टिप्पणी

3

परमाणु और अणु

पिछले अध्याय में आपने द्रव्यों के विषय में सीखा। द्रव्यों के विभाजन के विचार लंबे समय से भारत में 500 ई. पू. के आसपास सोचे जा रहे थे। भारतीय दार्शनिक ''महर्षि कणाद'' ने यह विचार अपने दर्शन में व्यक्त किये थे। उन्होंने कहा कि अगर द्रव्य को विभाजित किया जाये तो छोटे-छोटे कण प्राप्त होगे। अंततः ऐसे सूक्ष्म कण प्राप्त होगे जिनका पुनः विभाजन संभव नहीं होगा। इस अविभाज्य सूक्ष्म कण को उन्होंने नाम दिया 'परमाणु'। इस अवधारणा को आगे एक और भारतीय दार्शनिक ''पकुधा कात्यायन'' द्वारा सविस्तार दिया गया। उन्होंने बताया कि आम तौर पर ये कण संयुक्त रूप में उपस्थित रहते हैं, जो हमें द्रव्यों के विभिन्न रूप देते हैं।

उसी युग के आसपास, एक प्राचीन ग्रीक दार्शनिक डेमोक्रिटस् (460 – 370 ई.पू.) एवं लूसिपस ने सुझाव दिया कि अगर हम द्रव्य को विभाजित करते जायें तो एक समय ऐसा आयेगा कि कणों का आगे विभाजन संभव नहीं होगा। डेमोक्रिटस् ने इन कणों को परमाणु (जिसका अर्थ है 'अविभाज्य') कहा। इन विचारों का आधार दार्शनिक था। इसके बारे में कोई प्रायोगिक प्रमाण अठारहवीं सदी तक संभव नहीं हो सके। परन्तु आज हम यह जानते हैं कि परमाणु क्या है और कैसे यह पदार्थों को विभिन्न गुण प्रदान करता है। इस अध्याय में हम परमाणु और अणु से सम्बन्धित विषय जैसे कि अणु और परमाणुओं के भार, मोल अवधारणा तथा द्रव्यमान आदि का अध्ययन करेगें तथा साथ ही यौगिक व रासायनिक सूत्र कैसे लिखे जायें यह भी सीखेगें।

mí';

इस पाठ को पढ़ने के पश्चात् आप –

- द्रव्यमान का संरक्षण सिद्धान्त और स्थिर अनुपात के नियम को बता सकेंगे;
- डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त की महत्वपूर्ण विशेषताओं को सूचीबद्ध कर सकेंगे;
- अणुओं और परमाणुओं के बीच भेद कर सकेंगे;
- समस्थानिक भार, परमाणु भार और आण्विक भार को परिभाषित कर सकेंगे;

- मोल व मोलर द्रव्यमान को परिभाषित कर सकेंगे;
- सूत्र की मदद से अणुओं को प्रदर्शित कर सकेंगे;
- रासायनिक क्रियाओं के लिये मोल अवधारणा लागू करना और अभिकारक तथा उत्पाद के द्रव्यमान के बीच मात्रात्मक सबंध दिखा सकेंगे; और
- सीखे हुये विभिन्न धारणाओं के आधर पर प्रश्न हल कर सकेंगे।

3.1 jklk;fud l;ktuk d fu;e

रासायनिक विज्ञान में 18वीं सदी के बाद जबरदस्त प्रगति हुई। इस प्रगति का मुख्य कारण था पदार्थों की ज्वलनशीलता व ऊष्मा की प्रकृति का गहन अध्ययन। रासायनिक तुला के प्रयोग से इस दिशा में अत्यधिक प्रगति हुई जिसके प्रयोग से रासायनिक अभिक्रियाओं के समय होने वाले द्रव्यों के भार के अंतर को मापने में सहायता मिली। महान फ्रांसीसी रसायन शास्त्री एंटियिनी लेवाइजर ने इस तुला के प्रयोग से यह प्रदर्शित किया कि किसी भी रासायनिक अभिक्रिया के उत्पादों का भार उसमें प्रयोग होने वाले अभिकारक के भार के बराबर होता है। इस प्रयोग में उन्होंने एक सील बंद फ्लास्क में पारे को हवा की उपस्थिति में गरम किया। कई दिन पश्चात एक लाल पदार्थ मर्करी (II) ऑक्साइड का उत्पादन हुआ। फ्लास्क में शेष गैस का भार कम हो गया और वह गैस दहन या जीवन का समर्थन करने में सक्षम नहीं थी। उस शेष गैस की पहचान नाइट्रोजन के रूप में की गई। गैस जो संयोजन में प्रयुक्त हुई वह ऑक्सीजन थी (हालांकि नाम बाद में दिया गया)। इसके पश्चात सावधानीपूर्वक, मर्करी (II) ऑक्साइड जो लाल रंग का था, वह मर्करी और ऑक्सीजन में विघटित हो गया था। उन्होंने मर्करी और ऑक्सीजन दोनों को तौलने के बाद यह निष्कर्ष निकाला कि प्रत्येक रासायनिक अभिक्रिया में अभिकारक का भार उत्पाद के भार के बराबर होता है। इस नियम को ''द्रव्यमान के संरक्षण का नियम'' कहा गया।

द्रव्यमान संरक्षण नियम के अनुसारः

^^jklk;fud vfHkfØ;kvk e inkFkk dk n0;eku fLFkj jgrk g**

अभिकारकों का कुल द्रव्यमान = उत्पादों का कुल द्रव्यमान

जब रासायनिक विशेषज्ञों ने अभिकारक और उत्पाद के भार का सही निर्धारण करना शुरू किया तब विज्ञान ने इस क्षेत्र में तेजी से प्रगति की। फ्रांसीसी रासायन शास्त्री क्लाउदे बरथोलेट और जोसेफ प्राउस्ट ने दो तत्वों के द्रव्यमान के अनुपात पर काम किया जो कि संयुक्त होकर एक यौगिक बनाते हैं। 1808 में प्राउस्ट ने निश्चित या स्थिर अनुपात के भौतिक नियम को प्रतिपादित किया। इस नियम के अनुसारः

,d ;kfxd e fuf'pr idkj d rRo ,d fuf'pr n0;eku d vuikr e l;Dr jgr gA ;g mld cuku dh fof/k vFkok mld lkr ij fuHkj ugh djrk gA

उदाहरण के लिये शुद्ध पानी में हाइड्रोजन के द्रव्यमान और ऑक्सीजन के द्रव्यमान का अनुपात हमेशा 1 : 8 ही होता है। भले ही पानी किसी भी स्रोत का हो। दूसरे शब्दों में शुद्ध पानी में 11.11% हाइड्रोजन व 88.89% ऑक्सीजन का द्रव्यमान होता है। चाहे वह पानी कुयें, तालाब या नदी से प्राप्त किया गया हो। अतः अगर 9.0 g पानी विघटित किया जाये तो हमेशा 1.0 g हाइड्रोजन व 8.0 g ऑक्सीजन प्राप्त होगी। इसके अलावा यदि हाइड्रोजन के 3.0 g व ऑक्सीजन के 8.0 g मिश्रण को प्रज्जवलित किया जाये तो 9.0 g पानी की मात्रा प्राप्त होगी तथा 2.0 g हाइड्रोजन क्रिया रहित बच जाती है। इसी तरह सोडियम क्लोराइड में 60.66% क्लोरीन व 39.34% सोडियम का द्रव्यमान होता है चाहे हम नमक खानों से या समुद्र के पानी के क्रस्टिलीकरण से या उसके तत्वों को सोडियम और क्लोरीन के संयोजन से प्राप्त कर रहे हों। बेशक इस वाक्य में मुख्य शब्द 'शुद्ध' है, बार-बार एक ही परिणाम प्रस्तुत करने योग्य प्रयोगात्मक परिणाम वैज्ञानिकों के विचार पर प्रकाश डालते हैं। वास्तव में आधुनिक विज्ञान प्रयोगात्मक निष्कर्षों पर आधारित है पुनः प्राप्य परिणाम परोक्ष रूप से एक छिपा हुआ सच है। वैज्ञानिकों ने हमेशा निष्कर्ष के लिये सच्चाई से काम किया और कई सिद्धान्तों और नियम की खोज की। सच्चाई के लिये यह खोज विज्ञान के विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है।

3.2 MkYVu dk ijek.kq fl)kUr

अंग्रेजी वैज्ञानिक जॉन डाल्टन पहले वैज्ञानिक नहीं है जिनके द्वारा परमाणुओं के अस्तित्व का वर्णन किया गया। जैसा हमने पिछले अनुभाग में देखा है कि ऐसे विचार बहुत प्राचीन काल में प्रचलित थे हालांकि इसमें डाल्टन का प्रमुख योगदान है क्योंकि उन्होंने इन विचारों को उचित क्रम में व्यवस्थित किया और परमाणुओं के अस्तित्व का सबूत दिया। उन्होंने दिखाया कि लवाइजर और प्राउस्ट द्वारा व्यक्त किया गया द्रव्यमान सबंध (द्रव्यमान के संरक्षण के नियम तथा स्थिर अनुपात के नियम के रूप में) विभिन्न तत्वों की परमाणुओं के अस्तित्व की परिकल्पना के द्वारा सबसे उपयुक्त व्याख्या है।

1808 में डाल्टन ने रासायनिक दर्शन की एक नई प्रणाली प्रकाशित की, जिसके अनुसार निम्नलिखित परमाणु सिद्धान्त का वर्णन है।

1. द्रव्य सूक्ष्म अविभाज्य परमाणुओं से बना है।
2. एक रासायनिक तत्व के सभी परमाणुओं के भार व दूसरे गुण एक समान होते हैं।
3. भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणु एक दूसरे से भिन्न होते हैं तथा उनके परमाणु भार भी भिन्न-भिन्न होते हैं।
4. परमाणु रासायनिक अभिक्रियाओं में भाग लेते हैं तथा अभिक्रियाओं में विघटित नहीं होते हैं तथा अपनी पहचान बनाये रखते हैं।
5. विभिन्न तत्वों के परमाणु परस्पर सरल संख्यात्मक अनुपातों में संयोग करते हैं और यौगिक बनाते हैं।

डाल्टन का चौथा सिद्धान्त स्पष्ट रूप से द्रव्य का संरक्षण नियम से संबंधित है। एक तत्व के प्रत्येक परमाणु का एक निश्चित द्रव्यमान होता है। इसके अलावा प्रत्येक रासायनिक प्रतिक्रिया में परमाणु की पुर्नव्यवस्था होती है इसलिये अभिक्रिया के बाद, उत्पाद का भार अपरिवर्तित रहता है। पाँचवाँ सिद्धान्त एक स्थिर अनुपात के नियम की व्याख्या करने का प्रयास है। जब दो तत्व परस्पर संयोग करके यौगिक बनाते हैं तो तत्व के भिन्न-भिन्न भारों में एक सरल अनुपात अवश्य होगा। क्योंकि परमाणु का एक निश्चित द्रव्यमान होता है अतः यौगिक में भी तत्वों के द्रव्यमान का एक निश्चित अनुपात होता है।

fp= **3.1 :** जान डाल्टन
(1766-1844)

डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त ने न केवल द्रव्यमान संरक्षण और स्थिर अनुपात के नियम के बारे में विस्तार से बताया, उन्होंने नये नियम भी बनाये। उन्होंने अपने सिद्धान्त के आधार पर गुणित अनुपात के नियम की रचना की इस नियम के अनुसारः

''जब दो तत्व परस्पर संयोग करके दो या दो से अधिक यौगिक बनाते हैं तो एक तत्व के भिन्न-भिन्न भार, जो दूसरे तत्व के निश्चित भार से संयोग करते हैं, परस्पर सरल अनुपात में होते हैं।'' उदाहरण के लिये कार्बन व ऑक्सीजन से दो तरह के यौगिक बनते हैं। कार्बन मोनोऑक्साइड व कार्बन डाईऑक्साइड। कार्बन मोनोऑक्साइड में कार्बन के प्रत्येक 1.000 ग्राम के साथ 1.3321 ग्राम ऑक्सीजन संयोग करती है। जबकि कार्बन डाइऑक्साइड में कार्बन की 1.000 ग्राम मात्रा के साथ ऑक्सीजन की 2.6642 ग्राम संयोग करती है। दूसरे शब्दों में कार्बन डाइऑक्साइड में ऑक्सीजन का भार कार्बन मोनोऑक्साइड की तुलना में दोगुणा होता है। (2.6642 ग्राम $= 2 \times 1.3321$ ग्राम) जो कार्बन के एक निश्चित भार से संयोग करता है। परमाणु सिद्धान्त के अनुसार कार्बन डाइऑक्साइड में ऑक्सीजन के परमाणु की संख्या, एक निश्चित कार्बन परमाणु के लिये कार्बन मोनोऑक्साइड से दो गुनी होती है।

गुणित अनुपात के नियम की रचना एक महत्वपूर्ण कदम था इसके बाद परमाणु सिद्धान्त की वैधता को सभी वैज्ञानिकों ने स्वीकारा।

3.2.1 ijek.k D;k g\

जैसा कि आपने पिछले अनुभाग में देखा कि परमाणु किसी भी तत्व का सबसे छोटा कण है, जो अपने रासायनिक गुणों को बरकरार रखता है। किसी भी तत्व के परमाणु का आकार व द्रव्यमान दूसरे तत्व के परमाणु से भिन्न होता है। इन परमाणुओं को भारतीय व यूनानी दार्शनिकों द्वारा शुरूआत में अविभाज्य माना जाता था। जैसा कि पहले भी बताया गया है कि इसी कारण इसका नाम परमाणु पड़ा, ग्रीक भाषा में इसका अर्थ है ''अविभाज्य कण'' आज हम जानते हैं कि परमाणु विभाज्य है। परमाणु को उनसे अधिक छोटे कणों में विभाजित किया जा सकता है हालाकि वे इस प्रक्रिया में अपनी रासायनिक पहचान खो देते हैं। लेकिन इसके बाबजूद परमाणु द्रव्य का मूल कण है।

3.2.2 ijek.k dk vkdkj D;k g\

परमाणु बहुत छोटा है। इतना छोटा कि न हम इसकी कल्पना कर सकते हैं और न किसी से तुलना। इसके आकार को हम एक उदाहरण से समझ सकते हैं। अटलाटिक सागर में जितने चम्मच पानी है उसके लगभग तीन गुणा परमाणु एक चम्मच पानी (लगभग 1 मि.ली.) में विद्यमान है। इसके अलावा अगर लाखों परमाणुओं की एक ढेरी बना दी जाये तो भी एक कागज की परत के बराबर मोटी होगी। एक तत्व के परमाणु दूसरे तत्व के परमाणुओं से द्रव्यमान में ही नहीं बल्कि आकार में भी भिन्न हैं जैसा कि डाल्टन द्वारा प्रस्तावित है। अब सवाल यह है कि हम एक परमाणु के आकार, द्रव्यमान, और अन्य गुणों के लिये क्यों परेशान हों। वजह साफ है हमारे चारों ओर मौजूद सभी द्रव्य परमाणुओं से बने हैं। यह आयताकार है, परिपत्र या गोलाकार? एक परमाणु के वास्तविक आकार की कल्पना करना मुश्किल है लेकिन सभी व्यावहारिक प्रयोजनों के लिये आकार में गोलाकार रूप में लिया जाता है और यही वजह है कि हम इसके त्रिज्या की बात करते हैं। क्योंकि आकार बेहद छोटा है और हमारी आंखों के लिये अदृश्य है हम इसके आकार को नैनोमीटर (1 नै.मी = 10^{-9} मीटर) के पैमाने पर व्यक्त करते हैं। आप इसके आकार का अनुमान निम्न सारणी से लगा सकते हैं :

lkj.kh 3.1 lkis{k vkdkj

f=T;k ¼ehVj esa½	mnkgj.k
10^{-10}	हाइड्रोजन के परमाणु
10^{-4}	रेत का कण
10^{-1}	तरबूज
0.2×10^{-1}	क्रिकेट की गेंद

हम परमाणुओं को नग्न आंखों से नहीं देख सकते लेकिन आधुनिक तकनीकों का प्रयोग करके परमाणुओं की छवि को तत्वों की सतह पर देखा जा सकता है। इस तकनीक को स्कैनिंग टनलिंग माइक्रोस्कॉपी (एस.टी.एम.) के रूप में जाना जाता है। (चित्र 3.2)

fp= 3-2 एस.टी.एम. तकनीक द्वारा कापर की सतह की छवि। परमाणु की सतह को बड़े आकार की छवि में देखा जा सकता है

3.2.3 ijek.k nzO;eku

डाल्टन ने परमाणु के द्रव्यमान की अवधारणा को दिया। उनके अनुसार एक ही तत्व के परमाणुओं का एक ही द्रव्यमान होता है। लेकिन विभिन्न तत्वों के परमाणुओं का द्रव्यमान भिन्न होता है। चूंकि डाल्टन के लिये एक परमाणु का द्रव्यमान को मापना सम्भव नही था अतः उसने एक यौगिक

में प्रयुक्त तत्वों के सापेक्ष द्रव्यमान को माप का आधार बनाया और सापेक्ष परमाणु भार की प्रस्तुति की। उदाहरण के लिये प्रयोग के द्वारा हम ज्ञात कर सकते हैं कि 1.000 ग्राम हाइड्रोजन व 7.9367 ग्राम ऑक्सीजन के संयोग से पानी बनता है। अगर हमे पानी का सूत्र ज्ञात हो तो हम आसानी से एक ऑक्सीजन परमाणु का भार हाइड्रोजन परमाणु के सापेक्ष निर्धारित कर सकते हैं।

उन दिनों डाल्टन के पास पानी के गठन में संयोग करने वाले तत्वों के परमाणुओं के अनुपात का निर्धारण करने का तरीका नहीं था। उसके अनुमान के अनुसार यह संभावना थी कि हाइड्रोजन व ऑक्सीजन के परमाणु संख्या में बराबर थे। इस धारणा से यह निष्कर्ष निकला कि ऑक्सीजन के परमाणु का भार हाइड्रोजन के परमाणु के भार के मुकाबले 7.9367 गुणा अधिक होगा। यह तथ्य सही नहीं था। आज हम जानते हैं कि हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या पानी में ऑक्सीजन के परमाणुओं की संख्या (पानी का सूत्र H_2O) से दो गुनी है। अतः ऑक्सीजन के परमाणु का सापेक्ष भार हाइड्रोजन के परमाणु के भार की तुलना में $2 \times 7.9367 = 15.873$ गुणा अधिक है। डाल्टन के बाद कई वैज्ञानिकों ने बहुत से तत्वों के परमाणुओं के सापेक्ष भार निर्धारित किये। जिसके लिये हाइड्रोजन परमाणु का भार इकाई माना गया। बाद में हाइड्रोजन के स्थान पर ऑक्सीजन को परमाणु भार स्केल का मानक चुना गया क्योंकि ऑक्सीजन अपेक्षाकृत अधिक तत्वों से संयोग करके बड़े पैमाने पर यौगिक बनाने में सक्षम है।

सन 1961 में कार्बन तत्व के समस्थानिक कार्बन C-12 (अथवा $^{12}_{6}C$) को परमाणु भार स्केल के मानक के रूप में अपनाया गया। यह स्केल उपकरण, मास स्पेक्ट्रोमीटर द्वारा परमाणु भार की निर्धारण विधि पर निर्भर करता है। मास स्पेक्ट्रोमीटर का अविष्कार 20वीं सदी की शुरूआत में हुआ और इसका प्रयोग परमाणु भार ज्ञात करने के लिये होने लगा। परमाणुओं का भार C-12 परमाणु व्यापक पैमाने के साथ तुलना के द्वारा प्राप्त करते हैं। वास्तव में C-12 समस्थानिक को परमाणु भार की इकाई के रूप में माना जाता है और यह एक परमाणु कार्बन C-12 के भार का 1/12 भाग के बराबर होता है। परमाणु भार इकाई को संक्षेप में amu द्वारा प्रदर्शित करते हैं। आजकल परमाणु भार इकाई amu को एकीकृत भार इकाई के रूप में जाना जाता है और इसे अक्षर 'u' से चिन्हित करते हैं।

amu में व्यक्त तत्वों के परमाणुओं के सापेक्ष भार परमाणु भार कहलाते हैं। आजकल परमाणु भार की जगह परमाणु द्रव्यमान का उपयोग होता है।

इसके अतिरिक्त आपने देखा कि डाल्टन के अनुसार एक तत्व में सभी परमाणुओं का द्रव्यमान बराबर है लेकिन बाद में पाया गया कि स्वाभाविक रूप से मिलने वाले तत्वों के सभी परमाणुओं का द्रव्यमान एक सा नहीं है। हम निम्न अनुभाग में इस तरह के परमाणुओं के बारे में अध्ययन करेगे। जिस परमाणु द्रव्यमान का हम रासायनिक अभिक्रिया व रासायनिक गणना के लिये प्रयोग करते हैं। वह औसतन परमाणु द्रव्यमान है जो तत्वों के समस्थानिकों के सापेक्ष बहुतायत पर निर्भर करता है।

3.2.4 lelFkkfud vkj ijek.k n0;eku

डाल्टन के अनुसार परमाणु एक अविभाज्य कण होता है। बाद में शोध से यह साबित हुआ कि परमाणु स्वयं विभिन्न प्रकार के सूक्ष्म मौलिक कणों से बना है। जैसे कि इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन व न्यूट्रॉन। इलेक्ट्रॉन ऋणावेशित कण है। प्रोटॉन धनआवेशित कण है। एक परमाणु में इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन की संख्या बराबर होती है। चूकि इलेक्ट्रॉन का आवेश प्रोटॉन के आवेश के सम और विपरीत होता है इसलिये एक परमाणु विद्युत तटस्थ (उदासीन) होता है। प्रोटॉन परमाणु के केन्द्र में नाभिक में रहते हैं और नाभिक ऋणावेशित इलेक्ट्रॉनों से घिरा होता है।

(a) (b) (c)

fp= 3.3: नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉनों की व्यवस्था (a) हाइड्रोजन (b) कार्बन और (c) ऑक्सीजन परमाणु

नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या को उस तत्व का परमाणु क्रमांक (Z) कहते हैं। उदाहरण के लिये चित्र 3.3 में ऑक्सीजन नाभिक में 8 प्रोटॉन, कार्बन नाभिक में 6 प्रोटॉन और हाइड्रोजन नाभिक में केवल 1 प्रोटॉन है। इसलिये ऑक्सीजन, कार्बन और हाइड्रोजन की परमाणु संख्या क्रमशः 8, 6 और 1 है। नाभिक में स्थित उदासीन कणों को न्यूट्रॉन कहा जाता है। एक प्रोटॉन और एक न्यूट्रॉन का द्रव्यमान लगभग एक ही है।

ukfHkd dk dy n0;eku = ikVku dk n0;eku + U;Vªku dk n0;eku

किसी परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों की संख्याओं के योग को उस परमाणु की द्रव्यमान संख्या (A) कहते हैं। परंपरा के अनुसार किसी भी तत्व के परमाणु प्रतीक के निचले बायें कोने में उसकी परमाणु संख्या और ऊपरी बायें कोने में द्रव्यमान संख्या लिखी जाती है। उदाहरण के लिये $^{12}_{6}C$ चिन्ह यह संकेत करता है कि यहाँ कुल 12 नाभिकीय कण, कार्बन परमाणु के नाभिक में मौजूद हैं। जिसमें 6 प्रोटॉन हैं। इस प्रकार वहां 6 न्यूट्रॉन होने चाहिये (12 – 6 = 6) इसी प्रकार $^{16}_{8}O$ संकेत करता है कि यहा 8 प्रोटॉन और 16 नाभिकीय कण है (द्रव्यमान संख्या) (8 प्रोटॉन + 8 न्यूट्रॉन) क्योंकि परमाणु विद्युत उदासीन है। ऑक्सीजन में 8 प्रोटॉन और 8 इलेक्ट्रॉन है। इसके अलावा परमाणु संख्या (Z) के आधार पर एक तत्व के परमाणु दूसरे तत्व के परमाणु से भिन्न होते हैं।

rRo dk ifjHkkf"kr dj ldrs gS fd ,d inkFkZ gS ftlds lHkh ijek.kvksa dh ijek.kq la[;k ,d leku gksrh gSA

परन्तु किसी भी तत्व के नाभिक में न्यूट्रॉन की संख्या अलग-अलग हो सकती है। उदाहरण के लिये प्रकृति में पाए जाने वाले ऑक्सीजन में प्रोटान की संख्या स्थिर होती है जो उसे अन्य तत्वों से अलग बनाती है परन्तु उसके नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या भिन्न-भिन्न होती है। जिस कारण से एक ही तत्व के परमाणुओं का द्रव्यमान अलग-अलग होता है। उदाहरण के लिये ऑक्सीजन के एक प्रकार के परमाणु में 8 प्रोटॉन व 8 न्यूट्रॉन, दूसरे प्रकार में 8 प्रोटॉन व 9 न्यूट्रॉन तथा तीसरे प्रकार में 8 प्रोटॉन व 10 न्यूट्रॉन मौजूद हैं। हम इन ऑक्सीजन के परमाणुओं को क्रमशः ऐसे दर्शाते हैं $^{16}_{8}O$, $^{17}_{8}O$, $^{18}_{8}O$ । ,sls ijek.kvks dk ftudk ijek.k Øekd (Z) leku gkrk g ijUrq n0;eku l[;k (A) fHkUu gkrh g] leLFkkfud (isotope) dgrs gSA एक ही तत्व के परमाणु द्रव्यमान में अन्तर को ध्यान में रखते हुये हम तत्वों के औसत परमाणु द्रव्यमान को आधार बनाते हैं। इसकी गणना सभी समस्थानिकों की प्रचुरता पर निर्भर करती है। कुछ तत्वों के परमाणु द्रव्यमान सारणी 3.2 में दिये गये हैं।

mnkgj.k 3.1: दो समस्थानिकों $^{35}_{17}Cl$ व $^{37}_{17}Cl$ के मिश्रण से क्लोरीन प्राप्त हुआ है। यह समस्थानिक 3 : 1 के अनुपात में मौजूद हैं। अब क्लोरीन का औसत परमाणु द्रव्यमान क्या होगा?

lek/kku% क्योंकि $^{35}_{17}Cl$ व $^{37}_{17}Cl$ 3 : 1 के अनुपात में मौजूद है अतः 3 परमाणुओं का द्रव्यमान है 35 व एक परमाणु का द्रव्यमान है 37।

$$\text{औसत परमाणु द्रव्यमान} = \frac{35\times3+37\times1}{4} = \frac{142}{4} = 35.5 \text{ u}$$

इसलिये क्लोरीन का औसत परमाणु द्रव्यमान होगा 35.5 u।

lkj.kh 3.2 : dqN lkekU; rRoksa ds ijek.kq n0;eku*

rRo	izrhd	n0;eku (u)	rRo	izrhd	n0;eku (u)
अल्यूमीनियम	Al	26.93	मैगनीशियम	Mg	24.31
आर्गन	Ar	39.95	मैंगनीज	Mn	54.94
आर्सेनिक	As	74.92	मरकरी (पारा)	Hg	200.59
बेरियम	Ba	137.34	नियॉन	Ne	20.18
बोरोन	B	10.81	निकल	Ni	58.71
ब्रोमीन	Br	79.91	नाइट्रोजन	N	14.01
सीजियम	Cs	132.91	ऑक्सीजन	O	16.00
कैल्शियम	Ca	40.08	फास्फोरस	P	30.97
कार्बन	C	12.01	प्लेटिनम	Pt	195.09

क्लोरीन	Cl	35.45	पोटेशियम	K	39.1
क्रोमियम	Cr	52.00	रेडॉन	Rn	(222)**
कोबाल्ट	Co	58.93	सिल्किॉन	Si	23.09
कॉपर	Cu	63.56	सिल्वर (चांदी)	Ag	107.87
फ्लोरीन	F	19.00	सोडियम	Na	23.00
सोना (गोल्ड)	Au	196.97	सल्फर	S	32.06
हीलियम	He	4.00	टिन	Sn	118.69
हाइड्रोजन	H	1.008	टाइटेनियम	Ti	47.88
आयोडीन	I	126.90	टंगस्टेन	W	183.85
आयरन	Fe	55.85	यूरेनियम	U	238.03
सीसा (लेड)	Pb	207.19	वैनेडियम	V	50.94
लीथियम	Li	6.94	जैनोन	Xe	131.30
			जिंक	Zn	65.37

* परमाणु द्रव्यमान को औसत द्रव्यमान के रूप में दूसरे दशमलव तक दर्शाया गया है। प्रयोग के समय इसको संपूर्ण अंकों में गिनते हैं।

** रेडियोधर्मी

ikBxr i'u 3.1

1. उन वैज्ञानिकों के नाम बताइए जिन्होंने द्रव्यमान संरक्षण का नियम तथा स्थिर अनुपात का नियम दिया।

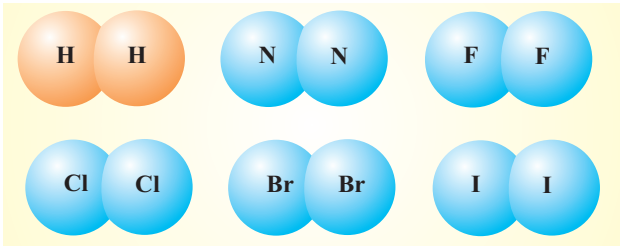
2. 12 ग्राम मैग्नीशियम को एक बर्तन जिसमें 20 ग्राम शुद्ध ऑक्सीजन है जलाया गया। अभिक्रिया समाप्त होने के बाद 12 ग्राम ऑक्सीजन अभिकृत पायी गई। दर्शाइए कि क्या ये स्थिर समानुपाती नियम के अनुसार है।

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$$

3.3 v.k D;k g\

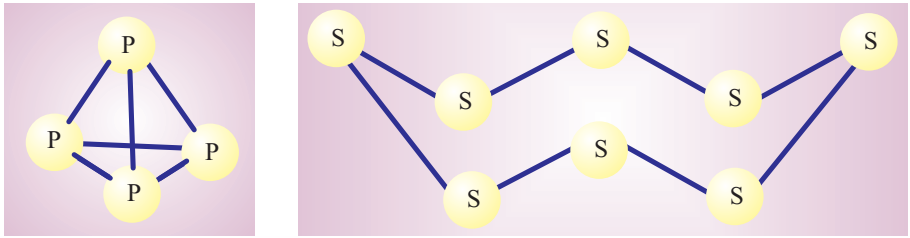
डाल्टन की परिकल्पना के अनुसार परमाणुओं के संयोजन से अणुओं की रचना होती है, जिसको उसने परमाणु यौगिक का नाम दिया। आज हम जानते हैं कि अणु क्या है। अणु एक निश्चित व्यवस्था में एक या अलग तत्वों के दो या दो से अधिक परमाणुओं का समुच्चय है। जिसमें परमाणु रासायनिक बलों या रासायनिक संयोजन द्वारा एक दूसरे से बंधे हुये हैं। परमाणु किसी भी पदार्थ का सबसे सूक्ष्म कण है परन्तु वह स्वतंत्र अवस्था में नहीं रह सकता। इसके विपरीत अणु पदार्थ

या यौगिक का सूक्ष्मतम कण है जो किसी भी सामान्य परिस्थिति में स्वतंत्र अवस्था में रह सकता है। एक अणु की उस पदार्थ के सभी गुण उपस्थिति रहते हैं। एक अणु को रासायनिक संरचना का वर्णन करने के लिये उस तत्व के प्रतीक व सूत्र की सहायता ली जाती है। (3.5 खण्ड में वर्णित)। ऑक्सीजन अणु जिससे हम परिचित हैं, दो परमाणुओं से बना है इसलिये यह द्विपरमाणुक (O_2 द्वारा लिखित) है। हाइड्रोजन, नाइट्रोजन, फ्लोरीन, क्लोरीन, ब्रोमीन और आयोडिन द्विपरमाणुक अणुओं के अन्य उदाहरण हैं और उनको हम क्रमशः H_2, N_2, F_2, Cl_2, Br_2 और I_2 के रूप में प्रदर्शित करते हैं। (चित्र 3.4)



fp= **3.4:** द्विपरमाणुक अणुओं को दर्शाना

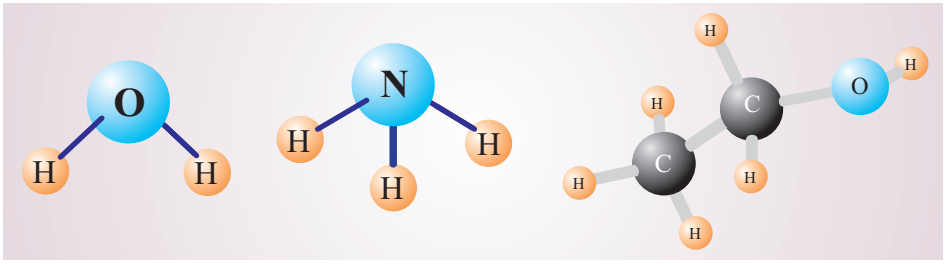
कुछ अन्य तत्व अधिक जटिल अणुओं के रूप में मौजूद हैं। सामान्य तापमान व दाब पर फास्फोरस में चार परमाणु (P_4) तथा सल्फर परमाणु में आठ परमाणु (S_8) होते हैं। चार परमाणु से बने अणु को चर्तुपरमाणुक कहते हैं। आमतौर पर तीन या तीन से अधिक परमाणु से मिलकर बने अणु बहुपरमाणुक की श्रेणी के अंतर्गत माने जाते है। केवल कुछ वर्ष पूर्व ही कार्बन के एक ऐसे अणु की खोज हुई जिसका आण्विक सूत्र (C_{60}) था और इसे बकमिन्सटर फुलेरीन नाम दिया। इसके विषय में आप उच्च कक्षाओं में अध्ययन करेंगे।



फास्फोरस अणु P_4 की संरचना सल्फर अणु S_8 की संरचना

fp= **3.5 :** फास्फोरस व सल्फर के अणु

यौगिकों के अणु एक से अधिक तरह के परमाणुओं के बने होते है। इसका एक परिचित उदाहरण है पानी का अणु जो दो प्रकार के परमाणु से बना है। पानी के एक अणु में दो परमाणु हाइड्रोजन के व एक परमाणु ऑक्सीजन का विद्यमान है यह H_2O के रूप में लिखा जाता है। मीथेन (CH_4) का एक अणु एक कार्बन व चार हाइड्रोजन से बना है। एथिल एल्कोहल (C_2H_5OH) के एक अणु में नौ परमाणु है (2 परमाणु कार्बन, 6 परमाणु हाइड्रोजन तथा एक परमाणु ऑक्सीजन)। (चित्र 3.6)।



पानी का अणु अमोनिया का अणु एथिल एल्कोहल का अणु

fp= 3.6 : पानी, अमोनिया व इथाइल एल्कोहल के अणु

3.3.1 v.kvk dk n0;eku (Molecular Mass)

अभी आपने सीखा है कि एक अणु को हम उसके आण्विक सूत्र के द्वारा प्रदर्शित कर सकते हैं। आण्विक सूत्र एक तत्व अथवा यौगिक का हो सकता है। आमतौर पर आण्विक सूत्र को उस पदार्थ का आण्विक द्रव्यमान का निर्धारण करने के लिये प्रयोग किया जाता है। यदि कोई पदार्थ के अणुओं से बना है (जैसे (CO_2, H_2O या NH_3)) तो उसके आण्विक द्रव्यमान की गणना करना सरल है। इस प्रकार आण्विक द्रव्यमान उस अणु में उपस्थित सभी परमाणुओं के परमाणु द्रव्यमान का योग होता है। अतः कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) का आण्विक द्रव्यमान इस प्रकार प्राप्त होता है।

C	1 × 12.0 u	= 12.0 u
2 O	2 × 16.0 u	= 32.0 u
CO_2 का द्रव्यमान		= 44.0 u

अतः कार्बन डाइऑक्साइड का आण्विक द्रव्यमान = 44.0 u

इसी तरह अमोनिया NH_3 का आण्विक द्रव्यमान प्राप्त करने के लिए

N	1×14.0 u	= 14.0 u
3 H	3 × 1.08 u	= 3.24 u
NH_3 का द्रव्यमान		= 17.24 u

अमोनिया का आण्विक द्रव्यमान, NH_3 = 17.24 u

एसे पदार्थ जो आण्विक प्रकृति के नहीं हैं उनके लिये सूत्र द्रव्यमान (formula mass) का प्रयोग होता है। उदाहरण के लिये सोडियम क्लोराइड (NaCl सूत्र द्वारा दर्शित) जो एक आयोनिक पदार्थ है। इसके लिये हम सूत्र द्रव्यमान की गणना आण्विक द्रव्यमान की तरह करते हैं। सोडियम क्लोराइड के विषय में :

सूत्र द्रव्यमान = सोडियम के एक परमाणु का द्रव्यमान + Cl के एक परमाणु का द्रव्यमान

= 23 u + 35.5 u = 58.5 u

आण्विक व आयोनिक यौगिकों के बारे में आप बाद में विस्तार से सीखेगें।

ikBxr i'u 3.2

1. नाइट्रोजन से तीन तरह के ऑक्साइड बनते हैं : NO, NO_2 और N_2O_3 दिखाये कि ये गुणित अनुपात नियम का अनुसरण करते हैं।
2. सिलिकन की परमाणु संख्या 14 है। यदि सिलिकन के तीन समस्थानिक है जिनके नाभिक में 14, 15 तथा 16 न्यूट्रॉन हैं। समस्थानिकों को संकेत क्या होगें?
3. दिये गये यौगिकों के सूत्र के द्वारा उनका आण्विक द्रव्यमान बताइये :

   C_2H_4, H_2O और CH_3OH

3.4 eky vo/kkj.kk

दो पदार्थों के मिलाने से हमें एक या एक से अधिक नये पदार्थ मिलते हैं। उदाहरण के लिये जब हम हाइड्रोजन व ऑक्सीजन के मिश्रण को प्रज्ज्वलित करते हैं तो एक नया पदार्थ पानी बनता है। इसे हम रासायनिक समीकरण के रूप में दिखाते हैं।

$$2H_2\ (g) + O_2\ (g) \longrightarrow 2H_2O\ (l)$$

उपरोक्त समीकरण में दो हाइड्रोजन के अणु (चार परमाणु) एक ऑक्सीजन के अणु (2 परमाणु) के साथ अभिक्रिया करके पानी के दो अणु बनाते हैं। अतः हमें यह जानने की उत्सुकता रहती है कि रासायनिक अभिक्रिया में एक विशेष प्रकार के अणु अथवा परमाणु कितनी संख्या में दूसरी तरह के अणु अथवा परमाणु के साथ क्रिया करते हैं। चाहे वह कितने सूक्ष्म ही क्यों न हो। इस समस्या का समाधान करने के लिये एक सुविधाजनक इकाई का होना आवश्यक है। क्या आप इस तरह की सुविधाजनक इकाई नहीं चाहेंगे। निश्चित रूप से, पदार्थ में मौजूद अणुओं व परमाणुओं की गणना के लिये वांछनीय इकाई से काम सुविधाजनक हो जायेगा। v.kvk vkj ijek.kvk dh jklk;fud x.kuk dh bdkbZ dk eky dgrs gSA

सामान्य तौर पर मोल शब्द का प्रयोग 1896 में विल्हेम ओस्टवाल्ड ने किया था। इसकी उत्पति लैटिन शब्द 'मोल्स' से हुई है जिसका अर्थ 'ढेरी' है। मोल जिसका प्रतीक 'मोल' एस.आई. (अंतर्राष्ट्रीय प्रणाली) पदार्थ की मात्रा को मापने के लिये आधार इकाई है। यह निम्न रूप में परिभाषित किया गया है।

टिप्पणी

,d eksy inkFkZ dh og ek=kk gS ftlesa mruh ekfyd d.k ¼ijek.kq] v.kq] QkewZyk bdkbZ ;k vU;½ ekfyd d.k gksa ftruh **0.012 kg** dkcZu&12 leLFkkfud esa ijek.kq dh la[;k gSA

सरल शब्दों में C-12 के 0.012 कि.ग्राम (12 ग्राम) में मौजूद परमाणुओं की संख्या को मोल कहते हैं। यद्यपि मोल को कार्बन के परमाणुओं के रूप में परिभाषित किया गया है, लेकिन यह इकाई किसी भी पदार्थ के लिये लागू होती है। जैसे कि दर्जन का अर्थ है 12 या एक ग्रॉस का अर्थ है 144। मोल, दर्जन या ग्रॉस की भांति वैज्ञानिकों की गणना की इकाई है। मोल का प्रयोग वैज्ञानिक विशेषकर रासायनिक पदार्थों में अणु व परमाणु की संख्या गिनने के लिये करते हैं। प्रयोगों के द्वारा अब यह पाया गया है कि निश्चित 12 ग्राम C-12 में 602,200 000 000 000 000 000 000 या 6.022×10^{23} परमाणु मौजूद हैं। इस संख्या को महान इतालवी वकील और भौतिक विज्ञानी अमीडो एवोगाड्रो के सम्मान में, एवोगाड्रो संख्या कहते है। जब इस संख्या को मोल में विभाजित करते है तो इससे मिलने वाले स्थिरांक को एवोगाड्रो का स्थिरांक कहा जाता है। इसको प्रदर्शित करने का प्रतीक है, $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ मोल$^{-1}$।

हमने देखा है कि

कार्बन का परमाणु द्रव्यमान = 12 u

हीलियम का परमाणु द्रव्यमान = 4 u

अतः हम देखते हैं कि कार्बन का एक परमाणु हीलियम के एक परमाणु से तीन गुना भारी है। इसके अनुसार कार्बन के 100 परमाणु, हीलियम के 100 परमाणुओं की तुलना में तीन गुना भारी हैं। इसी प्रकार कार्बन के 6.02×10^{23} परमाणु हीलियम के 6.02×10^{23} परमाणु से तीन गुना भारी हैं। लेकिन कार्बन के 6.02×10^{23} परमाणुओं का वजन 12 ग्राम होता है अतः हीलियम के 6.02×10^{23} परमाणुओं का वजन $1/3 \times 12$ ग्राम = 4 ग्राम होगा। हम कुछ और तत्वों का उदाहरण लेकर उस तत्व के एक मोल परमाणुओं के द्रव्यमान की गणना कर सकते हैं।

3.4.1 eksyj nzO;eku

fdlh inkFkZ ds ,d eksy ds nzO;eku dks mldk eksyj nzO;eku dgk tkrk gSA पदार्थ एक तत्व या यौगिक कुछ भी हो सकता है। ऑक्सीजन के एक मोल परमाणु के द्रव्यमान का अर्थ है, ऑक्सीजन के 6.02×10^{23} परमाणुओं का द्रव्यमान। यह पाया गया है कि एक मोल ऑक्सीजन के एक मोल परमाणुओं का द्रव्यमान 16.0 ग्राम होता है। जब हम एक मोल ऑक्सीजन के अणु की बात करते है इसका अर्थ है 6.02×10^{23} ऑक्सीजन के अणु। एक मोल ऑक्सीजन कें अणुओं का भार 32.0 ग्राम होता है। इस प्रकार

ऑक्सीजन के एक मोल परमाणु का द्रव्यमान = 16 ग्राम मोल$^{-1}$

ऑक्सीजन के एक मोल अणु का द्रव्यमान = 32 ग्राम मोल$^{-1}$

जब यह स्पष्ट न हो कि हम एक मोल परमाणु चाहते हैं अथवा एक मोल अणु, उस स्थिति में तत्व का प्राकृतिक रूप लेते हैं। उदाहरण के लिये ऑक्सीजन के एक मोल का अर्थ है ऑक्सीजन का एक मोल अणु क्योंकि ऑक्सीजन प्रकृति में अणु के रूप में होता है। यौगिकों के लिये भी यही तर्क लागू होता है। उदाहरण के लिय एक मोल पानी का अर्थ है पानी का एक मोल अणु जिसका द्रव्यमान 18 ग्राम है। अंकों की भाषा में किसी पदार्थ का एक मोल उसके आण्विक अथवा परमाणु के द्रव्यमान के बराबर होता है उसे ग्राम में दर्शाया जाता है।

याद रखें मोलर द्रव्यमान की इकाई हमेशा ग्राम/मोल अथवा ग्राम मोल$^{-1}$ g/mol में व्यक्त करते हैं।

उदाहरण के लिये

नाइट्रोजन (N_2) का मोलर द्रव्यमान = 28 ग्राम मोल$^{-1}$

क्लोरीन (Cl_2) का मोलर द्रव्यमान = 71 ग्राम मोल$^{-1}$

सारणी 2.3 कुछ साधारण पदार्थों की आण्विक व मोलर द्रव्यमान दर्शाता है

lkj.kh 3.3 : vkf.od vkj eksyj nzO;eku

l=	vkf.od nzO;eku (u)	eksyj nzO;eku ¼xzke@eksy½
ऑक्सीजन (O_2)	32.0	32.0
क्लोरीन (Cl_2)	71.0	71.0
फास्फोरस (P_4)	123.9	123.9
मीथेन (CH_4)	16.00	16.0
अमोनिया (NH_3)	17.0	17.0
हाइड्रोक्लोरिक अम्लीय गैस (HCl)	36.5	36.5
कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2)	44.0	44.0
सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2)	64.0	64.0
ऐथिल एल्कोहल (C_2H_5OH)	46.0	46.0
बेंजीन (C_6H_6)	78.0	78.00

mnkgj.k **3.2 :** 3.5 मोल ऑक्सीजन में कितने ग्राम होते हैं।

lek/kku **:** मोल को द्रव्यमान ग्राम में बदलने के लिये अथवा द्रव्यमान (ग्राम में) को मोल में परिवर्तित करने के लिये हमेशा द्रव्यमान और मोल के बीच एक सबंध की आवश्यकता होती है।

ऑक्सीजन (O_2) का मोलर द्रव्यमान = 32 ग्राम मोल$^{-1}$

अतः ऑक्सीजन के 3.5 मोल में ऑक्सीजन के ग्राम की संख्या

= 3.5 ऑक्सीजन के मोल × 32.0 ग्राम मोल$^{-1}$

= **112.0** xke ऑक्सीजन

mnkgj.k **3.3 :** 27 ग्राम पानी में अणुओं की संख्या ज्ञात करिए।

lek/kku**:** मोल अवधारणा कणों की संख्या और उनके द्रव्यमान के बीच एक संबंध प्रदान करता है। अतः किसी दिये गये द्रव्यमान में कणों की संख्या की गणना करना संभव है।

$$\text{पानी } (H_2O) \text{ के मोल की संख्या} = \frac{\text{पानी का द्रव्यमान}}{\text{पानी का मोलर द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{27 \text{ ग्राम}}{18 \text{ ग्राम मोल}^{-1}} = \frac{3}{2} \text{ मोल} = 1.5 \text{ मोल}$$

क्योंकि एक मोल पानी में 6.02×10^{23} अणु विद्यमान हैं

अतः 1.5 मोल पानी में = 6.02×10^{23} अणु मोल$^{-1}$ ×1.5 मोल

= 9.03×10^{23} पानी के अणु

ikBxr iz'u 3.3

1. अणुओं की संख्या व मोल के बीच के सबंध की व्याख्या करिये।
2. आण्विक द्रव्यमान क्या है? यह किस तरह मोलर द्रव्यमान से अलग है?
3. दी गई अभिक्रिया पर विचार करें

   $$C\ (s) + O_2\ (g) \longrightarrow CO_2\ (g)$$

   18 ग्राम कार्बन को ऑक्सीजन में प्रज्जवलित करने पर कितने मोल कार्बन डाइऑक्साइड का उत्पादन होगा?
4. NaCl का मोलर द्रव्यमान क्या है?

3.5 ;kfxdk d: jklk;fud l=kk dk y:[ku

जैसा कि आप जानते हैं कि एक यौगिक, दो या दो से अधिक तत्वों के द्रव्यमान के निश्चित अनुपात में क्रिया करने से बना है (स्थिर अनुपात नियम)। अतः इसमें प्रयुक्त परमाणुओं की एक निश्चित संख्या होती है। तत्वों का प्रदर्शन उनके प्रतीकों हाइड्रोजन के लिये H सोडियम के लिये Na द्वारा होता है। इसी तरह एक यौगिक को भी एक आशूलिपि संकेत सूत्र अथवा रासायनिक सूत्र के द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। यौगिक का सूत्र उसके घटक तत्वों तथा प्रत्येक घटक तत्व की संख्या को इंगित करता है। दूसरे शब्दों में यौगिक के रासायनिक सूत्र से उसकी रासायनिक संरचना का ज्ञान होता है। एक यौगिक को बनाने वाले तत्वों के परमाणुओं का संकेत उसके प्रतीक के द्वारा किया जाता है और उनकी संख्या प्रतीक के दाहिने हाथ की ओर पादांक के रूप में लिखते हैं। उदाहरण के लिये पानी के सूत्र (H_2O) में हाइड्रोजन के दो परमाणु पादांक के रूप में दिखाये गये हैं। जबकि ऑक्सीजन को बिना पादांक के दिखाया गया है जिसका अर्थ है कि ऑक्सीजन का सिर्फ एक ही परमाणु है।

3.5.1 l;kstdrk vkj l=hdj.k

प्रत्येक तत्व की दूसरे तत्व से संयोग करने की एक निश्चित क्षमता होती है। तत्वों की संयोजन क्षमता संयोजकता कहलाती हैं। शीघ्र ही तुम जान लोगे कि तत्वों की संयोजन क्षमता उनके इलेक्ट्रोनिक विन्यास पर निर्भर करती है। कुछ तत्वों की सामान्य संयोजकता सारणी 3.4 में प्रदर्शित की गई है।

lkj.kh 3.4 : rRoksa dh l;kstdrk

rRo	izrhd	l;kstdrk	rRo	izrhd	l;kstdrk
हाइड्रोजन	H	1	फास्फोरस	P	5
ऑक्सीजन	O	2	सोडियम	Na	1
कार्बन	C	4	मैगनीशियम	Mg	2
नाइट्रोजन	N	3	कैल्शियम	Ca	2
क्लोरीन	Cl	1	एल्यूमिनियम	Al	3
ब्रोमीन	B	1	लौह (आयरन)	Fe	2
आयोडिन	I	1	बेरियम	Ba	2

अधिकांश सरल यौगिक दो तत्वों से बनते हैं। ऐसे यौगिकों को द्विअंगी यौगिक कहते हैं। ऐसे यौगिकों का सूत्र लिखना सरल होता है। जब एक धातु, अधातु के साथ संयोग करती है, धातु तत्व का प्रतीक बायें हाथ की ओर, तथा अधातु तत्व दायें हाथ की ओर लिखते हैं। (यदि दोनों ही अधातु हैं तब हम दाहिने हाथ की ओर अधिक ऋण विद्युती तत्व लिखते हैं।) एक यौगिक के नामकरण में पहला तत्व अपने सामान्य रूप में तथा दूसरे तत्व जो अधिक ऋण विद्युती है उसके नाम के अंत में 'आईडी' (ide) जोड़ा जाता है। रासायनिक सूत्र लिखने के लिये हम संयोजकता को नीचे दिये गये

निर्देश के अनुसार लिखते हैं और फिर तत्वों के परमाणु का संयोजकता एक दूसरे से बदल कर लिखते हैं। कार्बन व क्लोरीन के संयोग से, हाइड्रोजन व ऑक्सीजन के संयोग से तथा हाइड्रोजन व क्लोरीन के संयोग से बनने वाले यौगिक का सम्भावित सूत्र इस प्रकार लिखा जा सकता है।

तत्व	C Cl	H O	H Cl
संयोजकता	4 1	1 2	1 1
सूत्र	CC_4	H_2O	HCl

अधिक स्पष्टता के लिये कुछ अन्य उदाहरण जैसे CaO, NaCl और NH_3 के सूत्र से ज्ञात कर सकते हैं।

तत्व	Ca O	Na Cl	N H
संयोजकता	2 2	1 1	3 1
सूत्र	CaO	NaCl	NH_3

इस प्रकार हम विभिन्न यौगिकों के सूत्र लिख सकते है यदि हमें उनके तत्वों व उनकी संयोजकता ज्ञात है।

जैसा कि ऊपर उल्लेख किया गया है कि तत्वों की संयोजकता उनके इलेक्ट्रानिक विन्यास और उनकी प्रकृति पर निर्भर करती है। कभी-कभी एक तत्व एक से अधिक प्रकार की संयोजकता प्रदर्शित करता है। किसी तत्व की एक से अधिक प्रकार की संयोजकता को ifjorh l;kstdrk (variable valency) कहते हैं। उदाहरण के लिये नाइट्रोजन कई तरह के ऑक्साइड बनाती है N_2O, N_2O_2, N_2O_3, N_2O_4 और N_2O_5 यदि हम ऑक्सीजन की संयोजकता दो के बराबर मान लें तो नाइट्रोजन की संयोकता अलग-अलग ऑक्साइड में क्रमशः 1, 2, 3, 4 और 5 हो जायेगी। संयोजकता हमेशा निश्चित नहीं होती है। नाइट्रोजन की तरह फास्फोरस भी यौगिकों में 3 और 5 की संयोजकता प्रदर्शित करता है जैसा कि PBr_3 और P_2O_5 में। इन यौगिकों में एक से अधिक परमाणु होते है और इनको प्रदर्शित करने के लिए संख्यात्मक उपसर्ग (एकल, द्वितीय, तृतीय आदि) का प्रयोग करते हैं। जैसा कि सारणी 3.5 में दिया गया है।

lkj.kh 3.5 : l[;kRed milx

ijek.kvksa dh l[;k	milx	mnkgj.k
1	मोनो (एकल संयोजी)	कार्बन मोनोऑक्साइड CO
2	डाइ(द्विसंयोज	कार्बन डाइऑक्साइड CO_2
3	ट्राई(त्रिसंयोज	फास्फोरस ट्राइक्लोराइड PCl_3
4	टेट्रा(चर्तुसंयोजी)	कार्बन टेट्राक्लोराइड CCl_4
5	पेन्टा (पंचसंयोजी)	डाइ नाइट्रोजन पेंटाऑक्साइड N_2O_5

यहाँ हम एक बात का अनुभव करते हैं कि उपसर्ग के अंत का 'ओ' अथवा 'ए' को दूसरा स्वर जोड़ने से पहले हटा दिया है उदाहरण के लिये मोनोआक्साइड (monoxide), पेन्टाक्साइड (pentaoxide)। संख्यात्मक उपसर्ग व तत्व के नाम में कोई अंतराल नहीं होता है। एकल उपसर्ग को साधारणतया पहले तत्व के लिये हटा दिया जाता है। यदि पहला तत्व हाइड्रोजन है तो हाइड्रोजन के आगे उपसर्ग नहीं लगता है चाहे कोई भी संख्या हो। उदाहरणार्थ यौगिक हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) का नाम हाइड्रोजन सल्फाइड के रूप में लिखते हैं। डाइहाइड्रोजन डाइसल्फाइड के रूप में नहीं।

यह स्पष्ट है कि द्विअंगी यौगिकों का सूत्र लिखना अपेक्षाकृत आसान है। हालांकि जब हमें दो से अधिक तत्वों के यौगिक का (बहुपरमाणुविक अणु) सूत्र लिखना हो तो कठिनाई होती है। निम्न अनुभाग में हम मुश्किल यौगिकों के सूत्रों पर विचार करेगें।

आप अभी यह सीखेंगे कि मूलतः यौगिक दो प्रकार के होते हैं। सहसंयोजक यौगिक तथा वैद्युत संयोजक यौगिक या आयनिक यौगिक। H_2O और NH_3 सहसंयोजक यौगिक हैं। NaCl और MgO आयनिक यौगिक हैं। आयनिक यौगिक दो आवेशित घटकों से बनती हैं। एक धनआवेशित और दूसरा ऋणआवेशित। सोडियम क्लोराइड Na^+ व Cl^- से बना है। इन तत्वों के आयनों का आवेश सही मायने में इनके आयन की संयोजकता होती है। यदि यह आयनिक यौगिक एक धातु व एक अधातु के बने होते हैं तो इनका सूत्र सरलता से लिखा जाता है जैसे कि NaCl व MgO। परन्तु यदि आयनिक यौगिक दो से अधिक तत्व से बने होते हैं तो इनका सूत्र कठिनाई से लिखा जाता है और इसके लिये हमें आयन के धनावेश व ऋणावेश पर आवेश का पता होना चाहिये।

3.5.2 vk;fud ;kfxdk dk l=hdj.k

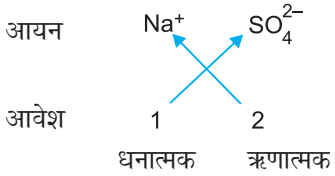
आयनिक यौगिकों का आसानी से सूत्रीकरण कर सकते हैं यदि हमें ऋणायन (ऋण आवेशित) व धनायन (धन आवेशित) आयनों का आवेश का ज्ञान हो। याद रहे कि एक आयनिक यौगिक में धन आवेशित व ऋण आवेशित आयनों के आवेश का योग शून्य के बराबर होना चाहिये। ऋण आवेशित आयन व धन आवेशित आयन और उनके आवेश के कुछ उदाहरण सारणी 3.6 में दिये गये हैं।

lkj.kh 3.6 : vk;fud ;kfxd cukus okys dN
_.kk;uk ,d /kuk;uk d vko'k

_.k vkof'kr vk;u	vko'k	/ku vkof'kr vk;u	vko'k
Cl^- क्लोराइड आयन	–1	K^+ पोटैशियम आयन	+1
NO_3^- नाइट्रेट आयन	–1	Na^+ सोडियम आयन	+1
OH^- हाइड्रोक्साइड आयन	–1	NH_4^+ अमोनियम आयन	+1
HCO_3^- बाइकार्बोनेट आयन	–1	Mg^{2+} मैगनीशियम आयन	+2
NO_2^- नाइट्राइट आयन	–1	Ca^{2+} कैल्शियम आयन	+2

CH_3COO^- एसीटेट आयन	–1	Pb^{2+} लैड आयन	+2
Br^- ब्रोमाइड आयन	–1	Fe^{2+} आयरन आयन	+2
I^- आयोडाइड आयन	–1	Zn^{2+} जिंक आयन	+2
SO_3^{2-} सल्फाइट आयन	–2	Cu^{2+} कापर आयन	+2
CO_3^{2-} कार्बोनेट आयन	–2	Hg^{2+} मरकरी आयन (मरक्यूरिक)	+2
SO_4^{2-} सल्फेट आयन	-2	Fe^{3+} फेरस आयन	+3
S^{2-} सल्फाइड आयन	–2	Al^{3+} एल्यूमिनियम आयन	+3
PO_4^{3-} फास्फेट आयन	–3	K^+ पोटाशियम आयन	+1
		Na^+ सोडियम आयन	+1

मान लीजिये कि आपको सोडियम सल्फेट का सूत्र लिखना है जो सोडियम व सल्फेट आयनों से बना है इसके लिये आप ऋण आवेश व धन आवेश को एक दूसरे में बदलकर पादांक बना लेते हैं। इस तरह आवेश को एक दूसरे से बदलकर लिखने का उद्देश्य आयनों की उस संख्या को ज्ञात करने के लिए होता है जो ऋणात्मक व धनात्मक आवेश को समान करने के लिये आवश्यक हैं।



इस प्रकार सोडियम सल्फेट का सूत्र बनता है Na_2SO_4 । हम इसमें आवेश के संतुलन की जांच इस प्रकार कर सकते हैं।

$$\left.\begin{aligned} 2Na^+ &= 2\times(+1) = +2 \\ 1SO_4^{2-} &= 1\times(-2) = -2 \end{aligned}\right] = 0$$

अतः यौगिक Na_2SO_4 विद्युत उदासीन है।

अब यह स्पष्ट है कि धनायन पर दिखाई आवेश की संख्या ऋणायण्न पर तथा ऋणायन पर दिखाई आवेश की संख्या धनायन पर लिखी जाती है। कैल्शियम फास्फेट का सूत्र लिखने के लिये प्रत्येक आयन के आवेश को ध्यान में रखते हुये सूत्र लिखा जाता है।

$$Ca^{2+}{}_3\ PO_4^{3-}{}_2 = Ca_3(PO_4)_2$$

यौगिकों का सूत्र लेखन अभ्यास के द्वारा आता है। अतः आयनिक यौगिकों का सूत्र ऊपर दिये गये निर्देश के अनुसार लिख कर सीखना चाहिये।

ikBxr i'u 3.4

1. निम्नलिखित तत्वों के संयोग से बनने वाले संभावित यौगिकों के नाम लिखिये।
   (i) हाइड्रोजन व सल्फर
   (ii) नाइट्रोजन व हाइड्रोजन
   (iii) मैगनीशियम और ऑक्सीजन
2. निम्नलिखित तत्वों के बीच में बनने वाले यौगिकों के नाम व सूत्र प्रस्तावित करें।
   (i) पोटेशियम व आयोडाइड आयन
   (ii) सोडियम व सल्फेट आयन
   (iii) एल्यूमिनियम व क्लोराइड आयन
3. इन आयनों से बनने वाले यौगिकों का सूत्र लिखें
   (i) Hg^{2+} और Cl^{-}
   (ii) Pb^{2+} और PO_4^{3-}
   (iii) Ba^{2+} और SO_4^{2-}

vkiu D;k lh[kk

- स्थिर अनुपात नियम के अनुसार एक शुद्ध पदार्थ का नमूना हमेशा उन्हीं तत्वों के निश्चित भारात्मक अनुपात में संयुक्त होने से बनता है।
- जब एक तत्व दूसरे तत्व से संयोग करके दो या अधिक यौगिक बनाते हैं तो एक तत्व के भिन्न-भिन्न द्रव्यमान जो दूसरे तत्व के निश्चित द्रव्यमान से संयोग करते हैं तो प्रथम तत्व के विभिन्न द्रव्यमान जो दूसरे तत्व के निश्चित द्रव्यमान से संयोग करते हैं सरल अनुपात में होते हैं। यह गुणित अनुपात का नियम कहलाता है।
- जान डाल्टन के अनुसार परमाणु एक अविभाज्य कण है। परमाणु एक तत्व का सूक्ष्मतम कण है। जिसमें तत्व के सभी गुण मौजूद हैं। परमाणु स्वतंत्र रूप से मौजूद नहीं होता है बल्कि संयुक्त अवस्था में रहता है।
- अणु किसी तत्व या यौगिक का सूक्ष्मतम कण है जिसमें पदार्थ के सभी गुण मौजूद हैं और सामान्य परिस्थितियों में स्वतंत्र रूप से रह सकता है।
- रासायनिक घटक तत्वों के प्रतीकों का प्रयोग करके अणु को सूत्र के रूप में प्रदर्शित किया जा सकता है।
- किसी भी यौगिक की संरचना उसके रासायनिक सूत्र द्वारा प्रदर्शित की जा सकती है।

- कार्बन-12 के एक परमाणु के भार का 1/12 भाग परमाणु भार की इकाई माना जाता है और दूसरे तत्वों के औसत परमाणु भार को इसकी तुलना के द्वारा प्राप्त किया जाता है।
- मोल किसी भी पदार्थ की वह मात्रा है जिसके कणों की संख्या (परमाणु, अणु और आयनों के रूप में) 0.012 कि.ग्राम कार्बन C-12 के परमाणुओं के बराबर होती है।
- 0.12 कि.ग्राम (अथवा 12 ग्राम) C-12 में मौजूद परमाणुओं की संख्या को एवोगाड्रो की संख्या कहते हैं और यह 6.02×10^{23} के बराबर है। एवोगाड्रो के स्थिरांक को $6.023 \times 10^{23}\ mol^{-1}$ के रूप में लिखा जाता है।
- एक मोल का द्रव्यमान अथवा एक मोल परमाणु का द्रव्यमान या एक पदार्थ का मोल सूत्र का द्रव्यमान उसका ekyj n0;eku कहलाता है।
- किसी यौगिक की संरचना उसके सूत्र के द्वारा प्रदर्शित की जाती है। यौगिक का सूत्र लिखने के लिये उसके तत्वों की संयोजकता का प्रयोग किया जाता है इसका प्रयोग अधिकतर सहसंयोजक यौगिकों में किया जाता है।
- संयोजकता एक तत्व की संयोजन क्षमता का प्रदर्शन है। और यह इलैक्ट्रोनिक विन्यास पर निर्भर होती है।
- आयनिक यौगिकों में हर आयन का आवेश उसका रासायनिक सूत्र निर्धारण करने के लिये किया जाता है।

ikBkUr i'u

1. निम्नलिखित का वर्णन कीजिये :
   (a) द्रव्यमान के संरक्षण का नियम
   (b) स्थिर अनुपात का नियम
   (c) गुणित अनुपात का नियम
2. डाल्टन का परमाणु सिद्धान्त क्या है? पिछले दो शताब्दियों में इस सिद्धान्त में होने वाले परिवर्तन का उल्लेख कीजिये।
3. निम्नलिखित समस्थानिकों में प्रोटॉन, इलेक्ट्रॉन व न्यूट्रॉन की संख्या लिखें।

   ${}^{2}_{1}H$, ${}^{18}_{8}O$, ${}^{19}_{9}F$, ${}^{40}_{20}Ca$

4. बोरॉन के दो समस्थानिक हैं जिनका द्रव्यमान क्रमशः 10.13 u व 11.01 u और उनकी 19.77% व 80.23% की बहुतायत है। बोरॉन का औसत परमाणु द्रव्यमान बताइये।

   ¼mÙkj **10.81 u**½

5. निम्नलिखित समस्थानिकों का प्रतीक बताइये।

   (a) परमाणु संख्या 19, द्रव्यमान संख्या 40

   (b) परमाणु संख्या 7, द्रव्यमान संख्या 15

   (c) परमाणु संख्या 18, द्रव्यमान संख्या 40

   (d) परमाणु संख्या 17, द्रव्यमान संख्या 37

6. तत्व और यौगिक के अन्तर को उदाहरणों द्वारा स्पष्ट कीजिये।

7. यदि एक इलेक्ट्रान का आवेश 1.6022×10^{-19} कूलॉम है तो 1 मोल इलेक्ट्रॉन पर कुल कितना आवेश होगा?

8. 8 ग्राम ऑक्सीजन में कितने अणु है? यदि ऑक्सीजन के अणु को पूरी तरह O (ऑक्सीजन परमाणु) में विभाजित कर दिया जाये तो ऑक्सीजन के परमाणुओं के कितने मोल प्राप्त होगें।

9. मान लें कि मानव शरीर में 80% पानी है। यदि किसी व्यक्ति का द्रव्यमान 65 kg है तो उसके शरीर में उपस्थित पानी के अणुओं की संख्या की गणना कीजिए।

10. सारणी 3.2 परमाणु द्रव्यमान की सहायता से निम्नलिखित यौगिकों के मोलर द्रव्यमान की गणना कीजिये।

    HCl, NH_3, CH_4, CO and NaCl

11. कार्बन का औसत द्रव्यमान 12.01 u है। कार्बन के (a) 2.0 ग्राम और (b) 8.0 ग्राम में मोल की संख्या बताइये।

12. निम्नलिखित अणुओं को द्वि, त्रि, चतुर्थ व पंचम और षष्ठी परमाणु वाले अणु के रूप में वर्गीकृत कीजिये।

    H_2, P_4, SF_4, SO_2, PCl_3, CH_3OH, PCl_5, HCl

13. निम्न का द्रव्यमान बताइये

    (a) 6.02×10^{23} ऑक्सीजन के परमाणु

    (b) 6.02×10^{23} P_4 के अणु

    (c) 3.01×10^{23} ऑक्सीजन के अणु

14. निम्न में कितने परमाणु है?

    (a) 0.1 मोल सल्फर

    (b) 18. ग्राम पानी (H_2O)

    (c) 0.44 ग्राम कार्बन डाईऑक्साइड (CO_2)

15. डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त के विभिन्न परिकल्पनाओं का वर्णन करिये।

16. निम्न को मोल में परिवर्तित करिये।

(a) 16 ग्राम ऑक्सीजन गैस (O_2)

(b) 36 ग्राम जल (H_2O)

(c) 22 ग्राम कार्बन डाईऑक्साइड (CO_2)

17. किसी भी यौगिक का रासायनिक सूत्र क्या प्रदर्शित करता है।

18. निम्नलिखित यौगिकों के रासायनिक सूत्र लिखिये

(a) कापर (II) सल्फेट

(b) एल्यूमिनियम फ्लोराइड

(c) एल्यूमिनियम ब्रोमाइड

(d) जिंक सल्फेट

(e) अमोनियम सल्फेट

ikBxr i'uksa ds mÙkj

3.1

(i) लेवोइजर ने द्रव्यमान संरक्षण का नियम दिया और प्राउस्ट ने स्थिर समानुपात का नियम दिया।

(ii) एक बर्तन में 12g ऑक्सीजन अनाभिकृत छूट जाती है। इसलिए अनाभिकृत ऑक्सीजन = (20 – 12) ग्राम = 08 ग्राम इसलिए 12 ग्राम मैग्नीशियम 8 ग्राम ऑक्सीजन 12:8 के अनुपात में अभिक्रिया करता है। यह है जो कि हम MgO से आशा करते हैं अर्थात 24 ग्राम मैग्नीशियम 16 ग्राम ऑक्सीजन से अभिक्रिया करता है या 12 ग्राम मैग्नीशियम 8 ग्राम ऑक्सीजन से अभिक्रिया करता है।

3.2

(i) नाइट्रोजन का परमाणु द्रव्यमान 14u है और ऑक्सीजन का 16u है।

NO में 14 ग्राम नाइट्रोजन में 16 ग्राम ऑक्सीजन से अभिक्रिया करती है

NO_2 में 14 ग्राम नाइट्रोजन में 32 ग्राम ऑक्सीजन से अभिक्रिया करती है

N_2O_3 में 28 ग्राम नाइट्रोजन में 48 ग्राम ऑक्सीजन से अभिक्रिया करती है

अथवा

14 ग्राम नाइट्रोजन 24 ग्राम ऑक्सीजन से अभिक्रिया करती है। इसलिए, ऑक्सीजन का द्रव्यमान जो 12 ग्राम नाइट्रोजन से अभिक्रिया करता है वह NO, NO_2 व N_2O_3 में 16 : 32 : 24 या 2 : 4 : 3 के अनुपात में होगा। यह बहुघुणित अनुपात के नियम को सिद्ध करता है।

(ii) Si का परमाणु संख्या 14 है सिलिकोन परमाणु जिसमें 14,15, 16 न्यूट्रॉन है, की द्रव्यमान संख्या 28, 29, 30 होगी और इसलिए सिलीकान के समस्थानिकों के प्रतीक

$^{28}_{14}Si$ $^{29}_{14}Si$ और $^{30}_{14}Si$ होंगे

(iii) C_2H_4 का आण्विक द्रव्यमान = कार्बन के दो परमाणुओं का द्रव्यमान + हाइड्रोजन के चार परमाणुओं का द्रव्यमान

$$= 2 \times 12u + 4 \times 1u = 28u$$

H_2O का आण्विक द्रव्यमान = हाइड्रोजन के दो परमाणओं का द्रव्यमान + ऑक्सीजन के एक परमाणु का द्रव्यमान

$$= 2 \times 1u + 1u \times 16u = 18u$$

CH_3OH का आण्विक द्रव्यमान = कार्बन के एक परमाणु का द्रव्यमान + हाइड्रोजन के चार परमाणुओं का द्रव्यमान + ऑक्सीजन के एक परमाणु का द्रव्यमान

$$= 1 \times 12u + 4 \times 1u + 1 \times 16u = 32u$$

3.3

1. एक पदार्थ के एक मोल में उस पदार्थ के 6.023×10^{22} अणु होते हैं अर्थात एक पदार्थ का एक मोल = उस पदार्थ के 6.022×10^{23} अणु

2. आण्विक द्रव्यमान उस अणु में उपस्थित सभी परमाणुओं के परमाणु द्रव्यमान के योग के बराबर होता है। आण्विक द्रव्यमान एक अणु का द्रव्यमान होता है जबकि मोलर द्रव्यमान एक मोल का द्रव्यमान है या 6.023×10^{23} परमाणु, अणु या आयन होता है।

3. $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$

C का 1 मोल O_2 का 1 मोल CO_2 का 1 मोल (44g)

12 ग्राम कार्बन 1 मोल CO_2 देता है

18 ग्राम कार्बन 1.5 मोल CO_2 देगा

4. NaCl का मोलर द्रव्यमान = (23.0 + 35.5) ग्राम मोल$^{-1}$

= 58.5 ग्राम मोल$^{-1}$

3.4

1. (i) H_2S

(ii) NH_3

(iii) MgO

2. (i) KI पोटेशियम आयोडाइड

(ii) Na_2SO_4 सोडियम सल्फेट

(iii) $AlCl_3$ एल्यूमिनियम क्लोराइड

3. (i) $HgCl_2$

(ii) $Pb_3(PO_4)_2$

(iii) $BaSO_4$