्न प्रयोगों द्वारा की गई है। इसे कभी-कभी 'निश्चित संघटन का नियम' के रूप में भी जाना जाता है।

उदाहरण 1:

किसी भी देश के कुएँ, नदी, समुद्र या झील जैसे किसी भी स्रोत से प्राप्त शुद्ध जल हमेशा हाइड्रोजन और ऑक्सीजन परमाणुओं से बना होता है, जो द्रव्यमान की दृष्टि से एक निश्चित अनुपात 1: 8 में संयुक्त होते हैं।

उदाहरण -2:

कार्बन डाइऑक्साइड में कार्बन और ऑक्सीजन तत्व होते हैं, जो निश्चित अनुपात 12:32 में संयोजित होते हैं, बनने की प्रक्रिया कोई भी हो अर्थात, चूना पत्थर ($CaCO_3$) को गरम करके, हवा में कोयले को जलाकर या सोडियम हाइड्रोजन कार्बोनेट ($NaHCO_3$) को गरम करके।

चित्र **2 : Fig. 2** जोसेफ प्राउस्ट (1754 - 1826)

(Source: http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/106/joseph-louis_proust.jpg)

उसने पाया कि दोनों नमूनों के लिए उनमें उपस्थित तत्वों का संघटन समान था, जैसा नीचे सरशाया गया है :

	% of Copper	% of Oxygen	% of Carbon
Natural Sample	51.35	9.74	38.91
Synthetic Sample	51.35	9.74	38.91

यह नोट करना महत्वपूर्ण है कि यौगिकों के विभिन्न नमूनों में उपस्थित तत्वों का अनुपात अलग-अलग हो सकता है यदि यौगिकों के नमूनों में तत्वों के अलग-अलग समस्थानिक होते हैं। उदाहरण के लिए, समस्थानिक C-12 युक्त CO_2 के एक अणु में द्रव्यमान की दृष्टि से दोनों तत्व 12:32 के अनुपात में

संयोजित होते है। यदि CO_2 के अणु में C-14 समस्थानिक होता है, तो द्रव्यमान की दृष्टि से कार्बन और ऑक्सीजन का अनुपात 14:32 होता है। इसके अलावा, यह संभव है कि तत्वों का एक ही अनुपात विभिन्न यौगिकों में मौजूद हो। उदाहरण के लिए, इथेनॉल (C_2H_5OH) और एसीटोन (CH_3OCH_3) एक ही आणविक सूत्र C_2H_6O वाले दो अलग-अलग यौगिक हैं जिनके तत्वों (C: H: O) अनुपात समान अर्थात 24: 6: 16 हैं।

प्रश्न: 6.448g लेड, 1.002g ऑक्सीजन के साथ संयुक्त होकर लेड परॉक्साइड बनाता है। लेड परॉक्साइड को लेड नाइट्रेट को गरम करके भी बनाया जाता है और यह पाया गया कि लेड परॉक्साइड में मौजूद ऑक्सीजन का प्रतिशत 13.38% है। स्थिर अनुपात के नियम को दर्शाने के लिए इन आंकड़ों का उपयोग करें।

हल : पहले प्रयोग में, बनने वाले लेड परॉक्साइड का द्रव्यमान = (6.488 + 1.002) = 7.490g । 7.490g लेड परॉक्साइड में 1.002g ऑक्सीजन होती है।

इसलिए, 100 g लेड परॉक्साइड में (1.002 / 7.490) × 100 = 13.38 g ऑक्सीजन या 13.38% ऑक्सीजन होगी। दूसरे प्रयोग में, यह दिया गया है कि लेड परॉक्साइड में ऑक्सीजन का प्रतिशत 13.38% है।

लेड परॉक्साइड के दोनों प्रकार के नमूनों में ऑक्सीजन का प्रतिशत समान है; इसलिए यह स्थिर अनुपात के कानून को दर्शाता है।

2.3 गुणित अनुपात का नियम

यह नियम 1803 में डाल्टन (चित्र। 3) द्वारा दिया गया था। इस कानून के अनुसार, यदि दो तत्व संयोजित होकर एक से अधिक यौगिक बनाने हैं, तो एक तत्व के द्रव्यमान जो दूसरे तत्व के निश्चित द्रव्यमान साथ संयुक्त होते हैं, छोटे पूर्णांकों के अनुपात में होते हैं।

चित्र **3:**जॉनडाल्टन
(Source:https://uploadwikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/John_Dalton_by_Charles_Turner.jpg)

उदाहरण के लिए, हाइड्रोजन ऑक्सीजन के साथ मिलकर दो यौगिक - जल और हाइड्रोजन परॉक्साइड़ बनाता है।

हाइड्रोजन + ऑक्सीजन → जल
2g 16g 18g

हाइड्रोजन + ऑक्सीजन → हाइड्रोजन परॉक्साइड़
2g 32g 34g

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

गुणित अनुपात के नियम का अन्य उदाहरण नाइट्रोजन और ऑक्सीजन युक्त यौगिक हैं। दो तत्व नाइट्रोजन और ऑक्सीजन मिलकर विभिन्न प्रकार के यौगिक बनाते हैं जो सारणी 1 में दिखाए गए हैं। इन यौगिकों में से प्रत्येक में, नाइट्रोजन का एक निश्चित द्रव्यमान अर्थात 14 भाग ऑक्सीजन के विविध द्रव्यमानो के साथ मिलकर विभिन्न प्रकार के यौगिक बनाते हैं। ये द्रव्यमान एक दूसरे के साथ 1: 2: 3: 4: 5 के सरल अनुपात में होते हैं।

सारणी 1: नाइट्रोजन और ऑक्सीज़न संयुक्त होकर विभिन्न यौगिक बनाते हैं

	नाइट्रोजन ऑक्साइड (सूत्र)	नाम	N का द्रव्यमान	O का द्रव्यमान	N का निश्चित द्रव्यमान (14 भाग) O के जितने भाग द्रव्यमान से संयोग करते हैं	ऑक्सीज़न का सरल अनुपात
1	N_2O	नाइट्रस ऑक्साइड	28	16	8	1
2	NO	नाइट्रिक ऑक्साइड	14	16	16	2
3	N_2O_3	नाइट्रोजन ट्राइ ऑक्साइड	28	48	24	3
4	N_2O_4	नाइट्रोजन टेट्राऑक् साइड	28	64	32	4
5	N_2O_5	नाइट्रोजन पेंटाऑक्सा इड	28	80	40	5

प्रश्न: कार्बन के दो ऑक्साइडों में कार्बन का प्रतिशत नीचे दिया गया है। दिखाएँ कि कार्बन के ये ऑक्साइड गुणित अनुपात का नियम दर्शाते हैं।

हल : दो ऑक्साइडों में कार्बन तथा ऑक्सीज़न का प्रतिशत संघटन परिकलित किया जा सकता है, जैसा कि नीचे सारणी 2 में दिखाया गया है।

सारणी 2 : दो ऑक्साइडों में कार्बन तथा ऑक्सीज़न का प्रतिशत संघटन

यौगिक में उपस्थित तत्व	पहला ऑक्साइड	दूसरा ऑक्साइड
कार्बन (दिया गया)	42.9 %	27.3%
ऑक्सीज़न (अंतर से)	57.1%	72.7%

इस प्रकार पहले ऑक्साइड के 100 g में 42.9 g कार्बन और 57.1 g ऑक्सीजन का संयोजन हुआ है। इसलिए 1g कार्बन ने 57.1 / 42.9g ऑक्सीजन या 1.33g ऑक्सीजन के साथ संयोग किया है
दूसरे ऑक्साइड के 100 ग्राम में 27.3g कार्बन और 72.7g ऑक्सीजन का संयोजन हुआ है। इसलिए 1g कार्बन ने 72.7 / 27.3g ऑक्सीजन या 2.66g ऑक्सीजन के साथ संयोग किया है। कार्बन के 1g (स्थिर द्रव्यमान) के साथ संयुक्त ऑक्सीजन के द्रव्यमानों का अनुपात 1.33: 2.66 या 1: 2 है।
यह सरल संपूर्ण संख्या अनुपात है। इसलिए, कार्बन के ये ऑक्साइड गुणित अनुपात के नियम को दर्शाते हैं।

2.4 गे-लूसैक का गैसीय आयतनों का नियम
यह नियम 1808 में गे-लूसैक (चित्र 4) द्वारा दिया गया था। उन्होंने पाया कि जब रासायनिक अभिक्रियाओं में गैसें एक संयोजित होती हैं या उत्पन्न होती हैं, तो वे ऐसा आयतन के एक सरल अनुपात में करती हैं, बशर्ते सभी गैसें समान ताप और दाब पर हों।

चित्र **4 :** जोसेफ लूइस गे-लुसैक

(Source:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2f/Gaylussac.jpg/170px-Gaylussac.jpg)

इस प्रकार, 100 mL हाइड्रोजन, 50 mL ऑक्सीजन के साथ संयोग कर 100 mL जल वाष्प देती है।

हाइड्रोजन + ऑक्सीजन → पानी
100 mL 50 mL 100 mL

इस प्रकार, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के आयतन (अर्थात 100 mL और 50 mL)जो परस्पर संयोग करते हैं, 2: 1 के सरल अनुपात में होते हैं।
गे-लुसैक के आयतन सम्बन्धों के पूर्णांक अनुपातों की खोज वास्तव में आयतन के संदर्भ में 'स्थिर अनुपात का नियम' है। पहले बताया गया स्थिर अनुपात का नियम द्रव्यमान के संदर्भ में था। गे-लुसैक के नियम को सही तरीके से 1811 में आवोगाद्रो के कार्य द्वारा समझाया गया था।

प्रश्न : 40 mL ऐसीटिलीन (C_2 H_2) के पूर्ण दहन के लिए ऑक्सीजन के कितने आयतन की आवश्यकता होगी? कार्बन डाइऑक्साइड का कितना आयतन बनेगा? ऐसीटिलीन और ऑक्सीजन के बीच अभिक्रिया के लिए रासायनिक समीकरण नीचे दिया गया है।

$2C_2H_2$ (g) + $5O_2$ (g) → $4CO_2$ (g) + $2H_2O$

हल : दिए गए रासायनिक समीकरण के अनुसार ऐसीटिलीन के 2 आयतन ऑक्सीजन के 5 आयतनों के साथ संयोग करते हैं, जैसा कि नीचे दिखाया गया हैं।
$2C_2H_2$ (g) + $5O_2$ (g) → $4CO_2$ (g) + $2H_2O$
2 आयतन 5 आयतन 4 आयतन
1 आयतन (5/2) आयतन 2 आयतन

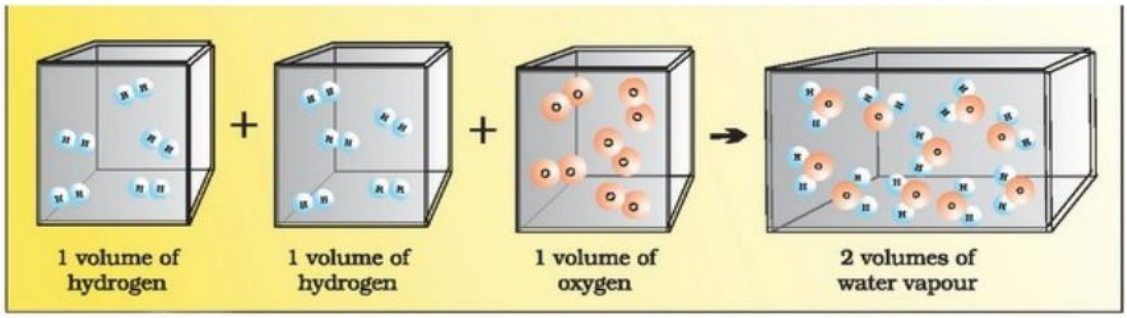
अत: ऐसीटिलीन के 40 mL के पूर्ण दहन के लिए, 100 mL ऑक्सीजन की आवश्यकता होगी और CO2 के 80 mL का उत्पादन होगा।

2.5 आवोगाद्रो का नियम

1811 में, आवोगाद्रो(चित्र 5) ने प्रस्तावित किया कि समान ताप और दाब पर गैसों के समान आयतनों में अणुओं की संख्या होनी समान चाहिए। आवोगाद्रो ने परमाणुओं और अणुओं के बीच अंतर की व्याख्या की जो आज आसानी से समझ में आती है।

चित्र 5 : आवोगाद्रो
(Source: https://whewellsghost.files.wordpress.com/2015/08/avogadro_amedeo-251x300.jpg)

यदि हम जल का उत्पादन करने के लिए हाइड्रोजन और ऑक्सीजन की अभिक्रिया पर फिर से विचार करते हैं, तो हम देखते हैं कि हाइड्रोजन के दो आयतन ऑक्सीजन के एक आयतन के साथ संयुक्त होकर दो आयतन जल बनाते हैं और ऑक्सीजन लेशमात्र भी नहीं बचती है।
वास्तव में, आवोगाद्रो ने इन परिणामों की व्याख्या अणुओं को बहुपरमाणुक मानकर की। यदि हाइड्रोजन और ऑक्सीजन को द्वि-परमाणुक माना जाए जैसा अभी मानते हैं, तो उपरोक्त परिणाम आसानी से समझ में आते हैं। चित्र 6 में यह दर्शाया गया है। ध्यान दें कि प्रत्येक बॉक्स में समान संख्या में अणु हैं।



चित्र **6 :** हाइड्रोजन के दो आयतन ऑक्सीज़न के एक आयतन के साथ अभिक्रिया करके जल वाष्प के दो आयतन बनाते हैं (Source: Chapter 1, page no. 12, XI Textbook, NCERT)

आवोगाद्रो का प्रस्ताव फ्रांसीसी जर्नल (Journal de Physidue0 में प्रकाशित हुआ था। सही होने के बावजूद, उस समय इसे ज्यादा समर्थन नहीं मिला। डाल्टन और अन्य लोगों का मानना था कि एक ही तरह के परमाणु सयुक्त नहीं हो सकते और ऑक्सीजन या हाइड्रोजन के दो परमाणुओं युक्त अणु का अस्तित्व संभव नहीं है। लगभग 50 वर्षों के बाद, 1860 में विभिन्न विचारों को हल करने के लिए जर्मनी के कार्ल्सरूह में रसायन विज्ञान पर पहला अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन आयोजित किया गया था। इस बैठक में, स्तेनिस्लाओ कैनिज़ारो ने रसायन-दर्शन के एक कोर्स का एक खाका प्रस्तुत किया जिसमें आवोगाद्रो के काम के महत्व पर जोर दिया गया।

3. डाल्टन का परमाणु सिद्धांत

यद्यपि द्रव्य छोटे अविभाज्य कणों, जिन्हें एटोमोस अर्थात , 'अविभाज्य' कहा जाता है, द्वारा बने होने के विचार की उत्पत्ति ग्रीक दार्शनिक डेमोक्रिट्स (460 - 370 ईसा पूर्व) के समय हुई, परंतु कई प्रायोगिक अध्ययनों (उपरोक्त नियमों को जन्म दिया) के फलस्वरूप इस पर फिर से विचार किया जाने लगा। जॉन डाल्टन जो मैनचेस्टर में एक अंग्रेजी स्कूल के शिक्षक थे, पहले वैज्ञानिक थे जिन्होंने सुझाव दिया था कि रासायनिक संयोजन के नियम परमाणुओं के अस्तित्व की ओर इशारा करते हैं। 1808 में, डाल्टन ने रसायन- दर्शन की एक नई पद्धति को प्रकाशित किया। इस सिद्धांत में, उन्होंने निम्नलिखित प्रस्ताव रखे :

1. पदार्थ बहुत छोटे अविभाज्य कणों से बना होता है जिन्हें परमाणुओं के रूप में जाना जाता है।
2. दिए गए तत्व के सभी परमाणुओं में समान द्रव्यमान सहित समान गुण होते हैं। विभिन्न तत्वों के परमाणु द्रव्यमान में भिन्न होते हैं।
3. यौगिक तब बनते हैं जब विभिन्न तत्वों के परमाणु एक निश्चित अनुपात में संयोजित होते हैं।
4. रासायनिक अभिक्रियाओं में परमाणुओं का पुनर्गठन शामिल है। किसी रासायनिक अभिक्रिया में परमाणु न तो बनाए जाते हैं और न ही नष्ट होते हैं।

डाल्टन का सिद्धांत रासायनिक संयोजन के नियमों की व्याख्या भी कर सकता है। यह सिद्धांत बताता है कि जितनी संख्या में तत्व होते हैं उतने ही प्रकार के भिन्न परमाणु होते हैं। परंतु, डाल्टन का सिद्धांत गैसीय आयतनों के नियम की व्याख्या नहीं कर सका। यह परमाणुओं के संयोजन का कारण नहीं दे सका। इसने कई अन्य प्रश्न उठाए हैं जैसे, परमाणु का आकार क्या है? परमाणु के अंदर क्या है? एक अणु में परमाणु कैसे व्यवस्थित होते हैं, जिनका उत्तर बाद में अन्य वैज्ञानिकों द्वारा दिया गया था।

4. **परमाणु द्रव्यमान और आण्विक द्रव्यमान**

परमाणुओं और अणुओं के बारे में कुछ जानकारी होने के बाद, यह समझना उचित है कि परमाणु द्रव्यमान और आणविक द्रव्यमान से हम क्या समझते हैं।

परमाणु द्रव्यमान : परमाणु द्रव्यमान या परमाणु का द्रव्यमान वास्तव में बहुत कम होता है क्योंकि परमाणु अत्यंत छोटे होते हैं। आज, हमारे पास परिष्कृत तकनीक उपलब्ध हैं, जैसे परमाणु द्रव्यमान को काफी सही-सही निर्धारित करने के लिए द्रव्यमान स्पेक्ट्रममिती है। लेकिन, उन्नीसवीं सदी में, वैज्ञानिक प्रायोगिक साधनों से एक परमाणु के द्रव्यमान को दूसरे के सापेक्ष निर्धारित कर सके। हाइड्रोजन को सबसे हल्के परमाणु होने के नाते स्वैच्छिक रूप से 1 (बिना किसी मात्रक के) द्रव्यमान दिया गया और अन्य तत्वों को इसके सापेक्ष द्रव्यमान दिया गया ।

परंतु, जैसा कि 1961 में सहमति व्यक्त की गई थी, परमाणु द्रव्यमान की वर्तमान पद्धति कार्बन-12 को मानक मानती है। यहाँ, कार्बन-12 कार्बन के समस्थानिकों में से एक है और इसे ^{12}C के रूप में दर्शाया जा सकता है। इस पद्धति में, ^{12}C को ठीक 12 परमाणु द्रव्यमान इकाई (amu) का द्रव्यमान दिया जाता है और अन्य सभी परमाणुओं के द्रव्यमान इस मानक के सापेक्ष दिए गए हैं। एक परमाणु द्रव्यमान इकाई (amu) को एक द्रव्यमान के रूप में परिभाषित किया गया है जो एक कार्बन-12 के द्रव्यमान के बारहवें हिस्से के बराबर है।
और, 1 amu = 1.66056×10^{-24} g

हाइड्रोजन के एक परमाणु का द्रव्यमान = 1.6736×10^{-24} g

इस प्रकार, amu के संदर्भ में, हाइड्रोजन परमाणु का द्रव्यमान = $(1.6736 \times 10^{-24}\ g) / (1.66056 \times 10^{-24}\ g)$ = 1.0078amu = 1.0080amu
इसी तरह, ऑक्सीजन-16 (^{16}O) परमाणु का द्रव्यमान 15.995 amu होगा। आज amu को u द्वारा प्रतिस्थापित कर दिया गया है जो 'एकीकृत द्रव्यमान' के रूप में जाना जाता है।
जब हम गणनाओं में तत्वों के परमाणु द्रव्यमानों का उपयोग करते हैं, तो हम वास्तव में तत्वों के औसत परमाणु द्रव्यमान का उपयोग करते हैं जिन्हें नीचे समझाया गया है।

औसत परमाणु द्रव्यमान: कई प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले तत्व एक से अधिक समस्थानिकों के रूप में होते हैं। जब हम इन समस्थानिकों के अस्तित्व और प्रकृति में उनकी सापेक्ष बाहुल्यता (प्रतिशत उपलब्धता) को ध्यान में रखते हैं, तो उस तत्व के औसत परमाणु द्रव्यमान की गणना की जा सकती है।

उदाहरण के लिए, कार्बन की सापेक्ष बाहुल्यता और द्रव्यमान के साथ निम्नलिखित तीन आइसोटोप हैं (सारणी 3)।

Table 3: Isotopes of Carbon relative abundance and masses

Isotopes	Relative Abundance (%)	Atomic Mass
^{12}C	98.892	12
^{13}C	1.108	13.00335
^{14}C	2×10^{-10}	14.00317

उपरोक्त आँकड़ों से, कार्बन का औसत परमाणु द्रव्यमान होगा :

(0.98892) (12 u) + (0.01108) x (13.00335 u) + (2 × 10 -12) (14.00317 u) = 12.011 u
इसी प्रकार, अन्य तत्वों के लिए औसत परमाणु द्रव्यमान की गणना की जा सकती है। तत्वों की आवर्त सारणी में विभिन्न तत्वों के लिए दिए गए परमाणु द्रव्यमान वास्तव में उनके औसत परमाणु द्रव्यमान होते हैं।

प्रश्न : क्लोरीन में क्रमशः 34.97 u और 36.97 u परमाणु द्रव्यमानों वाले दो समस्थानिक होते हैं। इन दो समस्थानिकों की सापेक्ष बाहुल्यता क्रमशः 0.755 और 0.245 है। क्लोरीन के औसत द्रव्यमान की गणना करें।

हल: औसत परमाणु द्रव्यमान = (34.97 × 0.755) + (36.97 × 0.245) = 35.46

आणविक द्रव्यमान: आणविक द्रव्यमान एक अणु में उपस्थित तत्वों के परमाणु द्रव्यमानों का योग होता है। यह प्रत्येक तत्व के परमाणु द्रव्यमान को उसके परमाणुओं की संख्या से गुणा करके और उन्हें एक साथ जोड़कर प्राप्त किया जाता है। उदाहरण के लिए, मीथेन के एक अणु में एक कार्बन परमाणु और चार हाइड्रोजन परमाणु होते हैं। इसका आणविक द्रव्यमान निम्नानुसार प्राप्त किया जा सकता है:

मेथेन (CH4) का आण्विक द्रव्यमान = (1 × कार्बन परमाणु का परमाणु द्रव्यमान) + (4 × हाइड्रोजन परमाणु का परमाणु द्रव्यमान)
= (12.011 u) + 4 (1.008 u)
= 16.043 u

इसी तरह, जल के एक अणु में हाइड्रोजन के 2 परमाणु और ऑक्सीजन का एक परमाणु होते हैं। इसलिए, जल का आण्विक द्रव्यमान = 2 (1.008 u) + 16.00 u
= 18.02u

प्रश्न : एक ग्लूकोज अणु ($C_6 H_{12} O_6$) के आण्विक द्रव्यमान की गणना करें।

हल: ग्लूकोज का आण्विक द्रव्यमान = 6 × (12.011 u) + 12 × (1.008 u) +
6 × (16.00 u)
= 180.162 u

सूत्र द्रव्यमान : कुछ पदार्थ, विशेष रूप से आयनिक यौगिक जैसे सोडियम क्लोराइड (NaCl), पोटैशियम नाइट्रेट (KNO_3) आदि में विविक्त अणु उनकी घटक इकाइयों के रूप में नहीं होते हैं। ऐसे यौगिकों में, धनात्मक (सोडियम या पोटैशियम आदि) और ऋणात्मक (क्लोराइड या नाइट्रेट आदि) कणों को त्रि-आयामी संरचना में व्यवस्थित किया जाता है। सोडियम क्लोराइड (NaCl) में सोडियम आयनों और क्लोराइड आयनों की व्यवस्था को चित्र 4 में दिखाया गया है।

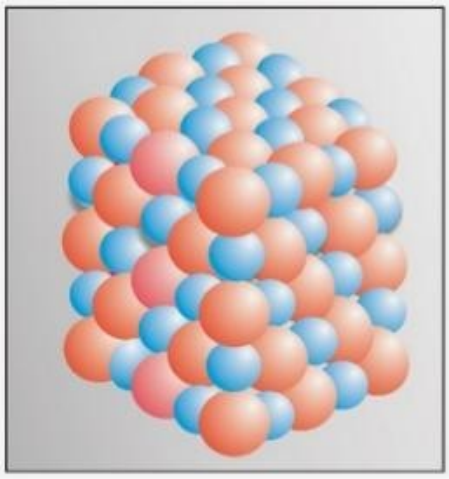


Fig. 4 Packing of Na^+ and Cl^- ions in sodium chloride.

(Source: Chapter 1, page no. 14, XI Textbook, NCERT)

चित्र 4: सोडियम क्लोराइड में Na^+ और Cl^- आयनों की व्यवस्था

यह ध्यान दें कि सोडियम क्लोराइड में, एक Na^+ आयन छह Cl^- आयनों से घिरा होता है और इसके विपरीत भी। सूत्र जैसे NaCl का उपयोग आणविक द्रव्यमान के बजाय सूत्र द्रव्यमान की गणना करने के लिए किया जाता है क्योंकि ठोस अवस्था में सोडियम क्लोराइड एकल कण के रूप में मौजूद नहीं होता है। इस प्रकार, सोडियम क्लोराइड का सूत्र द्रव्यमान= सोडियम का परमाणु द्रव्यमान + क्लोरीन का परमाणु द्रव्यमान

= 23.0 u + 35.5 u

= 58.5 u

5. सारांश

इस मॉड्यूल में, हमने अध्ययन किया है कि विभिन्न परमाणुओं के संयोजन को रासायनिक संयोजन के आधारिक नियमों द्वारा नियंत्रित किया जाता है। ये नियम हैं – द्रव्यमान संरक्षण का नियम, स्थिर अनुपात का नियम, गुणित अनुपात का नियम, गै-लुसैक का नियम, गैसीय आयतनों का नियम और आवोगाद्रो का नियम। इन सभी नियमों ने डाल्टन के परमाणु सिद्धांत बना, जो बताता है कि परमाणु पदार्थ के निर्माण ब्लॉक हैं। किसी तत्व का परमाणु द्रव्यमान कार्बन के ^{12}C समस्थानिक के द्रव्यमान के सापेक्ष व्यक्त किया जाता है, जिसका द्रव्यमान 12u है। सामान्यता, किसी तत्व के लिए उपयोग किए जाने वाले परमाणु द्रव्यमान का मान उस तत्व के विभिन्न समस्थानिकों की प्राकृतिक बाहुल्यता को ध्यान में रखकर प्राप्त औसत परमाणु द्रव्यमान होता है। किसी अणु का आण्विक द्रव्यमान उस अणु में उपस्थित विभिन्न परमाणुओं के परमाणु द्रव्यमानों का योग करके प्राप्त किया जाता है। आयनिक यौगिकों के लिए आण्विक द्रव्यमान के बजाय सूत्र द्रव्यमान प्राप्त किया जाता है।