

પ્રકરણ 3

પરમાણુઓ અને અણુઓ (Atoms and Molecules)

પ્રાચીન ભારતીય અને ગ્રીક તત્ત્વજ્ઞાનીઓ હંમેશાં દ્રવ્યના અજ્ઞાત અને અદૃશ્ય એવા સ્વરૂપ વિશે આશ્ચર્યચકિત થતા રહ્યા. ઈ.સ. પૂર્વે 500ની આસપાસ ભારતમાં દ્રવ્યના વિભાજનનો વિચાર કરવામાં આવ્યો હતો. ભારતીય તત્ત્વજ્ઞાની મહર્ષિ કણાદે (Maharshi Kanade) એવી ધારણા (Postulate) કરી કે જો આપણે દ્રવ્ય(પદાર્થ)નું વિભાજન કરતાં જઈએ તો આપણે વધુ ને વધુ નાના કણો પ્રાપ્ત કરતા જઈશું. અંતે એવો સમય આવશે કે આપણે એવા સૌથી નાના કણ સુધી પહોંચી જઈશું કે જેનું વધુ વિભાજન શક્ય નહિ બને. તેમણે આ કણોને પરમાણુ એવું નામ આપ્યું. અન્ય એક ભારતીય તત્ત્વજ્ઞાની પકુધા કાત્યાયમે (Pakudha katyayama) આ સિદ્ધાંતને ઝીણવટપૂર્વક સમજાવ્યો અને કહ્યું કે, આ કણો સામાન્ય રીતે સંયુક્તરૂપે અસ્તિત્વ ધરાવે છે, જે દ્રવ્યનાં વિવિધ સ્વરૂપો આપે છે.

આશરે તે જ સમયગાળામાં પ્રાચીન ગ્રીક તત્ત્વજ્ઞાની ડેમોક્રિટસ (Democritus) અને લ્યુસિપસે (Leucippus) સૂચવ્યું કે જો આપણે દ્રવ્યનું વધુ ને વધુ વિભાજન કરતાં જઈએ તો એક સમય એવો આવશે કે જ્યારે પ્રાપ્ત થયેલા કણોનું વધુ વિભાજન શક્ય નહિ બને. ડેમોક્રિટસે આ અવિભાજ્ય કણોને પરમાણુઓ (અર્થ : અવિભાજ્ય) કહ્યા, આ તમામ વિચારો તત્ત્વજ્ઞાનીય (દાર્શનિક) માન્યતાઓ (Philosophical Considerations) પર આધારિત હતા, તેમજ અઢારમી સદી સુધી આ વિચારોને માન્ય કરવા માટે કોઈ વધુ પ્રાયોગિક કાર્યો થયાં ન હતાં.

અઢારમી સદીના અંત સુધીમાં વૈજ્ઞાનિકો તત્ત્વો અને સંયોજનો વચ્ચેનો ભેદ સમજીને સ્વાભાવિક રીતે તે જાણવા આતુર થયા કે શા માટે અને કેવી રીતે તત્ત્વો સંયોજાય છે અને તેઓ સંયોજાય ત્યારે શું થાય છે ?

રાસાયણિક સંયોગીકરણના બે મહત્ત્વના નિયમોની રજૂઆત દ્વારા એન્ટોની એલ. લેવોઈઝરે (Antoine L. Lavoisier) રસાયણશાસ્ત્રનો પાયો નાંખ્યો.

3.1 રાસાયણિક સંયોગીકરણના નિયમો

(Laws of Chemical Combination)

લેવોઈઝર અને જોસેફ એલ. પ્રાઉસ્ટે (Joseph L. Proust)

કરેલા અનેક પ્રયોગો પછી રાસાયણિક સંયોગીકરણના નીચે દર્શાવેલા બે નિયમોની રજૂઆત થઈ.

3.1.1 દળ-સંચયનો નિયમ (Law of conservation of mass)

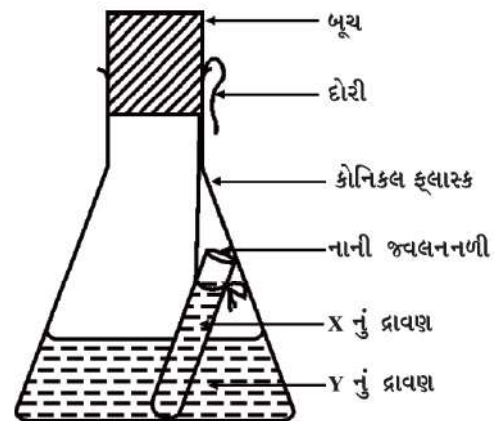
જ્યારે કોઈ રાસાયણિક ફેરફાર (રાસાયણિક પ્રક્રિયા) થાય ત્યારે શું દળમાં કોઈ ફેરફાર થાય છે ?

પ્રવૃત્તિ 3.1

- નીચે દર્શાવેલા X અને Y રસાયણોનાં જૂથો પૈકી કોઈ એક જૂથ પસંદ કરો :

X	Y
(i) કૉપર સલ્ફેટ 1.25 g	સોડિયમ કાર્બોનેટ 1.43 g
(ii) બેરિયમ ક્લોરાઇડ 1.22 g	સોડિયમ સલ્ફેટ 1.53 g
(iii) લેડ નાઇટ્રેટ 2.07 g	સોડિયમ ક્લોરાઇડ 1.17 g

- X અને Y માં દર્શાવેલી યાદીમાંથી કોઈ એક યુગ્મના પદાર્થોનું પાણીમાં અલગ-અલગ 5% સાંદ્રતાવાળું 10 mL દ્રાવણ તૈયાર કરો.
- એક કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં Yનું થોડુંક દ્રાવણ લો અને એક નાની જ્વલનનળી (Ignition Tube)માં થોડી માત્રામાં X દ્રાવણ લો.
- જ્વલનનળીને સાવચેતીપૂર્વક કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં એવી રીતે લટકાવો કે જેથી બે દ્રાવણો મિશ્ર થઈ ન જાય. ફ્લાસ્ક પર બૂચ લગાવો. (જુઓ આકૃતિ 3.1.)



આકૃતિ 3.1 : X દ્રાવણ ધરાવતી જ્વલનનળીને Y દ્રાવણ ધરાવતા કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં મૂકેલ છે.

- ફ્લાસ્કનું તેમાં રહેલા ઘટકો સહિત કાળજીપૂર્વક ફ્લાસ્કનું વજન કરો.
- હવે ફ્લાસ્કને થોડો નમાવીને એવી રીતે ઘુમાવો કે જેથી તેમાં રહેલ X અને Y દ્રાવણો પરસ્પર મિશ્ર થઈ જાય.
- હવે ફરી વાર ફ્લાસ્કનું વજન કરો.
- પ્રક્રિયા ફ્લાસ્કમાં શું થશે ?
- શું તમને લાગે છે કે કોઈ રાસાયણિક પ્રક્રિયા થઈ હશે ?
- ફ્લાસ્કના મુખ પર બૂચ (કોક) શા માટે લગાવીએ છીએ ?
- શું ફ્લાસ્ક અને તેની અંદર રહેલા ઘટકોના દળમાં કોઈ ફેરફાર થાય છે ?

દ્રવ્ય સંયોજનો નિયમ સૂચવે છે કે કોઈ પણ રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં દ્રવ્યનું સર્જન કે વિનાશ થતો નથી.

3.1.2 નિશ્ચિત પ્રમાણનો નિયમ

(Law of constant proportions)

લેવોઈઝરની સાથે-સાથે અનેક વૈજ્ઞાનિકોએ નોંધ્યું કે, અનેક સંયોજનો બે કે તેથી વધુ તત્વોનાં બનેલાં હોય છે. આવું દરેક સંયોજન એક સમાન ગુણોત્તરથી એક સમાન તત્વો ધરાવે છે. પછી તે તત્વ ક્યાંથી આવ્યું કે કોણે તે શોધ્યું તેની સાથે તેને કોઈ સંબંધ નથી.

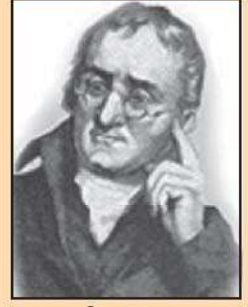
પાણી જેવા સંયોજનમાં હાઈડ્રોજન અને ઓક્સિજનનો દળથી ગુણોત્તર હંમેશાં 1:8 થાય છે. ભલે પછી પાણીનો સ્રોત ગમે તે હોય. આમ, 9 ગ્રામ પાણીનું વિઘટન થાય ત્યારે હંમેશાં 1 ગ્રામ હાઈડ્રોજન અને 8 ગ્રામ ઓક્સિજન ઉદ્ભવે છે. તેવી જ રીતે એમોનિયામાં નાઈટ્રોજન અને હાઈડ્રોજનનો દળથી ગુણોત્તર હંમેશાં 14:3 હોય છે. ભલે તેનો સ્રોત ગમે તે હોય કે ગમે તે પદ્ધતિથી તેને મેળવેલું હોય.

આ ખ્યાલ નિશ્ચિત પ્રમાણના નિયમ તરફ દોરી જાય છે, જેને નિશ્ચિત પ્રમાણનો નિયમ પણ કહે છે. પ્રાઉસ્ટે આ નિયમની રજૂઆત આ પ્રમાણે કરી હતી. “રાસાયણિક પદાર્થમાં તત્વો હંમેશાં દળથી નિશ્ચિત પ્રમાણમાં હાજર રહેલા હોય છે.”

વૈજ્ઞાનિકોની હવે પછીની સમસ્યા આ નિયમોની યોગ્ય સમજૂતી આપવાની હતી. બ્રિટિશ રસાયણશાસ્ત્રી જહોન ડાલ્ટને (John Dalton) દ્રવ્યના સ્વભાવ વિશે મૂળભૂત સિદ્ધાંત પૂરો પાડ્યો. ડાલ્ટનને પરમાણુના વિભાજનનો વિચાર આવ્યો કે જે-તે સમય સુધી માત્ર તત્ત્વજ્ઞાન જ હતું. ડાલ્ટને ગ્રીક તત્ત્વજ્ઞાનીઓ દ્વારા અપાયેલ શબ્દ ‘પરમાણુ’નો ઉપયોગ કર્યો અને કહ્યું કે, દ્રવ્યના નાનામાં નાના કણો પરમાણુઓ છે. તેનો સિદ્ધાંત રાસાયણિક

સંયોજીકરણના નિયમો પર આધારિત હતો. ડાલ્ટનના પરમાણુ સિદ્ધાંતે દ્રવ્ય સંયોજના નિયમ તેમજ નિશ્ચિત પ્રમાણના નિયમની સમજૂતી પૂરી પાડી.

જહોન ડાલ્ટનનો જન્મ ગરીબ વણકર પરિવારમાં 1766માં ઈંગ્લેન્ડમાં થયો હતો. તેમણે બાર વર્ષની ઉંમરે એક શિક્ષક તરીકે પોતાની કારકિર્દીની શરૂઆત કરી હતી. સાત વર્ષ બાદ તે શાળાના આચાર્ય બન્યા. 1793માં ડાલ્ટન એક કોલેજમાં



જહોન ડાલ્ટન

ગણિત, ભૌતિકવિજ્ઞાન અને રસાયણવિજ્ઞાન ભણાવવા માટે માન્યેસ્ટર છોડ્યું હતું. તેમણે પોતાનું સમગ્ર જીવન ભણાવવામાં અને સંશોધન કરવામાં વિતાવ્યું. 1808માં તેમણે પોતાનો પરમાણ્વીય સિદ્ધાંત રજૂ કર્યો જે દ્રવ્યના અભ્યાસ માટે એક વળાંક સમાન હતો.

ડાલ્ટનના પરમાણ્વીય સિદ્ધાંતના આધારે તમામ દ્રવ્યો પછી તે તત્ત્વ હોય કે સંયોજન હોય કે મિશ્રણ હોય તે દરેક સૂક્ષ્મ કણોના બનેલા હોય છે. આ સૂક્ષ્મ કણોને પરમાણુઓ કહે છે. આ સિદ્ધાંતની અભિધારણાઓ નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય :

- (i) તમામ દ્રવ્યો પરમાણુ તરીકે ઓળખાતા અતિસૂક્ષ્મ કણોના બનેલા હોય છે. જે રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં ભાગ લે છે.
- (ii) પરમાણુ અવિભાજ્ય કણ છે. જેનો રાસાયણિક પ્રક્રિયા દરમિયાન સર્જન કે વિનાશ કરી શકાતો નથી.
- (iii) એક જ તત્ત્વના પરમાણુઓના દળ અને રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય છે.
- (iv) જુદાં-જુદાં તત્ત્વોના પરમાણુઓના દળ અને રાસાયણિક ગુણધર્મો જુદા-જુદા હોય છે.
- (v) પરમાણુઓ નાની પૂર્ણાંક સંખ્યાના યોગ્ય ગુણોત્તરથી જોડાઈને સંયોજન બનાવે છે.
- (vi) આપેલ સંયોજનમાં પરમાણુઓની સાપેક્ષ સંખ્યા અને પ્રકાર નિશ્ચિત હોય છે.

તમે હવે પછીના પ્રકરણમાં અભ્યાસ કરશો કે તમામ પરમાણુઓ હજી વધુ ને વધુ નાના કણોના બનેલા હોય છે.

પ્રશ્નો :

1. એક પ્રક્રિયામાં 5.3 g સોડિયમ કાર્બોનેટ 6 g ઈથેનોઈક એસિડ (એસિટિક એસિડ) સાથે પ્રક્રિયા પામે છે તથા 2.2 g કાર્બન ડાયોક્સાઈડ, 0.9 g પાણી અને

8.2 g સોડિયમ ઈથેનોએટ (સોડિયમ એસિટેટ) નીપજ મળે છે. દર્શાવો કે આ અવલોકનો દ્રવ્ય-સંચયના નિયમનું સમર્થન કરે છે.

સોડિયમ કાર્બોનેટ + ઈથેનોઇક એસિડ \longrightarrow

સોડિયમ ઈથેનોએટ + કાર્બન ડાયોક્સાઇડ + પાણી

2. પાણી બનાવવા માટે હાઇડ્રોજન અને ઓક્સિજન દળથી 1:8 ના પ્રમાણમાં જોડાય છે. 3 g હાઇડ્રોજન વાયુ સાથે સંપૂર્ણ પ્રક્રિયા કરવા માટે ઓક્સિજનનો કેટલો જથ્થો જરૂરી છે ?

3. ડાલ્ટનના પરમાણ્વીય સિદ્ધાંતની કઈ અભિધારણા દ્રવ્ય- સંચયના નિયમનું પરિણામ છે ?

4. ડાલ્ટનના પરમાણ્વીય સિદ્ધાંતની કઈ અભિધારણા નિશ્ચિત પ્રમાણના નિયમની સમજૂતી આપે છે ?

3.2 પરમાણુ શું છે ? (What is an Atom ?)

શું તમે ક્યારેય કોઈ કડિયાને દીવાલનું બાંધકામ કરતો જોયો છે કે જે દીવાલો દ્વારા ઓરડો (ખંડ) બનાવે છે અને આવા ઓરડાઓના સમૂહથી ઇમારત તૈયાર થાય છે ? આ વિશાળ ઇમારતના પાયાનો એકમ શું હોય છે ? કોઈ કીડીના દર (Ant-Hill)નો પાયાનો એકમ શું હોય છે ? તે રેતીનો એક નાનો કણ હોય છે, આ જ રીતે બધાં જ દ્રવ્યોની રચના પરમાણુઓથી થાય છે.

પરમાણુ કેટલા વિશાળ હોય છે ?

પરમાણુઓ અતિસૂક્ષ્મ હોય છે. આપણે કોઈ પણ વસ્તુ કે જેની કલ્પના કે તુલના કરી શકીએ તેનાથી પણ વધુ સૂક્ષ્મ હોય છે. લાખો પરમાણુઓને જ્યારે એકની ઉપર એક એમ ઢગલા સ્વરૂપે ગોઠવીએ ત્યારે તે મુશ્કેલીથી આ કાગળ જેટલી જાડાઈ ધરાવે છે.

પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા નેનોમીટર(nm)માં મપાય છે.

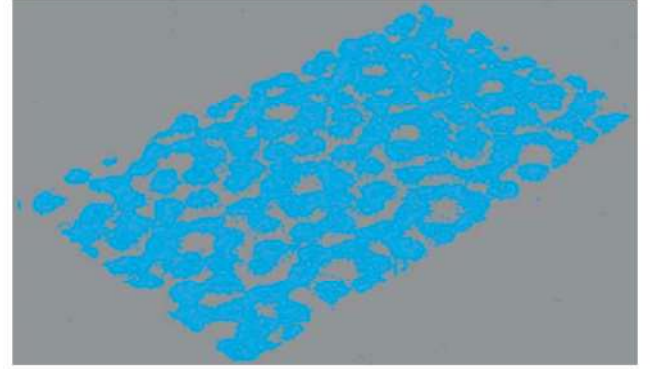
$$\frac{1}{10^9} \text{ m} = 1 \text{ nm}$$

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

સાપેક્ષ કદ : ત્રિજ્યા (મીટરમાં)	ઉદાહરણ
10^{-10}	હાઇડ્રોજન પરમાણુ
10^{-9}	પાણીનો અણુ
10^{-8}	હિમોગ્લોબીનનો અણુ
10^{-4}	રેતીનો કણ
10^{-2}	કીડી
10^{-1}	સફરજન

પરમાણુઓ અને અણુઓ

જો પરમાણુનું કદ આટલું સૂક્ષ્મ હોય કે આપણે તેમને અવગણી શકીએ તો પછી આપણે તેના વિશે શા માટે વિચારીએ ? આપણે તેના વિશે એટલા માટે વિચારીએ છીએ કારણ કે આપણું સમગ્ર વિશ્વ પરમાણુઓનું બનેલું છે. ભલે, આપણે પરમાણુને જોઈ ન શકીએ પરંતુ તેમનું અસ્તિત્વ છે તથા આપણી દરેકદરેક ક્રિયાઓ પર તેમની અસર પણ પડતી હોય છે. હવે આપણે આધુનિક તકનિકોની મદદથી તત્વોની સપાટીની વિસ્તૃત તસવીર મેળવી શકીએ છીએ, જેમાં રહેલા પરમાણુઓ સ્પષ્ટ જોઈ શકાય છે.



આકૃતિ 3.2 : સિલિકોનની સપાટીની તસવીર

3.2.1 વિવિધ તત્વોના પરમાણુઓની આધુનિક સંજ્ઞાઓ (What are the modern day symbols of atoms of different elements ?)

તત્વોની સંજ્ઞાઓનો વિશિષ્ટ રીતે ઉપયોગ કરનાર ડાલ્ટન પ્રથમ વૈજ્ઞાનિક હતા. તેમણે જ્યારે કોઈ તત્વની સંજ્ઞાનો ઉપયોગ કર્યો ત્યારે તેમનો ઇશારો તત્વના નિશ્ચિત જથ્થા તરફ હતો. અર્થાત્, તત્વની સંજ્ઞા એક પરમાણુને પ્રદર્શિત કરતી હતી. બર્ઝિલિયસે (Berzilius) સૂચવ્યું કે તત્વોની સંજ્ઞાને તેમના નામના એક અથવા બે અક્ષરોથી દર્શાવી શકાય.

● હાઇડ્રોજન	● કાર્બન	○ ઓક્સિજન
⊕ ફોસ્ફરસ	⊕ સલ્ફર	⊕ આયર્ન (લોખંડ)
Ⓒ કૉપર	Ⓕ લેડ (સીસું)	Ⓔ સિલ્વર (ચાંદી)
Ⓔ ગોલ્ડ (સોનું)	⒫ પ્લેટિનમ	Ⓓ મરક્યુરી (પારો)

આકૃતિ 3.3 : ડાલ્ટન દ્વારા દર્શાવાયેલ કેટલાંક તત્વોની સંજ્ઞાઓ

શરૂઆતના સમયમાં તત્વોનાં નામ તેમનાં પ્રાપ્તિસ્થાનો કે જ્યાંથી તે સૌપ્રથમ મળ્યા હતાં તેના નામ પરથી અપાતા હતા. ઉદાહરણ તરીકે, કોપરનું નામ સાયપ્રસ (Cyprus) પરથી પડ્યું હતું. કેટલાંક તત્વોનાં નામ તેમના વિશિષ્ટ રંગો પરથી લેવામાં આવ્યા હતાં. ઉદાહરણ તરીકે, સોનું નામ અંગ્રેજી શબ્દ પરથી રાખવામાં આવ્યું હતું જેનો અર્થ 'પીળો' એવો થાય છે. હાલના સમયમાં ઇન્ટરનેશનલ યુનિયન ઓફ પ્યોર એન્ડ એપ્લાઈડ કેમિસ્ટ્રી (International Union of Pure and Applied Chemistry) (IUPAC) એ એક આંતરરાષ્ટ્રીય વૈજ્ઞાનિક સંસ્થા છે, જે તત્વોનાં નામો, સંજ્ઞાઓ અને એકમોને મંજૂરી આપે છે. મોટા ભાગનાં તત્વોની સંજ્ઞા તે તત્વોનાં અંગ્રેજી નામના એક અથવા બે અક્ષરોથી બનેલી છે. કોઈ પણ તત્વનો પ્રથમ અક્ષર હંમેશાં કેપિટલ અક્ષરોમાં અને બીજા અક્ષર હંમેશાં નાના (લઘુલિપિ) અક્ષરોમાં લખાય છે.

ઉદાહરણ તરીકે

- (i) હાઈડ્રોજન, H
- (ii) એલ્યુમિનિયમ, Al, નહિ કે AL
- (iii) કોબાલ્ટ, Co, નહિ કે CO

કેટલાંક તત્વોની સંજ્ઞા તેમના અંગ્રેજી નામના પ્રથમ અક્ષર અને ત્યાર બાદ, આવતા કોઈ પણ અક્ષરને સંયુક્ત કરીને બનાવાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, (i) ક્લોરિન (Chlorine) Cl
(ii) ઝિંક (Zinc) Zn વગેરે.

અન્ય સંજ્ઞાઓ જે-તે તત્વના લેટિન, જર્મન અથવા ગ્રીક ભાષાના તેઓનાં નામ પરથી લીધેલ છે. ઉદાહરણ તરીકે, લોખંડની સંજ્ઞા Fe તેના લેટિન નામ ફેરમ પરથી રાખેલ છે. તે જ રીતે, સોડિયમની સંજ્ઞા Na તથા પોટેશિયમની સંજ્ઞા K અનુક્રમે નેટ્રિયમ અને કેલિયમ પરથી રાખેલ છે. આમ, દરેક તત્વનું એક નામ અને એક વિશિષ્ટ સંજ્ઞા હોય છે.

કોષ્ટક 3.1 : કેટલાંક તત્વોની સંજ્ઞાઓ

તત્વ	સંજ્ઞા	તત્વ	સંજ્ઞા	તત્વ	સંજ્ઞા
એલ્યુમિનિયમ	Al	કોપર	Cu	નાઈટ્રોજન	N
આર્ગોન	Ar	ફ્લોરિન	F	ઑક્સિજન	O
બેરિયમ	Ba	સોનું	Au	પોટેશિયમ	K
બોરોન	B	હાઈડ્રોજન	H	સિલિકોન	Si
બ્રોમિન	Br	આયોડિન	I	સિલ્વર	Ag
કેલ્શિયમ	Ca	લોખંડ	Fe	સોડિયમ	Na
કાર્બન	C	સીસું	Pb	સલ્ફર	S
ક્લોરિન	Cl	મેગ્નેશિયમ	Mg	યુરેનિયમ	U
કોબાલ્ટ	Co	નિયોન	Ne	ઝિંક	Zn

(જ્યારે પણ તમે તત્વો વિશે અભ્યાસ કરો ત્યારે આપેલા ઉપર્યુક્ત કોષ્ટકનો ઉપયોગ કરો. આ સંપૂર્ણ કોષ્ટકને એક જ વખતમાં

યાદ રાખવાની કોઈ જરૂર નથી. સમય-સમય પર વારંવાર ઉપયોગ કરવાથી તમે જાતે જ આ સંજ્ઞા દર્શાવતા થઈ જશો.)

3.2.2 પરમાણ્વીય દળ (Atomic mass)

ડાલ્ટનના પરમાણ્વીય સિદ્ધાંતનો સૌથી વધુ નોંધનીય ખ્યાલ પરમાણ્વીય દળ હતો. તેમના મત મુજબ, દરેક તત્વ લાક્ષણિક પરમાણ્વીય દળ ધરાવે છે. આ સિદ્ધાંતો દ્વારા નિશ્ચિત પ્રમાણના નિયમને એટલી સારી રીતે સમજાવી શકાતો હતો કે જેનાથી વૈજ્ઞાનિકો પરમાણુનું પરમાણ્વીય દળ માપવા માટે પ્રેરિત થયા; પરંતુ વ્યક્તિગત પરમાણુનું દળ નક્કી કરવું પ્રમાણમાં ઘણું મુશ્કેલ કાર્ય હતું, તેથી રાસાયણિક સંયોગીકરણના નિયમો ના ઉપયોગ દ્વારા તેમજ ઉદ્ભવેલાં સંયોજનો દ્વારા પરમાણુનું સાપેક્ષ દળ જાણી શકાયું.

ચાલો, આપણે કાર્બન અને ઑક્સિજનમાંથી બનતા સંયોજન કાર્બન મોનોક્સાઈડ (CO)નું ઉદાહરણ લઈએ પ્રાયોગિક રીતે અવલોકાયેલું છે કે 3 g કાર્બન અને 4 g ઑક્સિજન સંયોજવાથી કાર્બન મોનોક્સાઈડ બને છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો, કાર્બન પોતાના દળ કરતાં $\frac{4}{3}$ ગણા વધારે દળ ધરાવતા ઑક્સિજન સાથે સંયોજાય છે. ધારો કે, આપણે પરમાણ્વીય દળ એકમને (શરૂઆતના સમયમાં આ એકમને ટૂંકમાં amu તરીકે દર્શાવાતું હતું; પરંતુ IUPAC ની તાજેતરની ભલામણોના આધારે હવે તેને u યુનિફાઈડ (એકીકૃત) દળ તરીકે લખાય છે.) એક કાર્બન પરમાણુના દળ જેટલું લઈએ તો આપણે કાર્બનના પરમાણ્વીય દળને 1.0 u વડે અને ઑક્સિજનના પરમાણ્વીયદળને 1.33 u

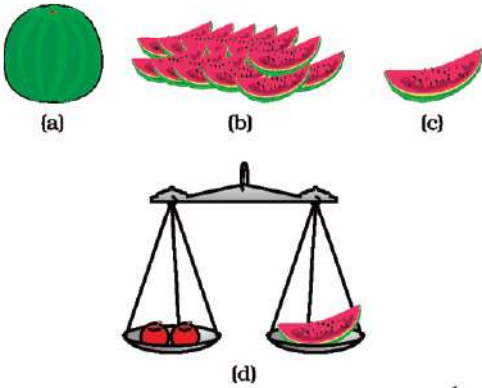
વડે દર્શાવી શકીએ. પરંતુ આ સંખ્યા (આંકડા)ને પૂર્ણાંક સંખ્યા તરીકે અથવા પૂર્ણાંક સંખ્યાની શક્ય તેટલું વધુ નજીક દર્શાવવું

વધુ અનુકૂળ રહેશે. વિવિધ પરમાણ્વીય દળ એકમોની શોધ કરતાં વૈજ્ઞાનિકોએ શરૂઆતમાં કુદરતી રીતે મળતા ઓક્સિજનના $1/16$ મા ભાગના દળને એક એકમ તરીકે લીધું. નીચે દર્શાવેલા બે કારણોને લીધે તેને સુસંગત માનવામાં આવ્યું :

- ઓક્સિજન અનેક તત્ત્વો સાથે પ્રક્રિયા કરી સંયોજનો બનાવે છે.
- આ પરમાણ્વીય દળ એકમ દ્વારા મહત્તમ તત્ત્વોનાં પરમાણ્વીય દળ પૂર્ણાંક સ્વરૂપે પ્રાપ્ત થાય છે.

તેમ છતાં 1961માં પરમાણ્વીય દળ એકમને સર્વ સામાન્ય રીતે સ્વીકૃત કરવામાં આવ્યો હતો. પરમાણ્વીય દળ જાણવા માટે કાર્બન-12 સમસ્થાનિકને પ્રમાણિત સંદર્ભ તરીકે પસંદ કરવામાં આવ્યો. કાર્બન-12 સમસ્થાનિકના એક પરમાણુના દળના $\frac{1}{12}$ મા ભાગને માન્ય પરમાણ્વીય એકમ તરીકે લેવાય છે. કાર્બન-12 સમસ્થાનિકના એક પરમાણુના દળની સાપેક્ષે બાકીનાં તમામ તત્ત્વોના પરમાણુનાં દળ પ્રાપ્ત કરવામાં આવે છે.

કલ્પના કરો કે એક ફળવિકેતા કોઈ પણ પ્રકારના પ્રમાણિત વજનીયા વગર ફળ વેચી રહ્યો છે, તે એક તરબૂચ લઈને કહે છે કે, “આનું દળ 12 એકમ છે.” (12 તરબૂચીય એકમ અથવા 12 ફળ દળ એકમ (Fruit mass unit-fmu)) તે તરબૂચના 12 સરખા ભાગ કરે છે. તેના દ્વારા વેચવામાં આવતા દરેક ફળનું દળ તરબૂચના એક ટુકડાના સાપેક્ષ દળ જેટલું જ જોવા મળે છે. જે આકૃતિ 3.4માં દર્શાવેલ છે. હવે તે ફળોને સાપેક્ષ ફળ દળ એકમ (fmu)માં વેચે છે.



આકૃતિ 3.4 : (a) તરબૂચ (b) 12 ટુકડા (c) તરબૂચનો $\frac{1}{12}$ મો ભાગ (d) તરબૂચના ટુકડાઓના ઉપયોગ દ્વારા તે ફળવિકેતા ફળોને કેવી રીતે તોલે છે ?

કોઈ પણ તત્ત્વના પરમાણુના સરેરાશ દળની કાર્બન-12 પરમાણુના દળના $\frac{1}{12}$ ભાગ સાથે સરખામણી કરી તે તત્ત્વના સાપેક્ષ પરમાણુઓ અને અણુઓ

પરમાણ્વીય દળને વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય છે.

કોષ્ટક 3.2 : કેટલાંક તત્ત્વોનાં પરમાણ્વીય દળ

તત્ત્વ	પરમાણ્વીય દળ (u)
હાઈડ્રોજન	1
કાર્બન	12
નાઈટ્રોજન	14
ઓક્સિજન	16
સોડિયમ	23
મેગ્નેશિયમ	24
સલ્ફર	32
ક્લોરિન	35.5
કેલ્શિયમ	40

3.2.3 પરમાણુ કેવી રીતે અસ્તિત્વ ધરાવે છે ?

(How do atoms exist ?)

મોટાભાગનાં તત્ત્વોના પરમાણુઓ સ્વતંત્રરૂપે અસ્તિત્વ ધરાવી શક્તાં નથી. પરમાણુઓ અણુ અથવા આયનની રચના કરે છે. આ અણુ અથવા આયન વધુ સંખ્યામાં જોડાઈને દ્રવ્ય બનાવે છે, જેને આપણે જોઈ શકીએ છીએ, અનુભવી શકીએ છીએ અથવા સ્પર્શ કરી શકીએ છીએ.

પ્રશ્નો :

1. પરમાણ્વીય દળ એકમને વ્યાખ્યાયિત કરો.
2. કોઈ એક પરમાણુને નરીઆંખે જોવો શા માટે શક્ય નથી ?

3.3 અણુ શું છે ? (What is a Molecule ?)

સામાન્ય રીતે અણુ બે અથવા વધારે પરમાણુઓનો સમૂહ છે, જે એકબીજા સાથે રાસાયણિક બંધથી જોડાઈ શકે છે અથવા પરસ્પર આકર્ષણ બળ દ્વારા મજબૂતાઈથી જકડાઈને રહે છે. અણુને કોઈ તત્ત્વ અથવા સંયોજનના એવા સૂક્ષ્મ કણ તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય કે જે સૂક્ષ્મ કણ સ્વતંત્ર રૂપે અસ્તિત્વ ધરાવતો હોય તેમજ સંયોજનના તમામ ગુણધર્મો દર્શાવતો હોય. એક જ તત્ત્વના પરમાણુઓ અથવા જુદાં-જુદાં તત્ત્વોના પરમાણુઓ પરસ્પર સંયોજાઈને અણુ બનાવે છે.

3.3.1 તત્વના અણુઓ (Molecules of elements)

કોઈપણ તત્વના અણુઓ એક જ પ્રકારના પરમાણુઓ દ્વારા બને છે. આર્ગોન (Ar), હિલિયમ (He) વગેરે જેવાં અનેક તત્વોના અણુ તે જ તત્વના એક જ પ્રકારના પરમાણુ દ્વારા તૈયાર થાય છે; પરંતુ મોટા ભાગનાં અધાતુ તત્વોમાં આવું બનતું નથી. ઉદાહરણ તરીકે, ઓક્સિજનનો એક અણુ ઓક્સિજનના બે પરમાણુઓથી બનેલો છે. તેથી જ તે દ્વિ-પરમાણ્વીય અણુ (O_2) તરીકે ઓળખાય છે. જો 2 ના બદલે 3 ઓક્સિજન પરમાણુઓ સંયોજાય તો ઓઝોન (O_3) મળે છે. કોઈ પણ અણુના બંધારણમાં રહેલા પરમાણુઓની સંખ્યાને તે અણુની પરમાણ્વીયતા (Atomicity) કહે છે.

ધાતુઓ અને કાર્બન જેવાં અન્ય તત્વો સરળ બંધારણ ધરાવતાં નથી. તેમાં વધુ મોટી અને અનિશ્ચિત સંખ્યામાં પરમાણુઓ એકબીજા સાથે બંધથી જોડાયેલા હોય છે.

ચાલો, આપણે કેટલાંક તત્વોની પરમાણ્વીયતા જોઈએ.

કોષ્ટક 3.3 : કેટલાંક તત્વોની પરમાણ્વીયતા

તત્વનો પ્રકાર	નામ	પરમાણ્વીયતા
અધાતુ	આર્ગોન	એકપરમાણ્વીય
	હિલિયમ	એકપરમાણ્વીય
	ઓક્સિજન	દ્વિ-પરમાણ્વીય
	હાઈડ્રોજન	દ્વિ-પરમાણ્વીય
	નાઈટ્રોજન	દ્વિ-પરમાણ્વીય
	ક્લોરિન	દ્વિ-પરમાણ્વીય
	ફોસ્ફરસ	ચતુ: પરમાણ્વીય
ધાતુ	સલ્ફર	બહુપરમાણ્વીય
	સોડિયમ	એકપરમાણ્વીય
	લોખંડ	એકપરમાણ્વીય
	એલ્યુમિનિયમ	એકપરમાણ્વીય
	કોપર	એકપરમાણ્વીય

3.3.2 સંયોજનોના અણુઓ

(Molecules of compounds)

જુદાં-જુદાં તત્વોના પરમાણુઓ એક નિશ્ચિત પ્રમાણમાં એક બીજા સાથે જોડાઈને સંયોજનના અણુઓનું નિર્માણ કરે છે.

કોષ્ટક 3.4 માં કેટલાંક ઉદાહરણો આપેલા છે.

કોષ્ટક 3.4 : કેટલાંક સંયોજનોના અણુઓ

સંયોજન	સંયોજનાં તત્વો	દળથી ગુણોત્તર
પાણી	હાઈડ્રોજન, ઓક્સિજન	1:8
એમોનિયા	નાઈટ્રોજન, હાઈડ્રોજન	14:3
કાર્બન ડાયોક્સાઈડ	કાર્બન, ઓક્સિજન	3:8

પ્રવૃત્તિ

3.2

- અણુઓમાં રહેલા પરમાણુઓના સાપેક્ષ દળ માટે કોષ્ટક 3.4 તથા તત્વોના પરમાણુઓના દળ માટે કોષ્ટક 3.2 જુઓ. કોષ્ટક 3.4માં આપેલ સંયોજનોના અણુઓમાં રહેલાં તત્વોના પરમાણુઓની સંખ્યાનો ગુણોત્તર શોધો.
- પાણીના અણુઓમાંના પરમાણુઓની સંખ્યાનું પ્રમાણ નીચે મુજબ નોંધી શકાય છે :

તત્વ	દળથી ગુણોત્તર	પરમાણ્વીય દળ (u)	દળ ગુણોત્તર/ પરમાણ્વીય દળ	સરળતમ ગુણોત્તર
H	1	1	$\frac{1}{1} = 1$	2
O	8	16	$\frac{8}{16} = \frac{1}{2}$	1

- આમ પાણી માટે પરમાણુઓની સંખ્યાનો ગુણોત્તર $H:O = 2:1$ છે.

3.3.3 આયન એટલે શું ? (What is an ion ?)

ધાતુ અને અધાતુયુક્ત સંયોજનો વીજભારિત ઘટકો (સ્પીસિઝ)ના બનેલાં હોય છે. આ વીજભારિત ઘટકોને આયનો કહે છે. આયન વીજભારિત કણ હોય છે અને તે ધનવીજભારિત અથવા ઋણ વીજભારિત હોઈ શકે છે. ઋણ વીજભારિત આયનને ‘એનાયન’ (Anion) કહે છે અને ધનવીજભારિત આયનને ‘કેટાયન’ (Cation) કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે સોડિયમ ક્લોરાઈડ (NaCl) લઈએ તો, તેના ઘટકકણો તરીકે ધનવીજભારિત સોડિયમ આયનો (Na^+) અને ઋણ વીજભારિત ક્લોરાઈડ આયનો (Cl^-) હોય છે. આયન એક વીજભારિત પરમાણુ અથવા ચોખ્ખો (net) વીજભાર ધરાવતા પરમાણુઓના સમૂહના બનેલા હોય છે.

વિજ્ઞાન

વીજભાર ધરાવતા પરમાણુઓના સમૂહ બહુપરમાણ્વીય આયન તરીકે ઓળખાય છે. આપણે આયનોના નિર્માણ વિશે પ્રકરણ 4 માં વધુ અભ્યાસ કરીશું.

કોષ્ટક 3.5 : કેટલાંક આયનીય સંયોજનો

આયનીય સંયોજન	જોડાતાં તત્વો	દળથી ગુણોત્તર
કેલ્શિયમ ઓક્સાઇડ	કેલ્શિયમ અને ઓક્સિજન	5 : 2
મેગ્નેશિયમ સલ્ફાઇડ	મેગ્નેશિયમ અને સલ્ફર	3 : 4
સોડિયમ ક્લોરાઇડ	સોડિયમ અને ક્લોરિન	23 : 35.5

3.4 રાસાયણિક સૂત્રો લખવાં

(Writing Chemical Formulae)

કોઈ પણ સંયોજનનું રાસાયણિક સૂત્ર તે સંયોજનના બંધારણનું સાંકેતિક નિરૂપણ છે. જુદાં-જુદાં સંયોજનોનાં રાસાયણિક સૂત્રો સરળતાથી લખી શકાય છે. આ માટે આપણે તત્વોની સંજ્ઞાઓ

કોષ્ટક 3.6 : કેટલાંક આયનોનાં નામ અને સંજ્ઞાઓ

સંયોજકતા	આયનનું નામ	સંજ્ઞા	અધાત્વીય તત્વ	સંજ્ઞા	બહુપરમાણ્વીય આયન	સંજ્ઞા
1.	સોડિયમ	Na ⁺	હાઇડ્રોજન	H ⁺	એમોનિયમ	NH ₄ ⁺
	પોટેશિયમ	K ⁺	હાઇડ્રાઇડ	H ⁻	હાઇડ્રોક્સાઇડ	OH ⁻
	સિલ્વર	Ag ⁺	ક્લોરાઇડ	Cl ⁻	નાઇટ્રેટ	NO ₃ ⁻
	કોપર(I)* (ક્યુપ્રસ)	Cu ⁺	બ્રોમાઇડ	Br ⁻	હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ	HCO ₃ ⁻
			આયોડાઇડ	I ⁻		
2.	મેગ્નેશિયમ	Mg ²⁺	ઓક્સાઇડ	O ²⁻	કાર્બોનેટ	CO ₃ ²⁻
	કેલ્શિયમ	Ca ²⁺	સલ્ફાઇડ	S ²⁻	સલ્ફાઇટ	SO ₃ ²⁻
	ઝિંક	Zn ²⁺			સલ્ફેટ	SO ₄ ²⁻
	આયર્ન(II)* (ફેરિક)	Fe ²⁺				
	કોપર(II)* (ક્યુસિક)	Cu ²⁺				
3.	એલ્યુમિનિયમ	Al ³⁺	નાઇટ્રાઇડ	N ³⁻	ફોસ્ફેટ	PO ₄ ³⁻
	આયર્ન(III)* (ફેરિક)	Fe ³⁺				

* કેટલાંક તત્વો એકથી વધુ સંયોજકતા દર્શાવે છે. કોષ્ટકમાં દર્શાવેલ રોમન આંક તેમની સંયોજકતા દર્શાવે છે.

પરમાણુઓ અને અણુઓ

અને તેઓની સંયોજવાની ક્ષમતા (સંયોજન-ક્ષમતા) (Combining Capacity)નો અભ્યાસ કરવો જરૂરી છે.

કોઈ પણ તત્વની સંયોજવાની શક્તિ (અથવા ક્ષમતા)ને તે તત્વની સંયોજકતા કહેવાય છે. કોઈ એક તત્વના પરમાણુઓ અન્ય તત્વના પરમાણુ(ઓ) સાથે સંયોજાઈને કેવી રીતે રાસાયણિક સંયોજન બનાવે છે તે જાણવા માટે સંયોજકતાનો ઉપયોગ થાય છે. કોઈ પણ તત્વના પરમાણુની સંયોજકતાને તે પરમાણુના હાથ અથવા હથેળી (ભૂજા) સ્વરૂપે વિચારી શકાય.

મનુષ્યને બે હાથ તથા ઓક્ટોપસને આઠ હાથ હોય છે. એક ઓક્ટોપસે અમુક મનુષ્યોને એવી રીતે પકડવાં છે કે જેથી ઓક્ટોપસના આઠેય હાથ અને મનુષ્યના બંને હાથ એકબીજા સાથે જકડાઈ જાય. તમારા મત મુજબ, એક ઓક્ટોપસ કેટલા મનુષ્યોને પકડી શકે ? ઓક્ટોપસને O તરીકે અને મનુષ્યને H તરીકે દર્શાવો. શું તમે આ સંયોગીકરણ માટેનું સૂત્ર લખી શકો છો ? શું તમે OH₄ સૂત્ર મેળવો છો ? અહીં H ની નીચે દર્શાવેલ 4 એ ઓક્ટોપસ દ્વારા પકડાયેલ મનુષ્યોની સંખ્યા સૂચવે છે.

કોષ્ટક 3.6 માં કેટલાંક સામાન્ય અને બહુપરમાણ્વીય આયનોની સંજ્ઞાઓ દર્શાવેલી છે. આપણે હવે પછીના પ્રકરણમાં સંયોજકતા વિશે વધુ અભ્યાસ કરીશું.

રાસાયણિક સૂત્ર લખતી વખતે તમારે નીચે દર્શાવેલા નિયમોનું પાલન કરવું જોઈએ :

- આયનની સંયોજકતા અથવા વીજભાર સમતોલિત હોવાં જોઈએ.
- જ્યારે સંયોજન ધાતુ અને અધાતુ બંને ધરાવતું હોય ત્યારે પ્રથમ ધાતુની સંજ્ઞા અથવા નામ લખાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, કેલ્શિયમ ઓક્સાઈડ (CaO), સોડિયમ ક્લોરાઈડ (NaCl), આયર્ન સલ્ફાઈડ (FeS), કોપર ઓક્સાઈડ (CuO) વગેરે. અહીં ઓક્સિજન, ક્લોરિન અને સલ્ફર અધાતુઓ છે અને તેઓને જમણી તરફ લખાય છે. જ્યારે કેલ્શિયમ, સોડિયમ, આયર્ન અને કોપર ધાતુઓ છે, અને તેઓને ડાબી તરફ લખાય છે.
- બહુપરમાણ્વીય આયનો દ્વારા બનતા સંયોજનોમાં આયનને કૌંસમાં દર્શાવી કૌંસની બહાર તેની સંખ્યા લખાય છે. ઉદાહરણ તરીકે $Mg(OH)_2$. જો બહુપરમાણ્વીય આયનની સંખ્યા એક હોય તો કૌંસ દર્શાવવો જરૂરી નથી.

ઉદાહરણ : NaOH.

3.4.1 સાદા સંયોજનોનાં સૂત્રો

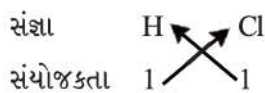
(Formulae of simple compounds)

બે જુદાં-જુદાં તત્ત્વોથી બનતાં સૌથી સરળ (સરળતમ) સંયોજનોને દ્વિઅંગી સંયોજનો કહે છે. કોષ્ટક 3.6માં કેટલાંક આયનોની સંયોજકતાઓ દર્શાવેલ છે. તમે તેનો ઉપયોગ સંયોજનોનાં સૂત્રો લખવા માટે કરી શકો છો.

સંયોજનોનાં રાસાયણિક સૂત્રો લખતી વખતે આપણે નીચે દર્શાવ્યા મુજબ ઘટક તત્ત્વો અને તેઓની સંયોજકતાઓ લખીએ છીએ. ત્યાર બાદ સંયોજતા પરમાણુઓની સંયોજકતાઓ કોંસ કરીએ છીએ.

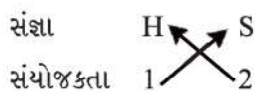
ઉદાહરણો

- હાઈડ્રોજન ક્લોરાઈડનું સૂત્ર :

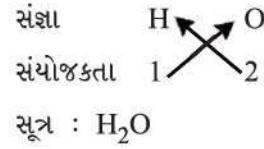


તેથી હાઈડ્રોજન ક્લોરાઈડનું સૂત્ર HCl છે.

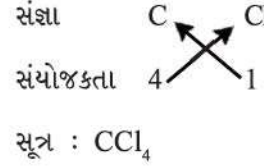
- હાઈડ્રોજન સલ્ફાઈડ અને પાણીનું સૂત્ર :



સૂત્ર : H_2S છે.



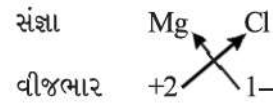
- કાર્બન ટેટ્રાક્લોરાઈડનું સૂત્ર :



આયનીય સંયોજનોના સૂત્રો તેમના બંધારણમાં રહેલા ધન આયન અને ઋણ આયનનો ગુણોત્તર દર્શાવતી પૂર્ણાંક સંખ્યા છે.

મેગ્નેશિયમ ક્લોરાઈડનું સૂત્ર જાણવા સૌપ્રથમ આપણે ધનાયનની સંજ્ઞા (Mg^{2+}) લખીએ છીએ. ત્યાર બાદ ઋણાયનની સંજ્ઞા (Cl^-) લખીએ છીએ ત્યાર બાદ આ આયનોને ત્રાંસા તીર દ્વારા જોડીને રાસાયણિક સૂત્ર મેળવીએ છીએ.

- મેગ્નેશિયમ ક્લોરાઈડનું સૂત્ર :

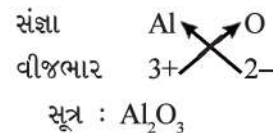


તેથી મેગ્નેશિયમ ક્લોરાઈડનું રાસાયણિક સૂત્ર $MgCl_2$ છે.

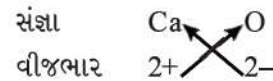
આમ, મેગ્નેશિયમ ક્લોરાઈડના અણુમાં પ્રત્યેક (Mg^{2+}) આયન માટે બે ક્લોરાઈડ (Cl^-) આયનો હોય છે. અહીં ધન તેમજ ઋણ વીજભાર એકબીજાને સમતોલિત કરતાં હોવા જોઈએ અને સંપૂર્ણ બંધારણ વીજભારની દૃષ્ટિએ તટસ્થ હોવું જોઈએ. અત્રે નોંધનીય છે કે, રાસાયણિક સૂત્રમાં આયનો પરના વીજભાર દર્શાવાતા નથી.

કેટલાંક વધુ ઉદાહરણો

- એલ્યુમિનિયમ ઓક્સાઈડનું સૂત્ર :

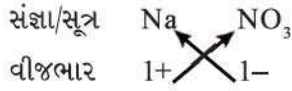


- કેલ્શિયમ ઓક્સાઈડનું સૂત્ર :



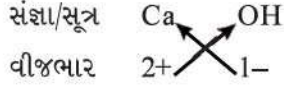
અહીં, બંને તત્ત્વોની સંયોજકતાઓ સમાન છે. તમે Ca_2O_2 પ્રકારનું સૂત્ર મેળવી શકો; પરંતુ આપણે તેને સરળ રીતે CaO તરીકે દર્શાવીએ છીએ.

(c) સોડિયમ નાઇટ્રેટનું સૂત્ર :



સૂત્ર : NaNO_3

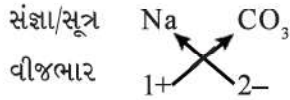
(d) કેલ્શિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડનું સૂત્ર :



સૂત્ર : Ca(OH)_2

અત્રે નોંધનીય છે કે, કેલ્શિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડનું સૂત્ર Ca(OH)_2 છે નહિ કે CaOH_2 . જ્યારે સૂત્રમાં બે કે તેથી વધારે સમાન આયનો હાજર હોય ત્યારે આપણે કૌંસનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. અહીં કૌંસ કરીને દર્શાવેલ OH ની નીચેની તરફ 2 એ દર્શાવે છે કે, એક કેલ્શિયમ પરમાણુ સાથે બે હાઇડ્રોક્સિલ (OH) સમૂહો જોડાયેલ છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ, તો કેલ્શિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડમાં ઓક્સિજન અને હાઇડ્રોજનના બે-બે પરમાણુઓ છે.

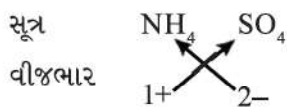
(e) સોડિયમ કાર્બોનેટનું સૂત્ર :



સૂત્ર : Na_2CO_3

ઉપર દર્શાવેલ ઉદાહરણમાં માત્ર એક જ આયન હોવાથી કૌંસ દર્શાવવાની જરૂર નથી.

(f) એમોનિયમ સલ્ફેટનું સૂત્ર :



સૂત્ર : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

પ્રશ્નો :

1. રાસાયણિક સૂત્રો લખો :

(i) સોડિયમ ઓક્સાઇડ

(ii) એલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડ

(iii) સોડિયમ સલ્ફાઇડ

(iv) મેગ્નેશિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ

પરમાણુઓ અને અણુઓ

2. નીચે દર્શાવેલ સૂત્રો ધરાવતાં સંયોજનોનાં નામ લખો :

(i) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

(ii) CaCl_2

(iii) K_2SO_4

(iv) KNO_3

(v) CaCO_3

3. 'રાસાયણિક સૂત્ર' શબ્દનો અર્થ શું છે ?

4. નીચેનામાં કેટલા પરમાણુઓ હાજર છે ?

(i) H_2S અણુ

(ii) PO_4^{3-} આયન

3.5 આણ્વીય દળ અને મોલ સંકલ્પના

(Molecular Mass and Mole Concept)

3.5.1 આણ્વીય દળ (Molecular mass) :

વિભાગ 3.2.2 માં આપણે પરમાણ્વીય દળ વિશે ચર્ચા કરી. આ સંકલ્પના વધુ પ્રસાર પામીને આણ્વીય દળોની ગણતરી કરી શકાય છે. કોઈ પણ પદાર્થનું આણ્વીય દળ તેમાં રહેલા તમામ ઘટક પરમાણુઓના પરમાણ્વીય દળોના સરવાળા બરાબર હોય છે. આમ, આ દળ અણુનું સાપેક્ષદળ છે જેને પરમાણ્વીય દળ એકમ (u) માં દર્શાવવામાં આવે છે.

ઉદાહરણ 3.1 : (a) પાણી (H_2O)ના સાપેક્ષ આણ્વીય દળની ગણતરી કરો.

(b) HNO_3 ના આણ્વીય દળની ગણતરી કરો.

ઉકેલ :

(a) હાઇડ્રોજનનું પરમાણ્વીય દળ = 1 u અને

ઓક્સિજનનું પરમાણ્વીય દળ = 16 u છે.

આથી, બે હાઇડ્રોજન પરમાણુ અને એક ઓક્સિજન પરમાણુ ધરાવતા પાણીના અણુનું આણ્વીય દળ = $2 \times 1 + 1 \times 16 = 18$ u થાય.

(b) HNO_3 નું આણ્વીય દળ = Hનું પરમાણ્વીય દળ +

Nનું પરમાણ્વીય દળ +

$3 \times \text{O}$ નું પરમાણ્વીય દળ

= $1 + 14 + 48$

= 63 u થાય.

3.5.2. સૂત્ર એકમ દળ (Formula unit mass)

કોઈ પણ પદાર્થનું સૂત્ર એકમ દળ એ તેમાં રહેલા તમામ ઘટક પરમાણુઓના પરમાણ્વીય દળોનો સરવાળો છે. જે પ્રકારે આણ્વીય દળની ગણતરી થાય છે, તે જ પ્રકારે સૂત્ર એકમ દળની

ગણતરી થાય છે. ફરક માત્ર એટલો છે કે ‘એકમ સૂત્ર’ આ શબ્દનો ઉપયોગ એવા પદાર્થ માટે કરીએ છીએ કે જેમાં ઘટક કણ તરીકે આયન હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે સોડિયમ ક્લોરાઇડ, ઉપર ચર્ચા કર્યા મુજબ તેનું સૂત્ર એકમ NaCl છે. તેના એકમ સૂત્ર દળની ગણતરી નીચે પ્રમાણે થાય છે :

$$(1 \times 23) + (1 \times 35.5) = 58.5 \text{ u}$$

ઉદાહરણ 3.2 : CaCl₂ માટે એકમ સૂત્ર દળની ગણતરી કરો.

ઉકેલ :

$$\begin{aligned} \text{(a) CaCl}_2 \text{ નું એકમ સૂત્ર દળ} &= \text{Ca નું પરમાણ્વીય દળ} \\ &+ 2(\text{Cl નું પરમાણ્વીય દળ}) \\ &= 40 + 2 \times 35.5 = 40 + 71 = 111 \text{ u} \end{aligned}$$

પ્રશ્નો :

1. નીચેનાનાં આણ્વીય દળ ગણો :

H₂, O₂, Cl₂, CO₂, CH₄, C₂H₆, C₂H₄, NH₃, CH₃OH

2. ZnO, Na₂O, K₂CO₃ માટે સૂત્ર એકમ દળની ગણતરી કરો :

Zn નું પરમાણ્વીય દળ = 65 u,

Na નું પરમાણ્વીય દળ = 23 u,

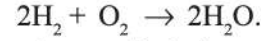
K નું પરમાણ્વીય દળ = 39 u,

C નું પરમાણ્વીય દળ = 12 u,

O નું પરમાણ્વીય દળ = 16 u,

3.5.3 મોલ સંકલ્પના (Mole Concept)

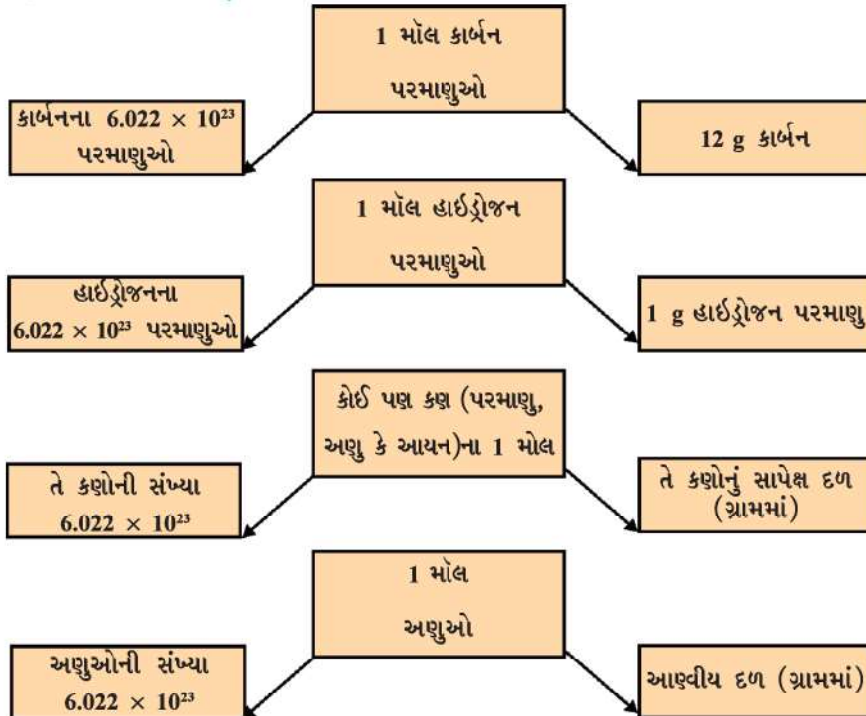
એક ઉદાહરણ લઈએ કે જેમાં હાઈડ્રોજન અને ઓક્સિજન વચ્ચે પ્રક્રિયા થઈ પાણી બને છે.



ઉપર્યુક્ત પ્રક્રિયા સૂચવે છે કે,

- હાઈડ્રોજનના બે અણુ ઓક્સિજનના એક અણુ સાથે સંયોજાઈ પાણીના બે અણુ બનાવે છે અથવા
- હાઈડ્રોજન અણુના 4u ઓક્સિજન અણુના 32u સાથે સંયોજાઈને 36u જેટલા પાણીના અણુ બનાવે છે.

ઉપર્યુક્ત સમીકરણ પરથી આપણે અનુમાન કરી શકીએ છીએ કે કોઈ પણ પદાર્થની માત્રા (જથ્થા)ને તેના દળ અથવા તેના અણુઓની સંખ્યાને આધારે દર્શાવી શકાય; પરંતુ રાસાયણિક પ્રક્રિયા સમીકરણ પ્રત્યક્ષ રીતે પ્રક્રિયામાં ભાગ લેતા અણુઓ કે પરમાણુઓની સંખ્યા સૂચવે છે. તેથી પદાર્થના જથ્થાને તેના દળના સંદર્ભમાં દર્શાવવો તેના કરતાં અણુઓ કે પરમાણુઓના સંદર્ભમાં દર્શાવવું વધુ અનુકૂળ છે. તેથી એક નવો એકમ ‘મોલ’ રજૂ કરાયો. કોઈ પણ ઘટક (પરમાણુ, અણુ, આયન



આકૃતિ 3.5 મોલ, એવોગેડ્રો અંક અને દળ વચ્ચેનો સંબંધ

અથવા કણ)ના એક મોલ-જથ્થામાં તેની જેટલી સંખ્યા હોય છે તેટલી જ સંખ્યા તેના પરમાણ્વીય દળ અથવા આણ્વીય દળ જેટલા ગ્રામમાં દર્શાવેલા જથ્થામાં હોય છે.

કોઈ પણ પદાર્થના 1 મોલ જથ્થામાં હાજર રહેલા ઘટકોની (અણુઓ, પરમાણુઓ કે આયનો) સંખ્યા 6.022×10^{23} જેટલી નિશ્ચિત હોય છે. તે પ્રાયોગિક રીતે મેળવેલ મૂલ્ય છે. આ સંખ્યાને ઇટાલિયન વૈજ્ઞાનિક એમેડિયો એવોગેદ્રો (Amedeo Avogadro)ના માનમાં એવોગેદ્રો અચળાંક અથવા એવોગેદ્રો અંક (N_A દ્વારા દર્શાવાય છે) કહેવાય છે.

1 મોલ (કોઈ પણ વસ્તુના) = 6.022×10^{23} વસ્તુની સંખ્યા જેમ, 1 ડઝન = 12 નંગ, 1 ગ્રોસ = 144 નંગ ગણીએ છીએ તેમ સંખ્યાના સંદર્ભમાં મોલ, ડઝન અને ગ્રોસ કરતા વધુ ફાયદાકારક છે કારણ કે કોઈ પણ પદાર્થના 1 મોલ જથ્થાનું દળ નિશ્ચિત હોય છે.

કોઈ પણ પદાર્થના 1 મોલ જથ્થાનું દળ એ ગ્રામમાં દર્શાવેલું તેનું સાપેક્ષ પરમાણ્વીય દળ કે આણ્વીય દળ છે. તત્ત્વનું પરમાણ્વીય દળ આપણને એક પરમાણુનું દળ પરમાણ્વીય દળ એકમ (u) માં દર્શાવે છે. તત્ત્વના 1 મોલ પરમાણુઓનું દળ કે જે મોલર દળ તરીકે ઓળખાય છે, તેનું મૂલ્ય મેળવવા આપણે સમાન આંકડાકીય મૂલ્ય લઈએ છીએ; પરંતુ તેના એકમ u ને બદલે g દર્શાવીએ છીએ. પરમાણુના આણ્વીય દળને ગ્રામ પરમાણ્વીય દળ પણ કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે, હાઈડ્રોજનનું પરમાણ્વીય દળ = 1 u તેથી હાઈડ્રોજનનું ગ્રામ પરમાણ્વીય દળ = 1 g છે.

1 u હાઈડ્રોજન માત્ર એક જ હાઈડ્રોજન પરમાણુ ધરાવે છે. જ્યારે 1 g હાઈડ્રોજન 1 મોલ પરમાણુ એટલે કે 6.022×10^{23} જેટલા હાઈડ્રોજન પરમાણુઓ ધરાવે છે. તેવી જ રીતે,

16 u ઓક્સિજન એ માત્ર એક જ ઓક્સિજન પરમાણુ ધરાવે છે જ્યારે 16 g ઓક્સિજન 1 મોલ પરમાણુ એટલે કે 6.022×10^{23} જેટલા ઓક્સિજન પરમાણુઓ ધરાવે છે. અણુનું ગ્રામ આણ્વીય દળ અથવા આણ્વીય દળ શોધવા માટે આપણે તેના આણ્વીય દળ જેટલું જ સંખ્યાત્મક મૂલ્ય લઈએ છીએ. પરંતુ ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે તેનો એકમ u ના બદલે g લઈએ છીએ. ઉદાહરણ તરીકે, આપણે પહેલેથી ગણતરી કરી ચૂક્યા છીએ કે H_2O નું આણ્વીય દળ 18 u છે. તેના દ્વારા આપણે સમજી શકીએ છીએ કે,

18 u પાણી માત્ર એક પાણીનો અણુ ધરાવે છે.

18 g પાણી 1 મોલ પાણીના અણુ ધરાવે છે.

કે જે પાણીના 6.022×10^{23} અણુ હશે.

રસાયણશાસ્ત્રીઓને કોઈ પણ પ્રક્રિયા કરતી વખતે અણુઓ પરમાણુઓ અને અણુઓ

અને પરમાણુઓની સંખ્યાની જરૂર પડે છે, તે માટે તેઓએ દળનો સંબંધ ગ્રામમાં લીધેલ સંખ્યાઓ સાથે કરવો પડે, જે નીચે પ્રમાણે થઈ શકે છે :

$$1 \text{ મોલ} = 6.022 \times 10^{23} \text{ સંખ્યા}$$

$$= \text{ગ્રામમાં સાપેક્ષ દળ}$$

આમ, રસાયણશાસ્ત્રીઓએ દર્શાવેલ ગણતરીનો એકમ મોલ છે.

ઈ.સ. 1896ની આસપાસ વિલ્હેમ ઓસ્વાલ્ડે (Wilhelm Ostwald) “મોલ” શબ્દનો પરિચય આપ્યો જે એક લેટિન શબ્દ મોલ્સ (Moles) પરથી આવેલો છે, જેનો અર્થ થાય છે ‘ઢગલો’ અથવા ‘થપ્પી’ કોઈ પદાર્થના અણુઓ કે પરમાણુઓનો એક ઢગલા સ્વરૂપે વિચાર કરી શકાય. 1967 માં એક એકમ તરીકે મોલની સ્વીકૃતિ થઈ, કે જેના દ્વારા પરમાણુઓ અને અણુઓની મોટી સંખ્યા (ઢગલા)ને સરળ રીતે દર્શાવવાનો માર્ગ પૂરો પાડે છે.

ઉદાહરણ 3.3 :

1. નીચે દર્શાવેલા માટે મોલ સંખ્યાની ગણતરી કરો :

(i) 52 ગ્રામ He (દળ દ્વારા મોલ શોધો)

(ii) 12.044×10^{23} He પરમાણુઓ (કણોની સંખ્યા દ્વારા મોલ શોધો)

ઉકેલ :

$$\text{મોલ-સંખ્યા} = n$$

$$\text{આપેલ દળ} = m$$

$$\text{મોલર દળ} = M$$

$$\text{આપેલ કણોની સંખ્યા} = N$$

$$\text{કણો માટે એવોગેદ્રો અંક} = N_A$$

$$(i) \text{ Heનું પરમાણ્વીય દળ} = 4u$$

$$\text{Heનું મોલર દળ} = 4 \text{ g}$$

$$\text{આમ મોલ-સંખ્યા} = \frac{\text{આપેલ દળ}}{\text{મોલર દળ}}$$

$$\therefore n = \frac{m}{M} = \frac{52}{4} = 13$$

(ii) આપણે જાણીએ છીએ કે,

$$1 \text{ મોલ} = 6.022 \times 10^{23}$$

$$\text{મોલ-સંખ્યા} = \frac{\text{આપેલ કણોની સંખ્યા}}{\text{એવોગેદ્રો અંક}}$$

$$\therefore n = \frac{N}{N_A} = \frac{12.044 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = 2$$

ઉદાહરણ 3.4 : નીચે દર્શાવેલા માટે દળની ગણતરી કરો :

- (i) 0.5 મોલ N_2 વાયુ (અણુના મોલમાંથી દળ)
- (ii) 0.5 મોલ N પરમાણુ (પરમાણુના મોલમાંથી દળ)
- (iii) 3.011×10^{23} N પરમાણુ ની સંખ્યા (સંખ્યામાંથી દળ)
- (iv) 6.022×10^{23} N_2 અણુ ની સંખ્યા (સંખ્યામાંથી દળ)

ઉકેલ :

(i) દળ = મોલર દળ \times મોલ સંખ્યા

$$m = M \times n = 28 \times 0.5 = 14 \text{ g}$$

(ii) દળ = મોલર દળ \times મોલ સંખ્યા

$$m = M \times n = 14 \times 0.5 = 7 \text{ g}$$

(iii) મોલ સંખ્યા (n) = $\frac{\text{આપેલ કણોની સંખ્યા}}{\text{એવોગેડ્રો અંક}}$

$$= \frac{N}{N_0} = \frac{3.011 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}}$$

$$\Rightarrow m = M \times n = 14 \times 0.5 = 7 \text{ g}$$

(iv) $n = \frac{N}{N_0}$

$$m = M \times \frac{N}{N_0} = 28 \times \frac{6.022 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}}$$

$$= 28 \times 1 = 28 \text{ g}$$

ઉકેલ :

(i) પરમાણુની સંખ્યા = $\frac{\text{આપેલ દળ}}{\text{મોલર દળ}} \times \text{એવોગેડ્રો અંક}$

$$\Rightarrow N = \frac{m}{M} \times N_0$$

$$\Rightarrow N = \frac{46}{23} \times 6.022 \times 10^{23}$$

$$\Rightarrow N = 12.044 \times 10^{23}$$

(ii) અણુની સંખ્યા = $\frac{\text{આપેલ દળ}}{\text{મોલર દળ}} \times \text{એવોગેડ્રો અંક}$

$$\Rightarrow N = \frac{m}{M} \times N_0$$

$$\therefore \text{ઓક્સિજન પરમાણુનું દળ}$$

$$= 16 \text{ u}$$

$$\therefore \text{ઓક્સિજન અણુનું મોલર દળ}$$

$$= 16 \times 2 = 32 \text{ g}$$

$$\Rightarrow N = \frac{8}{32} \times 6.022 \times 10^{23}$$

$$\Rightarrow N = 1.5055 \times 10^{23}$$

$$\approx N = 1.51 \times 10^{23}$$

(iii) કણો (પરમાણુ)ની સંખ્યા

$$= \text{કણની મોલ-સંખ્યા} \times \text{એવોગેડ્રો અંક}$$

$$N = n \times N_0$$

$$= 0.1 \times 6.022 \times 10^{23}$$

$$= 6.022 \times 10^{22}$$

ઉદાહરણ 3.5 : નીચે દર્શાવેલા દરેકમાં કણોની સંખ્યાની

ગણતરી કરો :

- (i) 46 g સોડિયમ પરમાણુ (દળમાંથી સંખ્યા)
- (ii) 8 g ઓક્સિજન અણુ (દળમાંથી અણુ-સંખ્યા)
- (iii) 0.1 મોલ કાર્બન પરમાણુ (આપેલ મોલમાંથી સંખ્યા)

પ્રશ્નો :

1. જો એક મોલ કાર્બન પરમાણુનું દળ 12 ગ્રામ હોય, તો કાર્બનના એક પરમાણુનું દળ કેટલું થશે ?
2. 100 ગ્રામ સોડિયમ અથવા 100 ગ્રામ લોખંડ પૈકી શેમાં પરમાણુની સંખ્યા વધુ હશે ?
(Na નું પરમાણ્વીય દળ = 23 u, Feનું પરમાણ્વીય દળ = 56 u)



તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- કોઈ પણ રાસાયણિક પ્રક્રિયા દરમિયાન પ્રક્રિયકો અને નીપજોના દળનો સરવાળો બદલાતો નથી. તેને દળ સંચયનો નિયમ કહે છે.
- કોઈ પણ શુદ્ધ રાસાયણિક સંયોજનમાં તત્વો હંમેશાં દળથી નિશ્ચિત પ્રમાણમાં જોડાયેલાં હોય છે, તેને નિશ્ચિત પ્રમાણનો નિયમ કહે છે.
- પરમાણુ તત્વનો નાનામાં નાનો કણ છે, જે સ્વતંત્ર રીતે અસ્તિત્વ ધરાવે છે અને તેના તમામ રાસાયણિક ગુણધર્મો જાળવી રાખે છે.
- અણુ તત્વ અથવા સંયોજનનો નાનામાં નાનો કણ છે, કે જે સામાન્ય પરિસ્થિતિઓમાં સ્વતંત્ર રીતે અસ્તિત્વ ધરાવે છે અને પદાર્થના તમામ ગુણધર્મો દર્શાવે છે.
- કોઈ પણ સંયોજનનું રાસાયણિક સૂત્ર તેમાં રહેલાં તમામ ઘટક તત્વો અને સંયોજતા દરેક તત્વના પરમાણુઓની સંખ્યા દર્શાવે છે.
- પરમાણુઓનો સમૂહ (Cluster) કે જે આયનની માફક વર્તે છે, તેને બહુપરમાણ્વીય આયન કહે છે. તે ચોક્કસ વીજભાર ધરાવે છે.
- કોઈ પણ આણ્વીય સંયોજનનું રાસાયણિક સૂત્ર દરેકે દરેક તત્વની સંયોજકતા દ્વારા નક્કી થાય છે.
- આયનીય સંયોજનોમાં દરેક આયન પરના વીજભાર સંયોજનનું રાસાયણિક સૂત્ર નક્કી કરવામાં ઉપયોગી છે.
- વૈજ્ઞાનિકો જુદાં-જુદાં તત્વોના પરમાણુઓના દળની સરખામણી કરવા માટે સાપેક્ષ પરમાણ્વીય દળ માપકમનો ઉપયોગ કરે છે. કાર્બન-12 સમસ્થાનિકના પરમાણુનું સાપેક્ષ પરમાણ્વીય દળ 12 નક્કી કરવામાં આવેલ છે, અને અન્ય તમામ તત્વોના પરમાણુઓના સાપેક્ષ દળ કાર્બન-12 પરમાણ્વીય દળ સાથે સરખામણી કરીને મેળવાયેલા છે.
- કાર્બન-12 ના નિશ્ચિત દળ 12 ગ્રામમાં હાજર રહેલા પરમાણુઓની સંખ્યાને એવોગેડ્રો અચળાંક 6.022×10^{23} તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરેલ છે.
- કોઈ પણ પદાર્થમાં કણોની સંખ્યા (પરમાણુઓ/આયનો/અણુઓ/સૂત્ર એકમો વગેરે) એ કાર્બન-12 ના નિશ્ચિત દળ 12 ગ્રામમાં હાજર રહેલા પરમાણુઓની સંખ્યા જેટલી હોય, તો તે પદાર્થના જથ્થાને મોલ કહે છે.
- પદાર્થના એક મોલ-જથ્થાનું દળ મોલર દળ કહેવાય છે.



સ્વાધ્યાય (Exercise)

- ઑક્સિજન અને બોરોન ધરાવતા એક સંયોજનના 0.24 g નમૂનામાં 0.096 g બોરોન અને 0.144 g ઑક્સિજન હાજર છે, તો વજનથી સંયોજનના ટકાવારી પ્રમાણની ગણતરી કરો.
- 8 g ઑક્સિજનમાં જ્યારે 3 g કાર્બનનું દહન કરવામાં આવે ત્યારે 11 g કાર્બન ડાયોક્સાઈડ બને છે. જ્યારે 3 g કાર્બનને 50 g ઑક્સિજનમાં દહન કરવામાં આવે ત્યારે કેટલા ગ્રામ કાર્બન ડાયોક્સાઈડ બનશે ? રાસાયણિક સંયોગીકરણનો કયો નિયમ તમારા જવાબ માટે દિશા સૂચવે છે ?

3. બહુપરમાણ્વીય આયન એટલે શું ? ઉદાહરણ આપો.
4. નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોનાં રાસાયણિક સૂત્રો લખો :
 - (a) મેગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડ
 - (b) કેલ્શિયમ ઓક્સાઇડ
 - (c) કૉપર નાઇટ્રેટ
 - (d) એલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડ
 - (e) કેલ્શિયમ કાર્બોનેટ
5. નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોમાં હાજર રહેલ તત્ત્વોનાં નામ જણાવો :
 - (a) ક્વિક લાઇમ
 - (b) હાઇડ્રોજન બ્રોમાઇડ
 - (c) બેકિંગ પાઉડર
 - (d) પોટેશિયમ સલ્ફેટ
6. નીચેના પદાર્થોના મોલર દળની ગણતરી કરો :
 - (a) ઈથાઇન (C_2H_2)
 - (b) સલ્ફર અણુ (S_8)
 - (c) ફોસ્ફરસ અણુ (P_4) (ફોસ્ફરસનું પરમાણ્વીય દળ = 31)
 - (d) હાઇડ્રોક્લોરિક એસિડ (HCl)
 - (e) નાઇટ્રિક એસિડ (HNO_3)
7. નીચેનાનાં દળ શું હશે ?
 - (a) 1 મોલ નાઇટ્રોજન પરમાણુ ?
 - (b) 4 મોલ એલ્યુમિનિયમ પરમાણુ (એલ્યુમિનિયમનું પરમાણ્વીય દળ = 27)
 - (c) 10 મોલ સોડિયમ સલ્ફાઇટ (Na_2SO_3) ?
8. નીચેનાનું મોલમાં રૂપાંતર કરો :
 - (a) 12 g ઓક્સિજન વાયુ
 - (b) 20 g પાણી
 - (c) 22 g કાર્બન ડાયોક્સાઇડ
9. નીચેનાનું દળ કેટલું થશે ?
 - (a) 0.2 મોલ ઓક્સિજન પરમાણુ
 - (b) 0.5 મોલ પાણીના અણુ
10. 16 g ઘન સલ્ફરમાં રહેલા સલ્ફર અણુ (S_8)ની સંખ્યા ગણો.
11. 0.051 g એલ્યુમિનિયમ ઓક્સાઇડમાં હાજર રહેલા એલ્યુમિનિયમ આયનની સંખ્યા ગણો.
(સંકેત : કોઈ પણ આયનનું દળ તે જ તત્ત્વના પરમાણુના દળ જેટલું હોય છે. એલ્યુમિનિયમનું પરમાણ્વીય દળ = 27 u)