એકમ 1

રસાયણવિજ્ઞાનની કેટલીક પાયાની સંકલ્પનાઓ (Some Basic Concepts of Chemistry)

હેતુઓ :

આ એકમના અભ્યાસ પછી તમે...

- જીવનના જુદા જુદા ક્ષેત્રોમાં રસાયણવિજ્ઞાનની ભૂમિકાઓ સમજી શકશો અને કદર કરી શકશો.
- દ્રવ્યની ત્રણ અવસ્થાઓની લાક્ષણિકતાઓને સમજાવી શકશો.
- જુદા જુદા પદાર્થોનું તત્ત્વ, મિશ્રણ અને સંયોજનમાં વર્ગીકરણ કરી શકશો.
- SI આધારિત એકમોની વ્યાખ્યા આપી શકશો અને કેટલાક સામાન્ય રીતે વપરાતા પૂર્વગોની યાદી બનાવી શકશો.
- વૈજ્ઞાનિક સંકેતોનો ઉપયોગ કરીને સંખ્યા પર કેટલાક સાદા ગાણિતીય પ્રચાલન (operations)નો ઉપયોગ કરી શકશો.
- પરિશુદ્ધતા (precision) અને ચોકસાઈ (accuracy) વચ્ચેનો ભેદ જાણી શકશો.
- અર્થસૂચક અંક (સાર્થક અંક) નક્કી કરી શકશો.
- ભૌતિક રાશિઓને એક પદ્ધતિમાંથી બીજી પદ્ધતિઓના એકમોમાં પરિવર્તિત કરી શકશો.
- રાસાયણિક સંયોગીકરણના જુદા જુદા નિયમો સમજાવી શકશો.
- પરમાણ્વીયદળ, સરેરાશ પરમાણ્વીયદળ, આણ્વીયદળ અને સૂત્ર દળની સમાલોચના કરી શકશો.
- મોલ અને મોલર દળ જેવા પદોનું વર્ણન કરી શકશો.
- સંયોજનનું નિર્માણ કરતાં જુદા જુદા ઘટકતત્ત્વોની દળથી ટકાવારીની ગણતરી કરી શકશો.
- સંયોજનના પ્રમાણસૂચક સૂત્ર (empirical formula) અને આણ્વીય સૂત્ર આપેલા પ્રાયોગિક પરિણામો પરથી નક્કી કરી શકશો.
- તત્ત્વયોગમિતીય (stoichiometric) ગણતરીઓ કરી શકશો.

"રસાયણવિજ્ઞાન અણુઓ અને તેમના રૂપાંતરણનું વિજ્ઞાન છે. રસાયણવિજ્ઞાન માત્ર 100 જેટલા તત્ત્વોનું વિજ્ઞાન નથી, પરંતુ તેમાંથી રચાતાં અસંખ્ય વૈવિધ્યસભર અણુઓનું વિજ્ઞાન છે."

– રોઆલ્ડ હૉફમેન (Roald Hoffmann)

રસાયણવિજ્ઞાન દ્રવ્યનું સંઘટન, બંધારણ અને ગુણધર્મો સાથે સંકળાયેલ છે. આ બાબતો દ્રવ્યના પાયાના ઘટકો **પરમાણુ** અને **અણુ** દ્વારા સૌથી સારી રીતે વર્ણવી અને સમજી શકાય. આથી જ કહેવાય છે કે રસાયણવિજ્ઞાન પરમાણુ અને અણુનું વિજ્ઞાન છે. શું આપણે આ સ્પીસિઝને જોઈ શકીએ, વજન કરી શકીએ અથવા અનુભવી શકીએ ? શું દ્રવ્યના આપેલા દળમાં પરમાણુ અને અણુઓની સંખ્યા ગણી શકીએ અને આ કણો (પરમાણુઓ અને અણુઓ)ની સંખ્યા તથા દળ વચ્ચે જથ્થાત્મક સંબંધ મેળવી શકીએ ? આવા કેટલાક પ્રશ્નોના ઉત્તર આપણે આ એકમ દ્વારા આપીશું. આ ઉપરાંત આપણે દ્રવ્યના ભૌતિક ગુણધર્મો આંકડાકીય કિંમતોનો ઉપયોગ કરીને જથ્થાત્મક રીતે અનુકૂળ એકમો દ્વારા વર્ણવી શકીએ.

1.1 રસાયણવિજ્ઞાનની અગત્ય (Importance of Chemistry)

કુદરતને વર્ણવવાના અને સમજવાના સતત માનવીય પ્રયત્નો તરીકે આપણે વિજ્ઞાનને અભિપ્રેત કરી શકીએ. અનુકૂળતા ખાતર વિજ્ઞાનને જુદી જુદી શાખાઓમાં વિભાજિત કરવામાં આવેલ છે; જેમ કે રસાયણવિજ્ઞાન, ભૌતિકવિજ્ઞાન, જીવવિજ્ઞાન, ભૂસ્તરવિજ્ઞાન વગેરે. રસાયણવિજ્ઞાન વિજ્ઞાનની એવી શાખા છે કે જે દ્રવ્યનું સંઘટન, ગુણધર્મો અને પારસ્પરિક ક્રિયાઓનો અભ્યાસ કરે છે. રસાયણશાસ્ત્રીઓ રાસાયણિક રૂપાંતરો કેવી રીતે થાય છે તે જાણવામાં રસ ધરાવે છે. રસાયણવિજ્ઞાન વિજ્ઞાનમાં કેન્દ્રીય ભૂમિકા ભજવે છે અને અનેકવાર ભૌતિકવિજ્ઞાન, જીવવિજ્ઞાન, ભૂસ્તરવિજ્ઞાન વગેરે સાથે પણ પારસ્પરિક રીતે વણાયેલ છે. રસાયણવિજ્ઞાન રોજિંદા જીવનમાં પણ અગત્યનો ભાગ ભજવે છે.

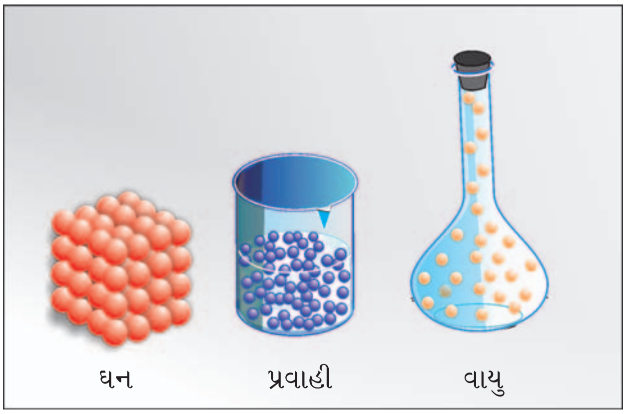
હવામાનની તરાહો, મગજની કાર્યપદ્ધતિ અને કમ્પ્યૂટરનું પ્રચાલન (operation) જેવા અનેકવિધ ક્ષેત્રોમાં રાસાયણિક સિદ્ધાંતો અગત્યનાં છે. ખાતર, આલ્કલી, ઍસિડ, ક્ષાર, રંગક, પોલિમર, ઔષધ, સાબુ, પ્રક્ષાલક, ધાતુ, મિશ્રધાતુ તથા અન્ય અકાર્બનિક અને કાર્બનિક રસાયણ સહિતના નવા દ્રવ્યોના ઉત્પાદન કરતાં રાસાયણિક ઉદ્યોગો રાષ્ટ્રીય અર્થવ્યવસ્થામાં બહોળા પ્રમાણમાં ફાળો આપે છે.

આ ઉપરાંત રસાયણવિજ્ઞાન ખોરાક, સ્વાસ્થ્ય-સંભાળની જરૂરિયાતને તથા અન્ય પદાર્થો કે જે માનવજીવનની ગુણવત્તા વધારવાનાં ધ્યેય માટે હોય છે તેને પહોંચી વળે છે. આના ઉદાહરણ તરીકે જુદા જુદા ખાતરના મોટા પાયા પરના ઉત્પાદન તથા કીટનાશકની સુધારેલી જાતનો સમાવેશ થાય છે. આ જ રીતે ઘણી જીવનરક્ષક ઔષધો જેવી કે **સીસ-પ્લેટિન** અને **ટેક્સોલ**, જે કેન્સરની સારવારમાં અસરકારક છે અને AZT (ઍઝિડોથાયમિડીન) ઍઇડ્સનો ભોગ બનેલાને મદદરૂપ છે; તેમનું વાનસ્પતિક કે પ્રાણીજ સ્રોતમાંથી અલગીકરણ કરવામાં આવેલ છે અથવા સાંશ્લેષિક પદ્ધતિથી બનાવાયેલા છે.

રાસાયણિક સિદ્ધાંતોની વધુ સમજણને કારણે હવે વિશિષ્ટ ગુણધર્મો જેવાં કે ચુંબકીય, વિદ્યુતીય અને પ્રકાશીય ગુણધર્મો ધરાવતાં નવા પદાર્થોનું સંશ્લેષણ, ઉત્પાદન અથવા નિર્માણ શક્ય બન્યું છે. આને લીધે અતિવાહક સીરેમીક, વાહકતા ધરાવતા પોલિમર, ઑપ્ટિકલ ફાઈબર અને ઘન અવસ્થાના સાધનોની અતિ નાની પ્રતિકૃતિને મોટા પાયા પર ઉત્પાદન કરવા તરફ દોરવાયા છીએ. વર્તમાન સમયમાં રસાયણવિજ્ઞાને પર્યાવરણના અવક્રમણ(degradation)ની અતિ મહત્ત્વની બાબતોનો સામનો કરવામાં સારા એવા પ્રમાણમાં સફળતા પ્રાપ્ત કરી છે. પર્યાવરણીય જોખમો (hazards) રેફ્રિજરન્ટ જેવાં કે CFCs (ક્લોરોફ્લોરો કાર્બન્સ)ના સલામત વિકલ્પને સાંશ્લેષિત કરી શકાયા છે. જેથી સમતાપ આવરણમાં ઓઝોન ક્ષયનને ઘટાડી શકાયેલ છે. તેમ છતાં ઘણી મોટી પર્યાવરણીય સમસ્યાઓને મહાત કરવા માટે રસાયણવિજ્ઞાનીઓએ કમર કસવાની છે. આમાંની એક સમસ્યા ગ્રીન હાઉસ વાયુઓ જેવાં કે મિથેન, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વગેરેનું વ્યવસ્થાપન કરવાનું છે. જૈવરાસાયણિક પ્રક્રમોને સમજવાનું, રસાયાણોના મોટા પાયા પરના ઉત્પાદન માટે ઉત્સેચકોનો ઉપયોગ અને નવા વિદેશી (exotic) પદાર્થોનું ઉત્પાદન વગેરે રસાયણશાસ્ત્રીઓની આવનાર પેઢીને માટે બૌધ્ધિક પડકાર (ચૅલેન્જ) છે. ભારત જેવા વિકસતા દેશમાં આવા પડકારોને ઝીલવા માટે કુશાગ્ર અને સર્જનાત્મક રસાયણશાસ્ત્રીઓની જરૂર પડશે.

1.2 દ્રવ્યનો સ્વભાવ (પ્રકૃતિ) (Nature of Matter)

તમે અગાઉના ધોરણોના અભ્યાસ પરથી 'દ્રવ્ય' પર્યાય સાથે માહિતગાર થયેલા છો. કોઈ પણ વસ્તુ જે દળ ધરાવે છે અને જગ્યા (અવકાશ) રોકે છે તેને દ્રવ્ય કહે છે.



આકૃતિ 1.1 ઘન, પ્રવાહી અને વાયુમય અવસ્થામાં કણોની ગોઠવણી

આપણી આસપાસ (ચોપાસ) રહેલી વસ્તુઓને ઉદાહરણ તરીકે લેતાં ચોપડી, પેન, પેન્સિલ, પાણી, હવા, બધા જ સજીવો વગેરે દ્રવ્યથી સંઘટિત હોય છે. તમે જાણો છો કે તેમને દળ છે અને તેઓ જગ્યા રોકે છે.

તમે એ પણ જાણો છો કે દ્રવ્ય ત્રણ ભૌતિક અવસ્થાઓ જેવીકે **ઘન, પ્રવાહી** અને **વાયુ** તરીકે અસ્તિત્વ ધરાવે છે. દ્રવ્યના ઘટક કણો આ ત્રણેય અવસ્થામાં કેવી રીતે રહેલાં હોય છે, તે આકૃતિ 1.1માં દર્શાવેલ છે. **ઘનમાં** આ કણો એકબીજાની ઘણાં જ નજીક હોય છે અને વ્યવસ્થિત ક્રમબદ્ધ રીતે ગોઠવાયેલા હોય છે જેથી તેમની હેરફેર માટેની મુક્તિ વધુ હોતી નથી. **પ્રવાહી**માં કણો એકબીજાની નજીક હોય છે પરંતુ આજુબાજુમાં હરીફરી શકે છે, જ્યારે **વાયુમાં** કણો ઘન અને પ્રવાહીની સરખામણીમાં એકબીજાથી ઘણા દૂર હોય છે અને તેમની હેરફેર સરળ અને ઝડપી હોય છે. આ પ્રકારની કણોની ગોઠવણીને લીધે દ્રવ્યની જુદી જુદી અવસ્થાઓ નીચે પ્રમાણેની લાક્ષણિકતાઓ દર્શાવે છે.

(i) ઘનને ચોક્કસ કદ અને ચોક્કસ આકાર હોય છે.

(ii) પ્રવાહીને ચોક્કસ કદ હોય છે પણ ચોક્કસ આકાર હોતો નથી. તેમનો આકાર તેમને જે પાત્રમાં ભરવામાં આવે છે તે પ્રમાણેના પાત્ર જેવો હોય છે.

(iii) વાયુઓને ચોક્કસ કદ કે ચોક્કસ આકાર હોતા નથી. તેઓને જે પાત્રમાં ભરવામાં આવે તેમાં બધે જ ફેલાઈ જઈ આખા પાત્રને ભરી દે છે.

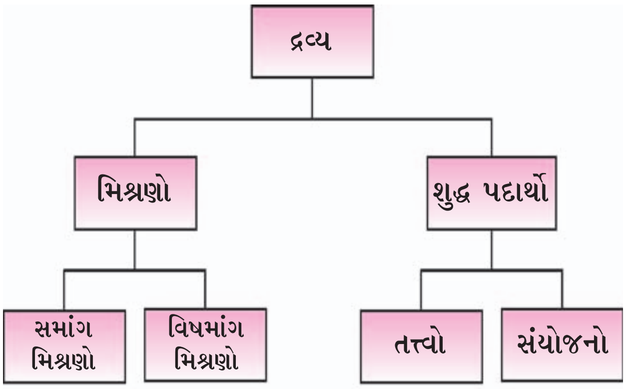
તાપમાન અને દબાણની પરિસ્થિતિમાં ફેરફાર કરવાથી દ્રવ્યની આ ત્રણ અવસ્થાઓ એકબીજામાં રૂપાંતરિત થઈ શકે છે.

$$\text{ઘન} \underset{\text{ઠંડું પાડતાં}}{\overset{\text{ગરમ કરતાં}}{\rightleftharpoons}} \text{પ્રવાહી} \underset{\text{ઠંડું પાડતાં}}{\overset{\text{ગરમ કરતાં}}{\rightleftharpoons}} \text{વાયુ}$$

ઘનને ગરમ કરતાં સામાન્ય રીતે પ્રવાહીમાં ફેરવાય છે અને પ્રવાહીને વધારે ગરમ કરતાં વાયુમય (અથવા બાષ્પીય)

અવસ્થામાં ફેરવાય છે. આનાથી ઉલટા ક્રમમાં વાયુને ઠંડો કરતાં તે પ્રવાહીકૃત થાય છે અને પ્રવાહીને આગળ ઉપર ઠંડું કરતાં તે ઘન સ્વરૂપમાં ઠરે છે.

સ્થૂળદર્શીય (macroscopic) અથવા જથ્થામય (bulk) સ્તરે દ્રવ્યને **શુદ્ધ પદાર્થો** અથવા **મિશ્રણ** તરીકે વર્ગીકૃત કરી શકાય. આનું ઉપવિભાજન આકૃતિ 1.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કરી શકાય.



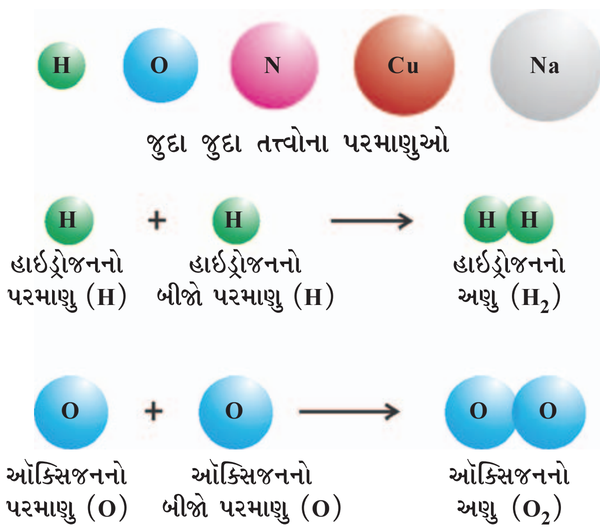
આકૃતિ 1.2 દ્રવ્યનું વર્ગીકરણ

તમારી આસપાસ (ચોપાસ) રહેલા ઘણા બધા પદાર્થો **મિશ્રણ** છે. ઉદાહરણ તરીકે ખાંડનું પાણીમાં દ્રાવણ, હવા, ચા વગેરે બધા જ મિશ્રણ છે. મિશ્રણમાં બે કે વધુ પદાર્થો (ગમે તે પ્રમાણમાં) રહેલા હોય છે. જેને તેના ઘટકો કહેવાય છે. મિશ્રણ **સમાંગ** અથવા **વિષમાંગ** હોઈ શકે છે. **સમાંગ મિશ્રણમાં** ઘટકો એકબીજા સાથે સંપૂર્ણ રીતે મિશ્ર થાય છે અને તેનું સંઘટન બધે જ એકસમાન (uniform) હોય છે. ખાંડનું દ્રાવણ અને હવા આ રીતે સમાંગ મિશ્રણના ઉદાહરણો છે. આનાથી વિરુદ્ધમાં **વિષમાંગ મિશ્રણમાં** સંઘટન બધે જ એકસમાન હોતું નથી અને કેટલીક વખત અલગ અલગ ઘટકો જોઈ શકાય છે. ઉદાહરણ તરીકે ક્ષાર (મીઠું) અને ખાંડનું મિશ્રણ. અનાજ અને કઠોળના દાણા સાથે ઘણીવાર કાંકરા અથવા માટીના કણો જોવા મળે છે, જે વિષમાંગ મિશ્રણો છે. તમે તમારા રોજિંદા જીવન દરમિયાન આવા ઘણા બધા ઉદાહરણોનો વિચાર કરી શકો છો. અહીંયા એ નોંધવું અગત્યનું છે કે મિશ્રણમાંના ઘટકોને ભૌતિક પદ્ધતિઓ જેવી કે હાથ વડે વીણવું, ગાળણ, સ્ફટિકીકરણ, નિસ્યંદન વગેરેથી અલગ કરી શકાય.

શુદ્ધ પદાર્થોને મિશ્રણ કરતાં અલગ લાક્ષણિકતાઓ હોય છે. તેમનું સંઘટન નિશ્ચિત હોય છે; જ્યારે મિશ્રણમાં ઘટકો ગમે તે પ્રમાણમાં હોય છે અને તેમનું સંઘટન ચલિત (બદલાતું) હોય છે. કૉપર, સિલ્વર, ગોલ્ડ, પાણી, ગ્લુકોઝ, શુદ્ધ પદાર્થોના કેટલાક ઉદાહરણો છે. ગ્લુકૉઝ કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન નિશ્ચિત પ્રમાણમાં ધરાવે છે અને તેથી અન્ય શુદ્ધ પદાર્થોની જેમ નિશ્ચિત સંઘટન ધરાવે છે. વળી શુદ્ધ પદાર્થના ઘટકોને સાદી ભૌતિક પદ્ધતિઓથી અલગ કરી શકાતા નથી.

શુદ્ધ પદાર્થોને **તત્ત્વ** અને **સંયોજન** તરીકે વધુ વર્ગીકૃત કરી શકાય. **તત્ત્વ** એક જ પ્રકારના કણો ધરાવે છે. આ કણો **પરમાણુઓ** કે **અણુઓ** હોય છે. તમે અગાઉના ધોરણોમાં કરેલા અભ્યાસ પરથી પરમાણુ અને અણુ વિશે માહિતગાર છો. તેમ છતાં તેમના વિશે વિગતવાર અભ્યાસ એકમ 2માં કરશો. સોડિયમ, કૉપર, સિલ્વર, હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન વગેરે તત્ત્વોના કેટલાક ઉદાહરણો છે. આ બધા એક જ પ્રકારના પરમાણુના બનેલા છે. આમ છતાં જુદા જુદા તત્ત્વોના પરમાણુઓ સ્વભાવમાં જુદા જુદા હોય છે. સોડિયમ અથવા કૉપર જેવા કેટલાક તત્ત્વોમાં એકલ પરમાણુઓ એક સાથે ઘટક તરીકે જોડાયેલા હોય છે, જ્યારે અન્ય કેટલાક તત્ત્વોમાં બે કે વધારે પરમાણુઓ જોડાઈને તત્ત્વનો **અણુ** બનાવે છે. આમ, હાઇડ્રોજન, નાઇટ્રોજન અને ઑક્સિજન જેવા વાયુઓ અણુના બનેલા છે. જેમાં તેમના બે પરમાણુઓ જોડાઈને તેમના અનુવર્તી અણુઓ આપે છે. આ આકૃતિ 1.3માં દર્શાવેલ છે.

જ્યારે જુદા જુદા તત્ત્વોના બે કે વધુ પરમાણુઓ સંયોજાય છે ત્યારે **સંયોજનનો** અણુ મળે છે. આવા કેટલાક સંયોજનોના ઉદાહરણ પાણી, એમોનિયા, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને ખાંડ



આકૃતિ 1.3 પરમાણુઓ અને અણુઓની રજૂઆત

વગેરે છે. પાણી અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના અણુ આકૃતિ 1.4માં દર્શાવેલ છે.

પાણીનો અણુ (H_2O) કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનો અણુ (CO_2)

આકૃતિ 1.4 પાણી અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના અણુઓ

તમે ઉપર જોયું કે પાણીનો એક અણુ બે હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ અને એક ઑક્સિજન પરમાણુ ધરાવે છે. એ જ રીતે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનો એક અણુ બે ઑક્સિજન અને એક કાર્બન પરમાણુ ધરાવે છે. આમ સંયોજનોમાં જુદાં જુદાં તત્ત્વોના પરમાણુઓ નિશ્ચિત હોય છે અને તે નિયત પ્રમાણમાં (ratio) હોય છે, જે-તે સંયોજનની લાક્ષણિકતા છે. વળી સંયોજનના ગુણધર્મો તેના ઘટક તત્ત્વોના ગુણધર્મો કરતાં અલગ હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન બન્ને વાયુઓ છે જ્યારે તેમના સંયોજાવાથી બનેલું સંયોજન એટલે કે પાણી પ્રવાહી છે. એ નોંધવું રસપ્રદ છે કે હાઇડ્રોજન ધડાકા સાથે સળગે છે, જ્યારે ઑક્સિજન દહનનો સહાયક છે; પરંતુ પાણી અગ્નિશામક તરીકે વપરાય છે.

આ ઉપરાંત સંયોજનના ઘટકોને સાદા પદાર્થોમાં ભૌતિક પદ્ધતિઓથી અલગ કરી શકાય નહિ. તેમને રાસાયણિક પદ્ધતિઓથી અલગ કરી શકાય.

1.3 દ્રવ્યના ગુણધર્મો અને તેમનું માપન (Properties of Matter and their Measurement)

દરેક પદાર્થને વિશિષ્ટ અથવા લાક્ષણિક ગુણધર્મો હોય છે. આ ગુણધર્મોને બે વિભાગમાં વહેંચી શકાય. **ભૌતિક ગુણધર્મો** અને **રાસાયણિક ગુણધર્મો**.

ભૌતિક ગુણધર્મો એવા ગુણધર્મો છે કે જે પદાર્થનું સંઘટન બદલ્યા વગર અથવા તેની ઓળખ બદલ્યા વગર માપી કે અવલોકી શકાય. ભૌતિક ગુણધર્મોના કેટલાક ઉદાહરણો રંગ, વાસ, ગલનબિંદુ, ઉત્કલનબિંદુ, ઘનતા વગેરે છે. **રાસાયણિક ગુણધર્મો**ના માપન કે અવલોકન કરવા માટે રાસાયણિક ફેરફાર થવો જરૂરી છે. રાસાયણિક ગુણધર્મોના ઉદાહરણોમાં જુદા જુદા પદાર્થોની લાક્ષણિક પ્રક્રિયાઓ છે. જેમાં ઍસિડિકતા અથવા બેઝિકતા, દહનશીલતા વગેરેનો સમાવેશ થાય છે.

દ્રવ્યના ઘણા ગુણધર્મો જેવાં કે લંબાઈ, ક્ષેત્રફળ, કદ વગેરે સ્વભાવે જથ્થાત્મક હોય છે. કોઈ પણ જથ્થાત્મક અવલોકન અથવા માપનને તેની સંખ્યા તથા તેનું માપન કરેલા એકમ સાથે દર્શાવવામાં આવે છે. ઉદાહરણ તરીકે ઓરડાની લંબાઈ 6 m દર્શાવી શકાય. અહીંયા 6 સંખ્યા છે અને m મીટર દર્શાવે છે જે માપન કરેલ લંબાઈનો એકમ છે. દુનિયાના જુદા જુદા ભાગોમાં માપનની બે જુદી જુદી પદ્ધતિઓ વપરાતી હતી. **ઇંગ્લિશ પદ્ધતિ** અને **મેટ્રિક પદ્ધતિ.** 'મેટ્રિક પદ્ધતિ' જેનો ઉદ્ભવ ફ્રાન્સમાં અઢારમી સદીના ઉત્તરાર્ધમાં થયેલો તે ઘણી જ અનુકૂળ હતી, કારણ કે તેનો આધાર દશાંશ પદ્ધતિ હતો. વૈજ્ઞાનિક સમાજને સમાન પ્રમાણિત પદ્ધતિની જરૂરિયાત જણાઈ. આવી પદ્ધતિ 1960માં પ્રસ્થાપિત થઈ જેની વિગતે ચર્ચા નીચે કરેલી છે :

1.3.1 એકમોની આંતરરાષ્ટ્રીય પદ્ધતિ (International System of Units) (SI)

એકમોની આંતરરાષ્ટ્રીય પદ્ધતિ (ફ્રેન્ચ ભાષામાં Le Systeme International d' - Unite's – ટૂંકાણમાં દર્શાવતાં SI)ને વજન અને માપનની અગિયારમી સામાન્ય સભા (11th General Conference on Weights and Measures (CGPM) (Conference Generale des Poids et Measures માંથી) 1875માં પૅરિસમાં હસ્તાક્ષર થયેલી જે મીટર કન્વેન્શન (Meter Convention) તરીકે ઓળખાય છે તે ઇન્ટર ગવર્નમેન્ટલ ટ્રીટી ઓર્ગેનાઇઝેશન તરીકે જે CGPM તરીકે દર્શાવાય છે તે ડિપ્લોમેટિક સંધિ હતી.

SI પદ્ધતિમાં પાયાના સાત એકમો છે જેની યાદી કોષ્ટક 1.1માં આપેલ છે. આ એકમો સાત મૂળભૂત વૈજ્ઞાનિક રાશિઓને લગતા એકમો છે. અન્ય ભૌતિક રાશિઓ જેવી કે ઝડપ, કદ, ઘનતા વગેરે આ રાશિઓમાંથી ઉપજાવી (derived) શકાય છે.

SI આધારિત એકમોની વ્યાખ્યાઓ કોષ્ટક 1.2માં આપેલી છે.

SI પદ્ધતિમાં ગુણક (multiple) અને ઉપગુણક (submultiples) દર્શાવવા માટે પૂર્વગના ઉપયોગની છૂટ આપે છે. આ પૂર્વગોની યાદી કોષ્ટક 1.3માં કરેલ છે.

આ પુસ્તકમાં વારંવાર ઉપયોગ કરવાની કેટલીક રાશિઓનો આપણે ઝડપભેર અભ્યાસ કરીએ.

કોષ્ટક 1.1 પાયાની ભૌતિક રાશિઓ અને તેમના એકમો

પાયાની ભૌતિક રાશિ	રાશિની સંજ્ઞા	SI એકમનું નામ	SI એકમની સંજ્ઞા
લંબાઈ	l	મીટર	m
દળ	m	કિલોગ્રામ	kg
સમય	t	સેકન્ડ	s
વિદ્યુત પ્રવાહ	I	ઍમ્પિયર	A
ઉષ્માગતિકીય તાપમાન	T	કેલ્વિન	K
પદાર્થનો જથ્થો	n	મોલ	mol
પ્રદીપ્ત તીવ્રતા	I_v	કેન્ડેલા	cd

કોષ્ટક 1.2 SI પદ્ધતિના પાયાના એકમોની વ્યાખ્યાઓ

લંબાઈનો એકમ	**મીટર**	એક સેકન્ડના 1/299 792 458મા ભાગના સમયગાળા દરમિયાન પ્રકાશે શૂન્યાવકાશમાં કાપેલા પથની લંબાઈને મીટર કહે છે.
દળનો એકમ	**કિલોગ્રામ**	દળનો એકમ કિલોગ્રામ છે. એક કિલોગ્રામના આંતરરાષ્ટ્રીય આદિરૂપ (પ્રોટોટાઈપ) જેટલું દળ.
સમયનો એકમ	**સેકન્ડ**	એક સેકન્ડ સીઝીયમ-133 પરમાણુની ધરા અવસ્થાના બે અતિસૂક્ષ્મ સ્તરોની વચ્ચે થતી સંક્રાંતિના અનુવર્તી વિકિરણના 9192631770 આવર્તોનો સમયગાળો છે.
વિદ્યુત પ્રવાહનો એકમ	**એમ્પિયર**	એમ્પિયર એક એવો અચળ પ્રવાહ છે જે બે અનંત લંબાઈના બે સીધા સમાંતર વાહકો જેમના આડછેદ નહિવત્ અને શૂન્યાવકાશમાં એક મીટર અંતરે ગોઠવેલા છે અને આ વાહકોની વચ્ચેનું બળ 2×10^{-7} ન્યૂટન પ્રતિ મીટર લંબાઈ પર હોય છે.
ઉષ્માગતિકીય તાપમાનનો એકમ	**કૅલ્વિન**	ઉષ્માગતિકીય તાપમાનનો એકમ કૅલ્વિન કે જે પાણીના ત્રિબિંદુના ઉષ્માગતિકીય તાપમાનનો 1/273.16 મો ભાગ છે.
પદાર્થના જથ્થાનો એકમ	**મોલ**	(1) પ્રણાલીના પદાર્થનો જથ્થો કે જે 0.012 કિલોગ્રામ કાર્બન-12માં રહેલા પરમાણુઓ જેટલી પ્રાથમિક સ્પીસિઝ ધરાવે છે તેને મોલ કહે છે. તેની સંજ્ઞા મોલ (mol) છે. (2) જ્યારે મોલનો ઉપયોગ કરવામાં આવે ત્યારે પ્રાથમિક સ્પીસિઝનો નિર્દેશ થવો જ જોઈએ. પ્રાથમિક સ્પીસિઝ તરીકે પરમાણુઓ, અણુઓ, આયનો, ઇલેક્ટ્રૉન, અન્ય કણો અથવા આવા કોઈપણ કણોનો નિર્દેશિત સમૂહ હોઈ શકે.
પ્રદીપ્ત તીવ્રતાનો એકમ	**કૅન્ડેલા**	કેન્ડેલા 540×10^{12} હટ્ર્ઝ આવૃત્તિવાળા સ્રોતની જ્યોતિ તીવ્રતા છે. જે એકવર્ણી (monochromatic) વિકિરણનું આપેલ દિશામાં ઉત્સર્જન કરે છે અને તેની વિકિરણ તીવ્રતા 1/683 વૉટ પ્રતિ સ્ટર્ડિયન તે દિશામાં હોય છે.

કોષ્ટક 1.3 SI પદ્ધતિમાં વપરાતા પૂર્વગો

ગુણક	પૂર્વગ	સંજ્ઞા
10^{-24}	યોક્ટો	y
10^{-21}	ઝેપ્ટો	z
10^{-18}	ઍટ્ટો	a
10^{-15}	ફેમ્ટો	f
10^{-12}	પિકો	p
10^{-9}	નેનો	n
10^{-6}	માઇક્રો	μ
10^{-3}	મિલિ	m
10^{-2}	સેન્ટિ	c
10^{-1}	ડેસિ	d
10	ડેકા	da
10^{2}	હૅક્ટો	h
10^{3}	કિલો	k
10^{6}	મૅગા	M
10^{9}	ગીગા	G
10^{12}	ટૅરા	T
10^{15}	પૅટા	P
10^{18}	ઍક્ઝા	E
10^{21}	ઝૅટા	Z
10^{24}	યોટ્ટા	Y

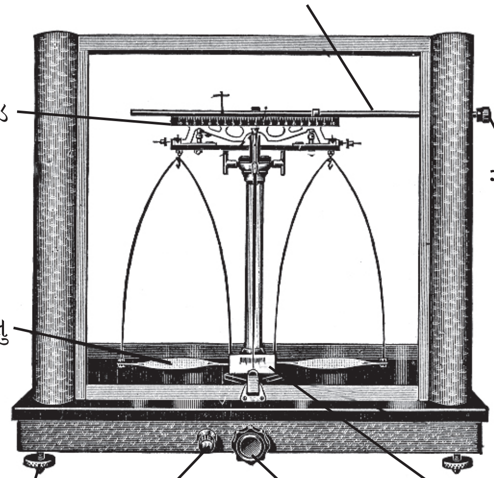
1.3.2 દળ અને વજન (Mass and Weight)

પદાર્થનું **દળ** તેમાં રહેલ દ્રવ્યનો જથ્થો છે. જ્યારે **વજન** પદાર્થ પર લાગતું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ છે. પદાર્થનું દળ અચળ હોય છે જ્યારે તેનું વજન એક સ્થળેથી બીજા સ્થળે બદલાય છે, કારણ કે ગુરુત્વાકર્ષણ બળ બદલાય છે. આ પદોનો ઉપયોગ કરવામાં તમારે કાળજી રાખવી જોઈશે.

પ્રયોગશાળામાં પદાર્થનું દળ વૈશ્લેષિક (analytical) તુલા વડે (આકૃતિ 1.5) ખૂબ ચોકસાઈથી નક્કી કરી શકાય છે.

દળનો SI એકમ કોષ્ટક 1.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કિલોગ્રામ છે. તેનો આંશિક ભાગ ગ્રામ (1 કિગ્રા = 1000 ગ્રામ) પ્રયોગશાળામાં વપરાય છે. કારણ કે રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓમાં રસાયણોનો નાનો જથ્થો વપરાય છે.

કદ : કદનો એકમ $(\text{લંબાઈ})^3$ છે. આથી SI એકમમાં કદનો એકમ m^3 છે, પરંતુ રાસાયણિક પ્રયોગશાળામાં નાના કદનો ઉપયોગ થાય છે. આથી કદને માટે સેમી^{3} $(cm)^3$ અથવા $(\text{ડેસીમી})^3$ $(dm)^3$ એકમ વપરાય છે.



આકૃતિ 1.5 વૈશ્લેષિક તુલા

માપનના આંતરરાષ્ટ્રીય પ્રમાણિતો (માનકો) (Standards) જાળવી રાખવા

એકમની વ્યાખ્યા ધરાવતા એકમોની પદ્ધતિ સમય સાથે બદલાતી રહે છે, જ્યારે કોઈ ચોક્કસ એકમના માપનની ચોકસાઈમાં નોંધપાત્ર વધારો થાય છે ત્યારે નવા સિદ્ધાંતોનો સ્વીકાર કરીને મીટર ટ્રીટીના (1875માં હસ્તાક્ષર કરેલ) સભ્ય દેશો તે એકમની ઔપચારિક વ્યાખ્યામાં ફેરફાર માટે સંમત થાય છે.

દરેક આધુનિક ઔદ્યોગિક દેશ જેમાં ભારતનો સમાવેશ થાય છે તેમની નેશનલ મેટ્રોલૉજી ઇન્સ્ટિટ્યૂટ (NMI) જે એકમોના પ્રમાણિતો(માનકો)ને જાળવે છે. આની જવાબદારી નેશનલ ફીઝીકલ લેબોરેટરી(NPL, નવી દિલ્હી)ને સોંપવામાં આવી છે. આ પ્રયોગશાળા, પાયાના એકમોને સાક્ષાત્ (realize) કરવા માટે પ્રયોગો પ્રસ્થાપિત કરે છે. પાયાના એકમો, વ્યુત્પિત એકમો અને માપનના રાષ્ટ્રીય એકમોની જાળવણી કરે છે. આ પ્રમાણિતો (માનકો)ને સમયાનુસાર વિશ્વની અન્ય રાષ્ટ્રીય મેટ્રોલૉજી ઇન્સ્ટિટ્યૂટ સાથે તથા પૅરિસમાં આવેલ ઇન્ટરનેશનલ બ્યુરો ઑફ સ્ટાન્ડર્ડસમાં પ્રસ્થાપિત કરેલા એકમો સાથે અંદરોઅંદર સરખાવે છે.

સામાન્ય એકમ લિટર (L) જે SI એકમ નથી પણ પ્રવાહીઓના કદના માપનમાં ઉપયોગમાં લેવાય છે.

$$1L = 1000\ mL,\ 1000\ cm^3 = 1dm^3$$

આકૃતિ 1.6 આ સંબંધોને તાદૃશ (visualise) કરવામાં મદદરૂપ થાય છે.

પ્રયોગશાળામાં પ્રવાહી કે દ્રાવણના કદ અંકિત નળાકાર, બ્યુરેટ, પિપેટ વગેરેથી માપી શકાય છે. કદમાપક ફ્લાસ્કનો ઉપયોગ દ્રાવણનું જ્ઞાત કદ તૈયાર કરવામાં ઉપયોગી છે. આ માપનના સાધનો આકૃતિ 1.7માં દર્શાવેલ છે.

ઘનતા :

પદાર્થની ઘનતા પ્રતિ એકમ કદના જથ્થાનું દળ છે. આથી ઘનતાનો SI એકમ નીચે પ્રમાણે મેળવી શકાય.

$$\text{ઘનતાનો SI એકમ} = \frac{\text{દળનો SI એકમ}}{\text{કદનો SI એકમ}}$$

$$= \frac{kg}{m^3}\ \text{અથવા}\ kg\ m^{-3}$$

આ એકમ ઘણો મોટો હોવાથી રસાયણશાસ્ત્રી મુખ્યત્વે ઘનતાને $g\ cm^{-3}$ માં દર્શાવે છે, જ્યાં દળ ગ્રામમાં અને કદ સેમી^{3} માં દર્શાવેલ હોય છે.

તાપમાન :

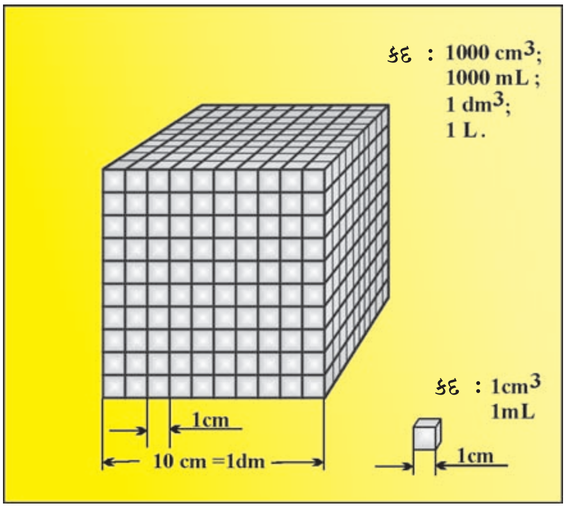
તાપમાન માપવા માટે ત્રણ સામાન્ય માપક્રમ છે : ^oC (અંશ સેલ્સિયસ), ^oF (અંશ ફેરનહીટ) અને K (કેલ્વિન). અહીંયા K, SI એકમ છે. આ માપક્રમ પર આધારિત થર્મોમીટર આકૃતિ 1.8માં દર્શાવેલા છે. સામાન્ય રીતે સેલ્સિયસ માપક્રમવાળા થર્મોમીટર 0^o થી 100^o સુધી અંકિત કરેલા હોય છે. જેમાં આ બંને તાપમાનો અનુક્રમે પાણીના ઠારબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ છે. ફેરનહીટ માપક્રમ 32^o થી 212^o વચ્ચે દર્શાવેલ છે.

બંને માપક્રમના તાપમાન એકબીજા સાથે નીચેનો સંબંધ ધરાવે છે :

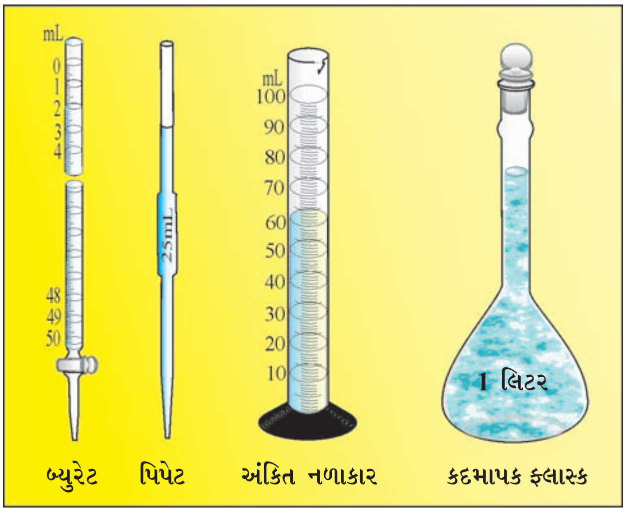
$$^oF = \frac{9}{5}(^oC) + 32$$

કેલ્વિન માપક્રમ સેલ્સિયસ માપક્રમ સાથે નીચે પ્રમાણે સંબંધિત છે :

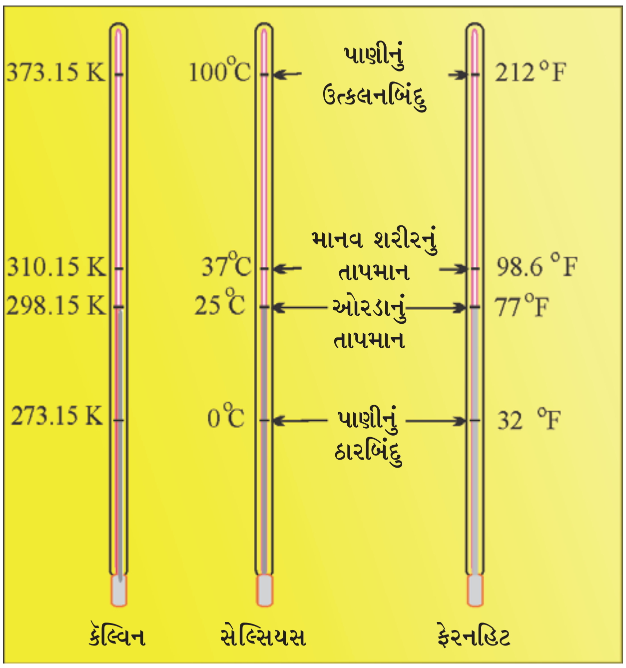
$$K = {}^oC + 273.15$$



આકૃતિ 1.6 કદ દર્શાવવા વપરાતા જુદા જુદા એકમો



આકૃતિ 1.7 કેટલાક કદમાપક સાધનો



આકૃતિ 1.8 જુદા જુદા તાપમાન માપક્રમના થર્મોમીટર

એ નોંધવું રસપ્રદ છે કે 0^{o} Cથી નીચેનું તાપમાન (ઋણ મૂલ્યો) સેલ્સિયસ માપક્રમમાં શક્ય છે, પરંતુ કેલ્વિન માપક્રમમાં તાપમાનનું ઋણ મૂલ્ય શક્ય નથી.

સંદર્ભ માનક

માપનના એકમો જેવા કે કિલોગ્રામ અથવા મીટર વ્યાખ્યાયિત કર્યા પછી વૈજ્ઞાનિકો સંદર્ભ માનક માટે સમંત થયા. આ સંદર્ભ માનકથી બધા જ માપન સાધનોને અંકિત કરવાનું શક્ય બને. વિશ્વસનીય માપન મેળવવા માટે બધા જ સાધનો જેવાં કે મીટર સ્ટીક અને વૈશ્લેષિક તુલા તેમના ઉત્પાદકો દ્વારા અંકિત કરે છે જેથી સાચા વાંચન આંક (Readings) મળે. આ બધા જ સાધનો કોઈ સંદર્ભ સાથે અંકિત કરેલા હોય છે. દળનો માનક 1889થી કિલોગ્રામ છે તેની વ્યાખ્યા કરવામાં આવી છે કે તે પ્લેટિનમ-ઇરીડિયમ (Pt-Ir)ના નળાકાર જે ફ્રાન્સના બ્યુરો ઑફ વેઇટ્સ અને મેઝર્સ ઇન સીવર્સ ખાતે હવાચુસ્ત બરણીમાં રાખેલો છે, તેના દળ જેટલું દળ. Pt - Ir ની પસંદગી આ માનક માટે કરવામાં આવેલી કારણ કે તે રાસાયણિક હુમલા(attack)ની સામે ઉચ્ચ પ્રતિરોધક છે અને તેનું દળ ઘણા લાંબા સમય સુધી બદલાતું નથી.

વૈજ્ઞાનિકો દળ માટે નવા માનકની શોધમાં છે. આને માટે એવોગ્રેડો અચળાંકના ચોક્કસ માપન મારફતે પ્રયત્ન કરે છે. આ નવા માનક માટેનું કાર્ય પદાર્થના યોગ્ય રીતે વ્યાખ્યાયિત દળમાં રહેલા પરમાણુઓનું ચોક્કસ માપન છે. આમાંની એક પદ્ધતિ જેમાં ક્ષ-કિરણોનો ઉપયોગ કરીને અતિશુદ્ધ સિલિકોનના સ્ફટિકની પરમાણ્વીય ઘનતા નક્કી કરવાનું છે. આમાં 10^{6} ભાગમાં 1 ભાગ જેટલી ચોકસાઈ છે. આમ છતાં હજુ સુધી તેને માનક તરીકે સ્વીકારવામાં આવેલ નથી. આ ઉપરાંત અન્ય પદ્ધતિઓ પણ છે, પરંતુ તેમાંની એકેય Pt-Ir નળાકારનું સ્થાન લઈ શકે તેમ નથી. બેશક આ દશકામાં ફેરફારો અપેક્ષિત છે.

મીટર મૂળભૂત રીતે 0^{o} C (273.15 K) તાપમાને રાખેલ Pt-Ir સળિયા પરના બે ચિહ્નો વચ્ચેની લંબાઈ છે. 1960માં મીટરને ક્રિપ્ટોન લેઝરના ઉત્સર્જિત પ્રકાશની તરંગલંબાઈના 1.65076373×10^{6} ગણા તરીકે દર્શાવાયેલ. જો કે આ સંખ્યા ગૂંચવાડા ભરેલી લાગવાથી લંબાઈનો એકમ અગાઉ પ્રમાણે મીટર જ રાખેલ છે.

મીટરને 1983માં CGPM દ્વારા ફરીથી વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવેલા તે પ્રમાણે સેકન્ડના 1/299792458માં ભાગના સમયગાળા દરમિયાન શૂન્યાવકાશમાં પસાર થયેલા પ્રકાશની પથ લંબાઈ. લંબાઈ અને દળની જેમ અન્ય ભૌતિક રાશિઓના પણ સંદર્ભ માનક હોય છે.

1.4 માપનમાં અનિશ્ચિતતા (Uncertainty in Measurement)

રસાયણ વિજ્ઞાનમાં વ્યક્તિએ ઘણી વાર પ્રાયોગિક પરિણામો અને સૈદ્ધાંતિક ગણતરીઓ સાથે સંકળાવું પડે છે. સંખ્યાઓને અનુકૂળતા પ્રમાણે સ્વીકારવા માટે અર્થપૂર્ણ રસ્તાઓ છે અને તેથી પરિણામોને શક્ય તેટલી કક્ષાએ ચોકસાઈથી હકીકતરૂપે રજૂ કરી શકાય છે. આ વિચારોને નીચે પ્રમાણે વિગતવાર વર્ણવ્યા છે.

1.4.1 વૈજ્ઞાનિક સંકેત (Scientific Notations)

રસાયણવિજ્ઞાન ખૂબ મોટી સંખ્યા ધરાવતા અને અત્યંત ઓછું દળ ધરાવતા પરમાણુઓ તથા અણુઓ અંગેનો અભ્યાસ હોવાથી રસાયણવિજ્ઞાનીઓએ 2 ગ્રામ હાઈડ્રોજન વાયુમાં રહેલા 602, 200,000,000,000,000,000,000 અણુઓ જેટલી મોટી સંખ્યા તથા H પરમાણુનું વજન 0.00000000000000000000000166 ગ્રામ જેટલી નાની સંખ્યાઓ સાથે કામ પાર પાડવું પડે છે. આ જ પ્રમાણે બીજા અચળાંકો જેવાં કે પ્લાન્ક અચળાંક, પ્રકાશની ગતિ, કણો પરનો ભાર વગેરે. જેમાં ઉપર દર્શાવેલ માત્રા પ્રમાણેની સંખ્યાઓ હોય છે.

આટલા બધા શૂન્ય ગણવા અથવા લખવા ઘડીભર તો મશ્કરી જેવું લાગે પણ આવી સંખ્યા માટે સરવાળો, બાદબાકી, ગુણાકાર, ભાગાકાર જેવા સાદા ગાણિતીય કારકોનો ઉપયોગ ખરેખર પડકારરૂપ બને છે. જો તમારે આ પડકાર સ્વીકારવા માટે ઉપર પ્રમાણેની કોઈ પણ બે સંખ્યાઓનો ઉપયોગ કરી કોઈ પણ એક કારકને લાગુ પાડો તો તમને ખ્યાલ આવશે કે આવી સંખ્યાઓ સાથેની ગણતરી કેટલી મુશ્કેલ હોય છે.

આ સમસ્યાનું નિરાકરણ વૈજ્ઞાનિક સંકેતના ઉપયોગથી પ્રાપ્ત કરી શકાયેલ છે. એટલે કે ઘાતાંકીય સંકેતો જેમાં કોઈ પણ સંખ્યાને $N \cdot 10^{n}$ તરીકે દર્શાવી શકાય. જ્યાં n ધન કે ઋણ મૂલ્ય ધરાવતો ઘાતાંકીય (exponential) છે અને N (પદ આંકડાકીય) 1.000... અને 9.999... વચ્ચે બદલાય છે.

આમ આપણે 232.508ને વૈજ્ઞાનિક સંકેતમાં 2.32508×10^{2} તરીકે દર્શાવી શકીએ. એ નોંધવું જોઈએ કે દશાંશચિહ્ન ડાબી તરફ બે સ્થાન જે 10ના ઘાતાંક 2 બરાબર વૈજ્ઞાનિક સંકેતમાં છે.

તે જ પ્રમાણે 0.00016ને 1.6×10^{-4} તરીકે લખી શકાય. અહીંયા દશાંશચિહ્ન ચાર સ્થાન જમણી બાજુ ખસેડવાનું છે અને (–4) એ વૈજ્ઞાનિક સંકેતમાં ઘાતાંક છે.

હવે વૈજ્ઞાનિક સંકેતમાં દર્શાવેલ સંખ્યાઓ પર કોઈ પણ ગાણિતિક ક્રિયા કરતા પહેલા નીચેના મુદ્દાઓ ધ્યાનમાં રાખવાના હોય છે.

ગુણાકાર અને ભાગાકાર :

આ બે ક્રિયાઓ માટે ઘાતાંકીય સંખ્યા માટેના જે નિયમો છે તે જ લાગુ પડશે એટલે કે,

$$(5.6 \times 10^5) \times (6.9 \times 10^8) = (5.6 \times 6.9)\ (10^{5+8})$$
$$= (5.6 \times 6.9) \times 10^{13}$$
$$= 38.64 \times 10^{13}$$
$$= 3.864 \times 10^{14}$$

$$(9.8 \times 10^{-2}) \times (2.5 \times 10^{-6}) = (9.8 \times 2.5)(10^{-2+(-6)})$$
$$= 24.50 \times 10^{-8}$$
$$= 2.450 \times 10^{-7}$$

$$\frac{2.7 \times 10^{-3}}{5.5 \times 10^{-4}} = (2.7 \div 5.5)\ (10^{-3-4}) = 0.4909 \times 10^{-7}$$
$$= 4.909 \times 10^{-8}$$

સરવાળો અને બાદબાકી :

આ બન્ને ક્રિયાઓ માટે સંખ્યાઓને એવી રીતે લખવામાં આવે છે જેથી તેમના ઘાતાંક સરખા દર્શાવાય. ત્યારબાદ ગુણાંક (coefficient) ઉમેરવામાં કે બાદ (જરૂરિયાત પ્રમાણે) કરવામાં આવે છે.

આમ, 6.65×10^4 અને 8.95×10^3નો સરવાળો કરવા માટે 6.65×10^4 અને 0.895×10^4 લખી બંનેના ઘાતાંક (10^4) સરખા કરવામાં આવે છે. આથી આ સંખ્યાઓને નીચે પ્રમાણે ઉમેરી શકાય :

$$(6.65 + 0.895) \times 10^4 = 7.545 \times 10^4$$

તે જ પ્રમાણે બે સંખ્યાની બાદબાકી નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે કરી શકાય :

$$2.5 \times 10^{-2} - 4.8 \times 10^{-3}$$
$$= (2.5 \times 10^{-2}) - (0.48 \times 10^{-2})$$
$$= (2.5 - 0.48) \times 10^{-2} = 2.02 \times 10^{-2}$$

1.4.2 અર્થસૂચક (સાર્થક) અંકો (Significant Figures)

દરેક પ્રાયોગિક માપનમાં તેની સાથે કેટલાંક પ્રમાણમાં અનિશ્ચિતતા સંકળાયેલી હોય. તેમ છતાં પરિણામો હંમેશા ચોક્કસ અને પરિશુદ્ધ હોવા જોઈએ. જ્યારે આપણે માપનની વાત કરીએ છીએ ત્યારે ચોકસાઈ (accuracy) અને પરિશુદ્ધતા (precision)ના સંદર્ભમાં વિચારીએ છીએ.

પરિશુદ્ધિનો સંદર્ભ એક જ જથ્થાના જુદા જુદા માપન વચ્ચે નજીકપણા(closeness)નો હોય છે, જ્યારે **ચોકસાઈ** એ મળેલા પરિણામનું સાચા પરિણામ સાથેનું સહમતપણું (agreement) દર્શાવે છે. ઉદાહરણ તરીકે એક પરિણામનું સાચું મૂલ્ય 2.00 ગ્રામ છે અને કોઈ એક વિદ્યાર્થી 'A' બે માપન કરે છે અને તે 1.95 g અને 1.93 g છે. આ મૂલ્યો પરિશુદ્ધ છે, કારણ કે એકબીજાની ઘણા જ નજીક છે પણ તે ચોક્કસ નથી. બીજો વિદ્યાર્થી 'B' પ્રયોગ ફરીવાર કરે છે અને તે માપનમાં 1.94 g અને 2.05 g પરિણામો મેળવે છે. આ પરિણામો પરિશુદ્ધ પણ નથી અને ચોક્કસ પણ નથી. જ્યારે ત્રીજો વિદ્યાર્થી 'C' ફરી પ્રયોગ કરે છે અને બે પરિણામો 2.01 g અને 1.99 g રજૂ કરે છે. આ પરિણામો પરિશુદ્ધ અને ચોક્કસ એમ બન્ને છે. આને વધુ સ્પષ્ટતાથી કોષ્ટક 1.4માં આપેલ માહિતીથી વધારે સારી રીતે સમજી શકાશે.

કોષ્ટક 1.4 પરિશુદ્ધતા અને ચોકસાઈ દર્શાવતી માહિતી

માપન/g			
	1	2	સરેરાશ (g)
વિદ્યાર્થી A	1.95	1.93	1.940
વિદ્યાર્થી B	1.94	2.05	1.995
વિદ્યાર્થી C	2.01	1.99	2.000

પ્રાયોગિક કે ગણતરી કરેલ મૂલ્યોમાં રહેલી અનિશ્ચિતતાને અર્થસૂચક અંકોની સંખ્યા દ્વારા દર્શાવી કરી શકાય છે. **અર્થસૂચક અંક અર્થપૂર્ણ અંક** છે. જે ચોકસાઈપૂર્વક જ્ઞાત હોય છે. અનિશ્ચિતતાનો નિર્દેશ કેટલાક અંક લખીને કરવામાં આવે છે. જેમાં છેલ્લો અંક અનિશ્ચિત ગણાય છે. આમ, ધારો કે આપણે 11.2 mL લખીએ તો 11 નિશ્ચિત છે અને 2 અનિશ્ચિત છે અને છેલ્લા અંકની અનિશ્ચિતતા ±1 થશે. જો કોઈ રીતે નિવેદિત કરેલું હોય નહિ તો અનિશ્ચિતતા સામાન્ય રીતે છેલ્લા અંકમાં ±1 તરીકે સમજવામાં આવે છે.

અર્થસૂચક અંકના અંક નક્કી કરવા માટે કેટલાક નિયમો છે. આ નિયમો નીચે પ્રમાણે નિવેદિત કરવામાં આવ્યા છે :

(1) બધા જ શૂન્ય સિવાયના અંક અર્થસૂચક છે. ઉદાહરણ તરીકે 285 cm માં ત્રણેય અંક અર્થસૂચક છે અને 0.25 mL માં બે અર્થસૂચક અંકો છે.

(2) શૂન્ય સિવાયના અંકની આગળનો શૂન્ય અંક અર્થસૂચક હોતો નથી. આવા શૂન્ય માત્ર દશાંશચિહ્નનું સ્થાન દર્શાવે છે. આમ 0.03ને એક જ અર્થસૂચક અંક છે જ્યારે 0.0052ને બે અર્થસૂચક અંકો છે.

(3) શૂન્ય સિવાયના બે અંકોની વચ્ચેના શૂન્ય અંકો અર્થસૂચક છે. આમ, 2.005માં ચાર અર્થસૂચક અંકો છે.

(4) સંખ્યાની જમણી બાજુના છેડા પર શૂન્ય હોય તો તે અર્થસૂચક ગણાય છે, જો તે દશાંશચિહ્નની જમણી બાજુએ આવેલા હોય તો. ઉદાહરણ તરીકે 0.200 g માં ત્રણ અર્થસૂચક અંકો છે.

પરંતુ દશાંશચિહ્ન સિવાયની સંખ્યામાં જમણી બાજુ આવેલા શૂન્ય અર્થસૂચક નથી. ઉદાહરણ તરીકે 100માં એક જ અર્થસૂચક અંક છે.

(5) ચોક્કસ અંકને અનંત સંખ્યામાં અર્થસૂચક અંકો હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે 2 દડા અથવા 20 ઈંડાં. આમાં અર્થસૂચક અંક અનંત હોય છે. કારણ કે આ ચોક્કસ અંક છે અને તેમને અનંત અંક સુધી દર્શાવી શકાય. જેમ કે 2 = 2.000000 અથવા 20 = 20.000000

જ્યારે અંકને વૈજ્ઞાનિક સંકેત પદ્ધતિમાં લખવામાં આવે છે ત્યારે 1 અને 10ની વચ્ચેના અંકોની સંખ્યા અર્થસૂચક અંકની સંખ્યા આપે છે.

આમ, 4.01×10^2ને ત્રણ અર્થસૂચક અંકો અને 8.256×10^3ને ચાર અર્થસૂચક અંક છે.

અર્થસૂચક અંકનો સરવાળો અને બાદબાકી :

પરિણામોમાં મળતા અંકો બન્ને મૂળ અંકોથી દશાંશ-ચિહ્નની જમણી બાજુના અંક કરતાં વધારે હોઈ શકે નહિ.

$$\begin{array}{r} 12.11 \\ 18.0 \\ 1.012 \\ \hline 31.122 \\ \hline \end{array}$$

અહીંયા 18.0ને દશાંશચિહ્ન પછી એક જ અર્થસૂચક અંક છે અને તેથી પરિણામને દશાંશચિહ્નથી જમણી બાજુ એક અંક સુધી દર્શાવાય છે. તેથી 31.122ને 31.1 તરીકે દર્શાવવી પડે.

અર્થસૂચક અંકના ગુણાકાર અને ભાગાકાર :

આ બન્ને ક્રિયાઓમાં પણ પરિણામના અર્થસૂચક અંકને મૂળ સંખ્યાના અર્થસૂચક અંકથી વધારે અંકમાં દર્શાવી શકાય નહિ.

$2.5 \times 1.25 = 3.125$

2.5ને બે અર્થસૂચક અંક હોવાથી પરિણામને બે કરતાં વધારે અર્થસૂચક અંકથી દર્શાવાય નહિ. આથી 3.125ને બદલે 3.1 જ ગણાય.

ઉપર દર્શાવેલ ગાણિતીક ક્રિયાઓના ઉપયોગથી મળેલા પરિણામો સીમિત (limiting) રીતે દર્શાવવા માટે નીચેની બાબતો સંખ્યાના સંનિકટન (rounding off) માટે ધ્યાનમાં રાખવી જરૂરી છે.

(1) જો જમણી બાજુનો સૌથી છેલ્લો અંક 5 કરતાં વધારે હોય તો તેને દૂર કરી તેની આગળના અંકમાં 1નો વધારો કરવામાં આવે છે. જેમ કે, 1.386માં જો 6ને દૂર કરવો હોય તો આપણે સંનિકટન 1.39 કરવું પડે.

(2) જો જમણી બાજુનો અંક 5 કરતાં ઓછો હોય તો તેને દૂર કરવામાં આવે છે પણ તેની આગળના અંકમાં ફેરફાર થતો નથી. જેમકે 4.334. જો 4ને દૂર કરીએ તો સંનિકટન પરિણામ 4.33 થાય.

(3) જો જમણી બાજુનો સૌથી છેલ્લો અંક 5 હોય તથા તેની પહેલાનો અંક બેકી અંક હોય તો 5ને દૂર કરતાં આગળના અંકમાં ફેરફાર કરવામાં આવતો નથી, પરંતુ જો 5ની પહેલાનો અંક એકી હોય તો આગળનો અંક 1થી વધારવામાં આવે છે. ઉદાહરણ તરીકે 6.35ના છેલ્લા અંકનું સંનિકટન કરીએ તો આપણે 3ને બદલે 4 ગણવા પડે જેથી પરિણામ 6.4 ગણાય. પરંતુ જો 6.25નું સંનિકટન કરીએ તો 6.2 તરીકે ગણાય.

1.4.3 પરિમાણાત્મક પૃથક્કરણ (Dimensional Analysis)

ગણતરી કરતી વખતે ઘણી વખત એકમોને એક પદ્ધતિમાંથી બીજી પદ્ધતિમાં ફેરવવા પડે છે. આ કરવા માટે વપરાતી પદ્ધતિને **અવયવ ચિહ્નિત પદ્ધતિ** (factor label method) અથવા **એકમ અવયવ** (unit factor method) **પદ્ધતિ** અથવા **પરિમાણાત્મક પૃથક્કરણ** (dimensional analysis) કહે છે.

ઉદાહરણ :

ધાતુનો એક ટુકડો 3 ઈંચ (ઈંચને in વડે દર્શાવાય છે) લાંબો છે. તેની લંબાઈ cmમાં કેટલી હશે ?

આપણે જાણીએ છીએ કે 1 in = 2.54 cm.

આ સમતુલ્યતાને આધારે લખી શકાય કે

$$\frac{1\ \text{in}}{2.54\ \text{cm}} = 1 = \frac{2.54\ \text{cm}}{1\ \text{in}}$$

આમ, $\frac{1\ \text{in}}{2.54\ \text{cm}}$ બરાબર 1 થાય છે અને $\frac{2.54\ \text{cm}}{1\ \text{in}}$ બરાબર પણ 1 થશે.

આ બન્ને **એકમ અવયવો** કહેવાય છે. જો કોઈ સંખ્યાને આ એકમ અવયવ (એટલે કે 1) વડે ગુણીએ તો કોઈ અસર પડશે નહિ.

ધારો કે 3 inને એકમ અવયવ વડે ગુણવામાં આવે તો

$$3 \text{ in} = 3 \text{ in} \times \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 3 \times 2.54 \text{ cm}$$
$$= 7.62 \text{ cm}$$

હવે એકમ અવયવ કે જેના વડે ગુણાકાર કરવામાં આવશે તે એકમ અવયવ $\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}}$ (ઉપરની બાબતમાં) થશે. આથી ઇચ્છિત એકમ મળશે. એટલે કે અંશ ઇચ્છિત પરિણામમાં જરૂરી બનશે.

એ પણ નોંધવું જોઈએ કે ઉપરના ઉદાહરણમાં એકમોને બીજી સંખ્યાના ભાગ તરીકે લઈ શકાય, તેને રદ કરી શકાય, ભાગી શકાય, ગુણી શકાય વગેરે. આને માટે આપણે એક ઉદાહરણનો અભ્યાસ કરીએ.

ઉદાહરણ :

એક જગ(jug)માં 2 L દૂધ છે. દૂધનું કદ m^3માં ગણો.

$1 \text{ L} = 1000 \text{ cm}^3$ અને $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$

જેથી આપણને મળશે $\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 1 = \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$

ઉપરના એકમ અવયવોમાંના m^3માં મેળવવા માટે પ્રથમ એકમ અવયવ લેવો પડશે અને પછી તેનો ઘન કરવો પડશે.

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

હવે $2 \text{ L} = 2 \times 1000 \text{ cm}^3$

ઉપરનાને એકમ અવયવ વડે ગુણવામાં આવે છે.

$$2 \times 1000 \text{ cm}^3 = \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} = \frac{2 \text{ m}^3}{10^3}$$
$$= 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

ઉદાહરણ :

બે દિવસની સેકન્ડ કેટલી થાય ?

અહીંયા આપણે જાણીએ છીએ કે 1 દિવસ = 24 કલાક (h) અથવા

$$\frac{1 \text{ દિવસ}}{24 \text{ h}} = 1 = \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ દિવસ}}$$

હવે $1 \text{ h} = 60 \text{ min}$

અથવા $\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 1 = \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}$

આથી 2 દિવસને સેકન્ડમાં ફેરવતાં,

એટલે કે 2 દિવસ .... = ... સેકન્ડ

એકમ અવયવને એક જ તબક્કામાં શ્રેણીમાં ગુણાકાર કરતાં,

$$2 \text{ દિવસ} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ દિવસ}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}$$
$$= 2 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}$$
$$= 172800 \text{ s}$$

1.5 રાસાયણિક સંયોગીકરણના નિયમો (Laws of Chemical Combinations)

તત્ત્વોના સંયોગીકરણથી સંયોજનની રચના નીચે દર્શાવેલ પાયાના પાંચ નિયમોને આધીન છે :

ઍન્ટોની લેવોઝિયર
(1743—1794)

1.5.1 દળ સંચયનો નિયમ (Law of Conservation of Mass)

આ નિયમ નિવેદિત કરે છે કે, દ્રવ્યનું સર્જન કે વિનાશ થઈ શકતો નથી.

આ નિયમ 1789માં ઍન્ટોની લેવોઝિયરે (Antonie Lavoisier) રજૂ કર્યો હતો. ઉપરના તારણો પર પહોંચવા માટે તેમણે દહન પ્રક્રિયાઓનો કાળજીપૂર્વક પ્રાયોગિક અભ્યાસ કરેલો. આ નિયમ રસાયણવિજ્ઞાનમાં થયેલા કેટલાક પશ્ચાત્ વિકાસમાં પાયારૂપ બન્યો છે. આ નિયમ જ પ્રક્રિયકો અને નીપજોના ચોક્કસ દળના માપન અને લેવોઝિયરે કાળજીપૂર્વક કરેલા યોજનાબદ્ધ પ્રયોગોનું પરિણામ હતું.

1.5.2 નિશ્ચિત પ્રમાણનો નિયમ (Law of Definite Proportion)

આ નિયમ ફ્રેન્ચ રસાયણશાસ્ત્રી જૉસેફ પ્રાઉસ્ટ (Joseph Proust) દ્વારા રજૂ થયેલો. તેમણે નિવેદિત કર્યું કે, આપેલ સંયોજન હંમેશાં વજનથી સરખા પ્રમાણમાં તત્ત્વો ધરાવે છે.

જૉસેફ પ્રાઉસ્ટ
(1754—1826)

પ્રાઉસ્ટે કૉપર કાર્બોનેટના બે નમૂના સાથે કાર્ય કરેલું જેમાંનો એક કુદરતી સ્રોતમાંથી અને બીજો સાંશ્લેષિત હતો. અને નોંધ્યું કે નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે બન્ને નમૂનામાં રહેલા તત્ત્વોનું સંઘટન (composition) સરખું છે.

	કૉપરના %	ઑક્સિજનના %	કાર્બનના %
કુદરતી નમૂનો	51.35	9.74	38.91
સાંશ્લેષિત નમૂનો	51.35	9.74	38.91

આમ સ્રોત ગમે તે પ્રકારનો હોવા છતાં પણ આપેલ સંયોજનમાં સમાન તત્ત્વો સરખા પ્રમાણમાં રહેલા હોય છે. આ નિયમનું વાજબીપણું જુદા જુદા પ્રયોગોથી સાબિત થયેલું છે. કેટલીક વખત તે **નિશ્ચિત સંઘટનના નિયમ** તરીકે દર્શાવાય છે.

1.5.3 ગુણક પ્રમાણનો નિયમ (Law of Multiple Proportion)

આ નિયમ ડાલ્ટને (Dalton) 1803માં રજૂ કર્યો હતો. આ નિયમ પ્રમાણે, જ્યારે બે તત્ત્વો સંયોજાઈને એક કરતાં વધારે સંયોજનો બનાવે છે ત્યારે એક તત્ત્વના દળ, બીજા તત્ત્વના સંયોજાતા નિશ્ચિત (fixed) દળ સાથે જોડાય છે તે નાની પૂર્ણાંક સંખ્યાના ગુણોત્તરમાં હોય છે.

ઉદાહરણ તરીકે હાઇડ્રોજન ઑક્સિજન સાથે સંયોજાઈને બે સંયોજનો પાણી અને હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ બનાવે છે.

હાઇડ્રોજન + ઑક્સિજન $\rightarrow$ પાણી

2 g   16 g   18 g

હાઇડ્રોજન + ઑક્સિજન $\rightarrow$ હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ

2 g   32 g   34 g

અહીંયા ઑક્સિજનના દળ (16 g અને 32 g) જે હાઇડ્રોજનના નિશ્ચિત દળ (2 g) સાથે સંયોજાય છે, તે સાદો ગુણોત્તર દર્શાવે છે. એટલે કે 16 : 32 અથવા 1 : 2.

1.5.4 ગૅ લ્યુસેકનો વાયુમય કદનો નિયમ (Gay Lussac's Law of Gaseous Volumes)

આ નિયમ ગૅ લ્યુસેકે (Gay Lussac) 1808માં રજૂ કર્યો હતો. તેણે અવલોકન કર્યું કે જ્યારે રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં વાયુઓ સંયોજાય છે અથવા ઉત્પન્ન થાય છે ત્યારે જો વાયુઓ સમાન તાપમાને અને દબાણે હોય તો તેમના કદ સાદો ગુણોત્તર દર્શાવે છે.

જોસેફ લુઇસ ગૅ લ્યુસેક

આમ, 100 mL હાઇડ્રોજન 50 mL ઑક્સિજન સાથે સંયોજાય તો 100 mL પાણીની બાષ્પ મળે છે.

હાઇડ્રોજન + ઑક્સિજન $\rightarrow$ પાણી (બાષ્પ)

100 mL   50 mL   100 mL

આમ હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનના કદ (100 mL અને 50 mL) જ્યારે સંયોજાય છે, ત્યારે તેમના કદનો સાદો ગુણોત્તર 2 : 1 હોય છે.

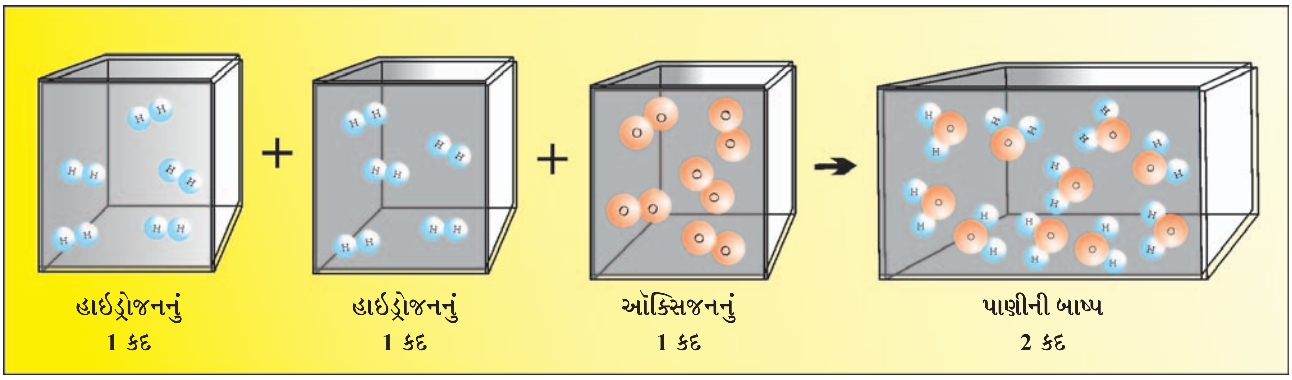
ગૅ લ્યુસેકનો કદના સંયોજાવાના સંબંધમાં પૂર્ણાંક ગુણોત્તર હકીકતમાં કદથી નિશ્ચિત પ્રમાણનો નિયમ છે. અગાઉ સમજાવેલ નિશ્ચિત પ્રમાણનો નિયમ દળના અનુસંધાનમાં હતો. ગૅ લ્યુસેકના નિયમને યોગ્ય રીતે ઍવોગેડ્રોના કાર્યોના આધારે 1811માં સમજાવવામાં આવ્યો હતો.

1.5.5 ઍવોગેડ્રો નિયમ (Avogadro Law)

લૉરેન્ઝો રોમેનો એમિડો કાર્લો ઍવોગેડ્રો એડીકાર્લો (1776-1856)

ઍવોગેડ્રોએ 1811માં સૂચવ્યું કે સમાન તાપમાને અને દબાણે વાયુઓના સમાન કદ, સમાન સંખ્યામાં અણુઓ ધરાવે છે. ઍવોગેડ્રોએ **પરમાણુ** અને **અણુ** વચ્ચે ભેદ સમજાવ્યો, જે હાલના સમયમાં સ્પષ્ટ સમજી શકાય તેમ છે. આપણે હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનના સંયોજાવાથી પાણી બનવાની પ્રક્રિયાનો ફરી વિચાર કરીએ તો કહી શકાય કે હાઇડ્રોજનના બે કદ ઑક્સિજનના એક કદ સાથે સંયોજાય છે અને બે કદ પાણી મળે છે અને પ્રક્રિયા પામ્યા વિનાનો ઑક્સિજન રહેતો નથી.

એ નોંધો કે આકૃતિ 1.9માં દર્શાવેલ દરેક પેટીમાં અણુની સંખ્યા સરખી છે. ખરેખર ઍવોગેડ્રો ઉપરના પરિણામોને અણુ **બહુપરમાણ્વીય** હોય છે, તેમ સ્વીકારીને સમજાવી શક્યા હોત, જો હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનને **દ્વિપરમાણ્વીય** ગણ્યા હોત. જેમ હાલના સમયમાં સ્વીકારાયેલ છે, તો ઉપરોક્ત પરિણામો સરળતાથી સમજી શકાય, પરંતુ તે સમયે ડાલ્ટન અને અન્ય વૈજ્ઞાનિકો માનતા હતા કે એક જ પ્રકારના પરમાણુઓ એકબીજા



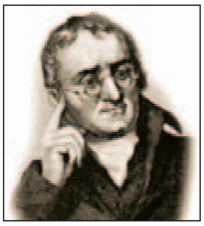
આકૃતિ 1.9 હાઇડ્રોજનના બે કદ ઑક્સિજનના એક કદ જોડાઈ બે કદ પાણીની બાષ્પ આપે છે.

સાથે સંયોજાઈ શકે નહિ અને હાઇડ્રોજન કે ઑક્સિજનના બે પરમાણુ ધરાવતો અણુ સંભવી શકે નહિ. ઍવોગેડ્રોની દરખાસ્ત ફ્રેન્ચ **Journal de Physidue**માં પ્રકાશિત થયેલી અને તે સાચી હોવા છતાં પણ તેને ખાસ ટેકો મળ્યો ન હતો.

ત્યારબાદ આશરે 50 વર્ષ પછી 1860માં જર્મનીના કર્લશ્રુહે (Karlshruhe)માં મળેલી રસાયણવિજ્ઞાનની પ્રથમ આંતરરાષ્ટ્રીય કોન્ફરન્સની સભાએ કેટલાક ઠરાવો કર્યા હતા. આ સભામાં સ્ટેનીસલાઓ કેનિઝારો (Stanislao Cannizaro)એ રાસાયણિક તત્ત્વજ્ઞાનના અભ્યાસનો એક સ્કેચ રજૂ કર્યો હતો, જેથી ઍવોગેડ્રોના કાર્યની અગત્યને મહત્ત્વ અપાયું.

1.6 ડાલ્ટનનો પરમાણ્વીય સિદ્ધાંત (Dalton's Atomic Theory)

દ્રવ્ય નાના અવિભાજ્ય કણો a-tomio (જેનો અર્થ થાય છે કે અવિભાજ્ય)નું પગેરું ગ્રીક તત્ત્વજ્ઞાની ડેમોક્રિટસ (Democritus) (ઈ.પૂ. 460-370) સુધી જાય છે. અને આ કેટલાક પ્રાયોગિક અભ્યાસના પરિણામ સ્વરૂપે ફરી પ્રગટ થયું જે ઉપરના નિયમો તરફ દોરી ગયું.



જ્હૉન ડાલ્ટન
(1776—1884)

1808માં ડાલ્ટને 'A New System of Chemical Philosophy' (રાસાયણિક તત્ત્વજ્ઞાનની નવી પદ્ધતિ) પ્રકાશિત કરેલ. જેમાં નીચે પ્રમાણેની રજૂઆત કરવામાં આવી હતી :

1. દ્રવ્ય અવિભાજ્ય પરમાણુઓનું બનેલું છે.
2. આપેલ તત્ત્વના બધા જ પરમાણુઓ સમાન ગુણધર્મ ધરાવે છે, જેમાં સમાન દળનો પણ સમાવેશ થાય છે. જુદા જુદા તત્ત્વોના પરમાણુઓના દળ જુદા જુદા હોય છે.
3. જ્યારે જુદા જુદા તત્ત્વોના પરમાણુઓ કોઈ નિશ્ચિત પ્રમાણમાં (ગુણોત્તરમાં) જોડાય છે ત્યારે સંયોજન બને છે.
4. રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં પરમાણુઓની ફેરગોઠવણીનો સમાવેશ થાય છે. તેને રાસાયણિક પ્રક્રિયા દરમિયાન ઉત્પન્ન કરી શકાતો નથી અથવા નાશ કરી શકાતો નથી.

ડાલ્ટનનો સિદ્ધાંત રાસાયણિક સંયોજન (સંયોગીકરણ)ના નિયમો સમજાવી શક્યો છે.

1.7 પરમાણ્વીય અને આણ્વીયદળ (Atomic and Molecular Masses)

પરમાણુ અને અણુ વિશે કાંઈક ખ્યાલ આવ્યા પછી એ અહીંયા એ યોગ્ય છે કે આપણે પરમાણ્વીય અને આણ્વીય દળો એટલે શું તે સમજીએ.

1.7.1 પરમાણ્વીયદળ (Atomic Mass)

પરમાણ્વીયદળ અથવા પરમાણુનું દળ હકીકતમાં ઘણું ઓછું હોય છે. કારણ કે પરમાણુ અતિ નાના હોય છે. હાલમાં આપણે ખૂબ જ આધુનિક પદ્ધતિ દા.ત., દળ સ્પેક્ટ્રોમિતિ, જેના ઉપયોગથી વધુ ચોકસાઈથી પરમાણ્વીયદળ નક્કી કરી શકીએ છીએ, પરંતુ ઓગણીસમી સદીમાં વૈજ્ઞાનિકો એક પરમાણુનું દળ બીજા પરમાણુની સાપેક્ષમાં પ્રાયોગિક રીતે અગાઉ દર્શાવ્યા પ્રમાણે નક્કી કરી શક્યા હતા. હાઇડ્રોજન જે સૌથી હલકો પરમાણુ છે તેનું અડસટ્ટે દળ 1 ગણવામાં આવ્યું. (કોઈ પણ એકમ વગર) અને બીજા પરમાણુના દળ તેની **સાપેક્ષમાં** દર્શાવવામાં આવ્યા હતા. પરમાણ્વીયદળની હાલની પદ્ધતિમાં કાર્બન-12ને પ્રમાણિત ગણી તેના આધારે અન્યના દળ દર્શાવાય છે. આ માટેની સંમતિ 1961માં સધાઈ હતી. કાર્બન-12 કાર્બનનો એક સમસ્થાનિક છે, જેને ^{12}C તરીકે દર્શાવાય છે. આ પદ્ધતિમાં ^{12}Cનું દળ 12 પરમાણ્વીયદળ એકમ (atomic mass unit - **amu**) નક્કી કરવામાં આવ્યું અને બીજા બધા જ પરમાણુના દળ આની સાપેક્ષમાં નક્કી કરવામાં આવેલ છે. એક **પરમાણ્વીયદળ એકમ** (amu)ની વ્યાખ્યા આ રીતે આપી શકાય છે તે કાર્બન-12 પરમાણુના દળના $\frac{1}{12}$ અંશ (ભાગ) જેટલો છે.

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

હાઇડ્રોજન પરમાણુનું દળ $= 1.6736 \times 10^{-24}$ g

આથી હાઇડ્રોજનનું amu એકમમાં દળ

$$= \frac{1.6736 \times 10^{-24}}{1.66056 \times 10^{-24}}$$

$$= 1.0078 \text{ amu}$$

$$\approx 1.0080 \text{ amu}$$

તે જ પ્રમાણે ઑક્સિજન-16નું (^{16}O) દળ 15.995 amu થશે.

હાલમાં **amu**ના સ્થાને **u** લખાય છે. જેને **એકીકૃત દળ** (unified mass) કહે છે.

આપણે જ્યારે ગણતરીમાં તત્ત્વના પરમાણ્વીયદળ લઈએ ત્યારે ખરેખર તત્ત્વના સરેરાશ પરમાણ્વીયદળ લઈએ છીએ જે નીચે પ્રમાણે સમજાવેલ છે.

1.7.2 સરેરાશ પરમાણ્વીયદળ (Average Atomic Mass)

કુદરતી રીતે મળતા ઘણા તત્ત્વો એક કરતાં વધારે સમસ્થાનિક ધરાવતા હોય છે, જ્યારે આપણે આ સમસ્થાનિકોનું

અસ્તિત્વ અને તેમની સાપેક્ષ પ્રચુરતા (ટકામાં પ્રમાણ) ધ્યાનમાં લઈએ તો તેના પરથી તત્ત્વનું સરેરાશ પરમાણ્વીયદળ ગણી શકીએ. ઉદાહરણ તરીકે લઈએ તો કાર્બન ત્રણ સમસ્થાનિક ધરાવે છે. તેમના દળ અને તેમની સાપેક્ષ પ્રચુરતા તે દરેકની સામે નીચેના કોષ્ટકમાં દર્શાવેલ છે :

સમસ્થાનિક	સાપેક્ષ પ્રચુરતા (%)	પરમાણ્વીયદળ (amu)
^{12}C	98.892	12
^{13}C	1.108	13.00335
^{14}C	2×10^{-10}	14.00317

ઉપરની માહિતી પરથી કાર્બનનું સરેરાશ પરમાણ્વીયદળ નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે મળશે :

$$(0.98892)\,(12\ u) + (0.01108)\,(13.00335\ u) + (2 \times 10^{-12})\,(14.00317\ u) = 12.011\ u$$

આ જ પ્રમાણે બીજા તત્ત્વોના સરેરાશ પરમાણ્વીયદળની ગણતરી કરી શકીએ. તત્ત્વોના આવર્તકોષ્ટકમાં જુદા જુદા તત્ત્વોના દર્શાવેલ પરમાણ્વીયદળ ખરેખર સરેરાશ પરમાણ્વીયદળ જ છે.

1.7.3 આણ્વીયદળ (Molecular Mass)

આણ્વીયદળ એક અણુમાં રહેલા બધા જ તત્ત્વોના પરમાણ્વીય- દળના સરવાળા બરાબર હોય છે. તે દરેક તત્ત્વના પરમાણ્વીયદળ અને દરેક પરમાણુની સંખ્યાનો ગુણાકાર કરીને તે બધાનો સરવાળો કરી મેળવી શકાય છે. ઉદાહરણ તરીકે મિથેનનું આણ્વીયદળ ગણતાં મિથેન જેમાં એક કાર્બન પરમાણુ અને ચાર હાઈડ્રોજન પરમાણુ છે. તેના પરથી નીચે મુજબ મેળવી શકાય છે.

મિથેનનું આણ્વીયદળ :

$$(CH_4) = (12.011\ u) + 4(1.008\ u)$$
$$= 16.043\ u$$

તે જ પ્રમાણે પાણી (H_2O)નું આણ્વીયદળ

= 2 × હાઇડ્રોજનનું પરમાણ્વીયદળ + 1 × ઑક્સિજનનું પરમાણ્વીયદળ

$$= 2 \times (1.008\ u) + 16.00\ u$$
$$= 18.02\ u$$

કોયડો 1.1

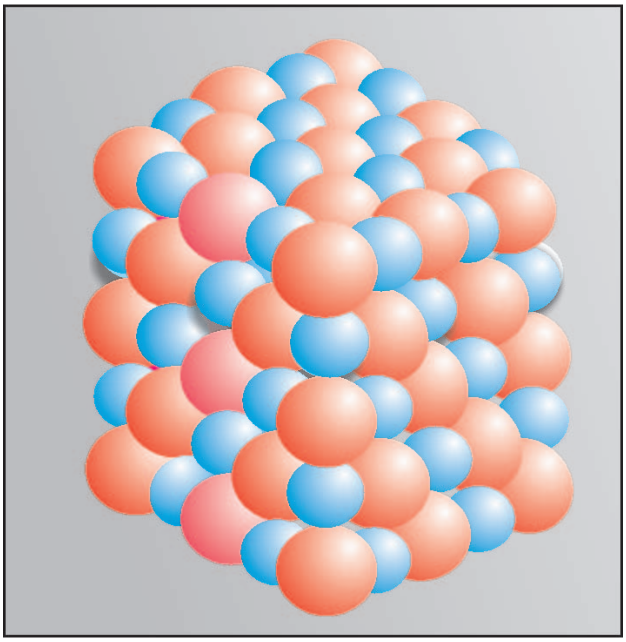
ગ્લુકોઝ ($C_6H_{12}O_6$) અણુનું આણ્વીયદળ ગણો.

ઉકેલ : ગ્લુકોઝ ($C_6H_{12}O_6$) અણુનું આણ્વીયદળ

$$= 6(12.011\ u) + 12(1.008\ u) + 6(16.00\ u)$$
$$= 72.066\ u + 12.096\ u + 96.00\ u$$
$$= 180.162\ u$$

1.7.4 સૂત્રદળ (Formula Mass)

કેટલાક પદાર્થો જેવાં કે સોડિયમ ક્લોરાઇડ તેમના બંધારણીય એકમ તરીકે સ્વતંત્ર અણુ ધરાવતા નથી. આવા સંયોજનોમાં ધન (સોડિયમ) અને ઋણ(ક્લોરાઇડ) સ્પીસિઝ આકૃતિ 1.10માં દર્શાવ્યા મુજબ ત્રિપરિમાણીય રચનામાં ગોઠવાયેલા છે.



આકૃતિ 1.10 સોડિયમ ક્લોરાઇડમાં Na^+ અને Cl^- આયનોનું પૅકિંગ

એ નોંધવું જોઈએ કે સોડિયમ ક્લોરાઇડમાં દરેક Na^+, 6 Cl^- વડે ઘેરાયેલ હોય છે અને દરેક Cl^-, 6 Na^+ વડે ઘેરાયેલ હોય છે.

NaClનું સૂત્ર તેનું સૂત્રદળ ગણવા માટે વપરાય છે. આણ્વીયદળ ગણતરીને બદલે **સૂત્રદળ** ગણવામાં આવે છે. કારણ કે ઘન સ્થિતિમાં સોડિયમ ક્લોરાઇડ એકાકી સ્પીસિઝ તરીકે હોતું નથી.

આથી સોડિયમ ક્લોરાઇડનું સૂત્રદળ = સોડિયમનું પરમાણ્વીયદળ + ક્લોરિનનું પરમાણ્વીયદળ

$$= 23.0\ u + 35.5\ u = 58.5\ u$$

1.8 મોલ સંકલ્પના અને મોલરદળ (Mole Concept and Molar Mass)

પરમાણુઓ અને અણુઓ કદમાં અતિ સૂક્ષ્મ છે અને કોઈ પણ પદાર્થના નાના જથ્થામાં પણ તેમની સંખ્યા ઘણી જ વધારે હોય છે. આવી વિશાળ સંખ્યા માટે તેની માત્રા જેવો કોઈ સમાન એકમ જરૂરી બને છે.

આપણે એક ડઝન એટલે 12 નંગ, એક કોડી એટલે 20 નંગ અને એક ગ્રોસ એટલે 144 નંગ એમ દર્શાવીએ છીએ. સૂક્ષ્મ સ્તરે સ્પીસિઝ (પરમાણુઓ / અણુઓ / કણો /ઇલેક્ટ્રૉન / આયનો વગેરે)ને ગણવા માટે મોલ સંકલ્પનાનો ઉપયોગ કરીએ છીએ.

SI પદ્ધતિમાં **મોલ**(Mole) (સંજ્ઞા તરીકે mol)ને પદાર્થના જથ્થા માટેની પાયાની સાતમી રાશિ દાખલ કરવામાં આવી. **એક મોલ એટલે પદાર્થનો એટલો જથ્થો કે જે 12 g (અથવા 0.012 kg) ^{12}C સમસ્થાનિકમાં રહેલા પરમાણુઓ અથવા સ્પીસિઝ ધરાવે છે.** એના પર ખાસ ભાર મૂકીએ કે પદાર્થનો એક મોલ એટલે કોઈ પણ પદાર્થમાં રહેલા પછી તે ગમે તે હોય તો પણ સરખી સંખ્યામાં સ્પીસિઝ ધરાવે છે. ખૂબ જ પરિશુદ્ધતાથી આ સંખ્યા નક્કી કરવા માટે દળ સ્પૅક્ટ્રોમીટરની મદદથી કાર્બન-12 પરમાણુનું દળ નક્કી કરવામાં આવ્યું હતું અને તેનું મૂલ્ય 1.992648×10^{-23} g હતું. આપણે જાણીએ છીએ કે એક મોલ કાર્બનનું વજન 12 g છે. આથી તેમાં રહેલા પરમાણુની સંખ્યા નીચે પ્રમાણે થશે :

$$\frac{12\ \text{g/mol}\ ^{12}\text{C}}{1.992648 \times 10^{-23}\ \text{g}\ ^{12}\text{C પરમાણુ}}$$

$= 6.0221367 \times 10^{23}$ પરમાણુઓ/મોલ

એક મોલમાં રહેલી સ્પીસિઝની સંખ્યા એટલી અગત્યની હતી કે તેને અલગ નામ અને સંજ્ઞા આપવામાં આવ્યા. વૈજ્ઞાનિક એમિડો ઍવોગેડ્રોના સન્માનરૂપે તે **ઍવોગેડ્રો અચળાંક** તરીકે ઓળખાય છે અને N_A સંજ્ઞાથી દર્શાવાય છે. આ અંકની બૃહદતા(largeness)ની કદર કરવા માટે આપણે તેને દસના ઘાતાંકમાં લખવાને બદલે બધા જ શૂન્ય સાથે લખીએ તો,

602213670000000000000000

આમ, કોઈ પણ પદાર્થની આટલી મોટી સંખ્યામાં સ્પીસિઝ (પરમાણુ/અણુ અથવા બીજા કોઈ પણ કણો) તે પદાર્થનો એક મોલ કહેવાય છે.

આથી આપણે કહી શકીએ કે એક મોલ હાઇડ્રોજન પરમાણુ એટલે 6.022×10^{23} હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ.

એક મોલ પાણીના અણુ = 6.022×10^{23} પાણીના અણુઓ.

આકૃતિ 1.11 જુદા જુદા પદાર્થોના એક મોલ

1 મોલ સોડિયમ ક્લોરાઇડ = 6.022×10^{23} સોડિયમ ક્લોરાઇડના સૂત્ર એકમો

મોલની વ્યાખ્યા આપ્યા પછી કોઈ પણ પદાર્થના અથવા તેના ઘટક સ્પીસિઝનું 1 મોલ દળ જાણવું સરળ બન્યું છે. **પદાર્થના 1 મોલનું ગ્રામમાં દર્શાવેલ દળ તેનું મોલર દળ કહેવાય છે.** ગ્રામમાં મોલર દળ સંખ્યાની દૃષ્ટિએ પરમાણ્વીય/આણ્વીય/સૂત્રદળ (u એકમમાં) જેટલું થાય છે.

પાણીનું મોલર દળ = 18.02 g mol^{-1} અને સોડિયમ ક્લોરાઇડનું મોલર દળ = 58.5 g mol^{-1}

1.9 બંધારણીય (સંઘટનીય) ટકાવારી (Percentage Composition)

હજી સુધી આપણે આપેલ નમૂનામાં હાજર સ્પીસિઝની સંખ્યા સાથે સંકળાયેલ હતા. પરંતુ ઘણી વખત સંયોજનમાં રહેલા તત્ત્વોના ટકા પણ જાણવા જરૂરી બને છે. ધારો કે તમને કોઈ નવું અથવા અજ્ઞાત સંયોજન આપવામાં આવેલ છે. તો તમે પ્રથમ પ્રશ્નો પૂછશો કે તેનું સૂત્ર શું છે ? અને તેના ઘટકો શું છે ? અને કયા પ્રમાણમાં તે પદાર્થમાં રહેલાં છે ? જ્ઞાત સંયોજન માટે પણ આવી માહિતી વડે શુદ્ધ નમૂનામાં રહેલા તત્ત્વોની ટકાવારી ગણતરી પ્રમાણેની છે કે નહિ તેને તપાસી શકીએ છીએ. બીજા શબ્દોમાં, પ્રાપ્ત માહિતીના પૃથક્કરણ પરથી આપેલ નમૂનાની શુદ્ધતા પારખી શકીએ છીએ.

આ સમજવા માટે આપેલા પાણી(H_2O)નાં નમૂનાનું ઉદાહરણ લઈએ. પાણીમાં હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન બે જ તત્ત્વો રહેલા હોવાથી તેમનું ટકાવારી પ્રમાણ નીચે પ્રમાણે ગણી શકીએ :

$$\text{તત્ત્વની દળ ટકાવારી} = \frac{\text{સંયોજનમાં તે તત્ત્વનું દળ}}{\text{સંયોજનનું મોલર દળ}} \times 100$$

પાણીનું મોલર દળ = 18.02 g

હાઈડ્રોજનનું દળ % $= \frac{2 \times 1.008}{18.02} \times 100$

$= 11.18$

ઑક્સિજનનું દળ % $= \frac{16.00}{18.02} \times 100$

$= 88.79$

આપણે એક વધુ ઉદાહરણ લઈએ. ઈથેનોલમાં કાર્બન, હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજનના કેટલા ટકા છે ?

ઈથેનોલનું આણ્વીય સૂત્ર : C_2H_5OH

ઈથેનોલનું મોલર દળ

$= (2 \times 12.01 + 6 \times 1.008 + 16.00)$ g

$= 46.068$ g

કાર્બનનું દળ % $= \frac{24.02 \text{ g}}{46.068 \text{ g}} \times 100$

$= 52.14$ %

હાઈડ્રોજનનું દળ % $= \frac{6.048 \text{ g}}{46.068 \text{ g}} \times 100$

$= 13.13$ %

ઑક્સિજનનું દળ % $= \frac{16.00 \text{ g}}{46.068 \text{ g}} \times 100$

$= 34.73$ %

દળ ટકાવારીની ગણતરી કરવાની સમજણ પડ્યા પછી હવે આપણે આ દળ ટકાવારીની ગણતરી પરથી કઈ માહિતી મેળવી શકીએ તે જોઈએ.

1.9.1 આણ્વીય સૂત્ર માટે પ્રમાણસૂચક સૂત્ર (Empirical Formula for Molecular Formula)

પ્રમાણસૂચક સૂત્ર સંયોજનમાં રહેલા જુદા જુદા પરમાણુઓની પૂર્ણ સંખ્યાનો સરળ ગુણોત્તર દર્શાવે છે, જ્યારે **આણ્વીય સૂત્ર** સંયોજનના અણુમાં રહેલા જુદા જુદા પ્રકારના પરમાણુઓની ચોક્કસ સંખ્યા દર્શાવે છે.

જો સંયોજનમાં રહેલા જુદા જુદા તત્ત્વોની દળ ટકાવારી જાણતા હોઈએ તો તેનું પ્રમાણસૂચક સૂત્ર નક્કી કરી શકીએ છીએ. જો મોલર દળ જ્ઞાત હોય તો આણ્વીય સૂત્ર પણ મેળવી શકીએ છીએ. નીચેનું ઉદાહરણ તેની સમજણ આપે છે.

કોયડો 1.2

એક સંયોજન 4.07 % હાઈડ્રોજન, 24.47 % કાર્બન અને 71.65 % ક્લોરિન ધરાવે છે. તેનું મોલર દળ 98.96 g છે. તેના પ્રમાણસૂચક અને આણ્વીય સૂત્રો શું હશે ?

ઉકેલ :

સોપાન-1 : દળ ટકાને ગ્રામમાં ફેરવવા :

આપણને ટકાવારી પ્રાપ્ય છે તો શરૂઆતથી 100 g નમૂનો લેવો વધુ અનુકૂળ પડશે. આમ ઉપરના સંયોજનના 100 ગ્રામ નમૂનામાં 4.07 g હાઈડ્રોજન હાજર છે, 24.27 g કાર્બન હાજર છે અને 71.65 g ક્લોરિન હાજર છે.

સોપાન-2 : દરેક તત્ત્વને મોલ સંખ્યામાં ફેરવો :

ઉપર મળેલા જુદા જુદા તત્ત્વોના દળને તેને અનુવર્તી પરમાણ્વીય દળ વડે ભાગીને તત્ત્વના મોલમાં ફેરવો.

હાઈડ્રોજનના મોલ $= \frac{4.07 \text{ g}}{1.008 \text{ g}} = 4.04$

કાર્બનના મોલ $= \frac{24.27 \text{ g}}{12.01 \text{ g}} = 2.021$

ક્લોરિનના મોલ $= \frac{71.65 \text{ g}}{35.453 \text{ g}} = 2.021$

સોપાન-3 : ઉપરની ગણતરીમાં મળેલ મોલની સંખ્યાનો સૌથી નાની સંખ્યા વડે ભાગાકાર કરો.

અહીં સૌથી નાની કિંમત 2.021 છે તેથી તેના વડે ભાગાકાર કરતાં તે H : C : Cl માટે 2 : 1 : 1 ગુણોત્તર આવશે.

જો આ ગુણોત્તર પૂર્ણાંક ના હોય તો કોઈ યોગ્ય ગુણાંક વડે ગુણીને પૂર્ણ સંખ્યામાં ફેરવો.

સોપાન-4 : દરેક તત્ત્વની સંજ્ઞા લખી તેને અનુરૂપ સંખ્યા લખી પ્રમાણસૂચક સૂત્ર લખો.

આમ, CH_2Cl ઉપરના સંયોજનનું પ્રમાણસૂચક સૂત્ર થશે.

સોપાન-5 : આણ્વીય સૂત્ર લખવું.

(a) પ્રમાણસૂચક સૂત્રનું દળ નક્કી કરો. પ્રમાણસૂચક સૂત્રમાં હાજર રહેલા જુદા જુદા પરમાણુઓના પરમાણ્વીયદળનો સરવાળો કરો.

CH_2Cl માટે પ્રમાણસૂચક સૂત્ર પ્રમાણે દળ

$12.01 + 2 \times 1.008 + 35.453$

$= 49.48$ g થશે.

(b) મોલર દળને પ્રમાણસૂચક દળ વડે ભાગો :

$$\frac{\text{મોલર દળ}}{\text{પ્રમાણસૂચક દળ}} = \frac{98.96 \text{ g}}{49.48 \text{ g}}$$

$= 2 = (n)$

(c) પ્રમાણસૂચક સૂત્રને ઉપર પ્રમાણે મેળવેલ n વડે ગુણો જેથી આણ્વીય સૂત્ર મળશે.

પ્રમાણસૂચક સૂત્ર $= CH_2Cl$, $n = 2$

$\therefore$ આણ્વીય સૂત્ર $= C_2H_4Cl_2$ થશે.

1.10 તત્ત્વયોગમિતિ અને તત્ત્વયોગમિતિય ગણતરીઓ (Stoichiometry and Stoichiometric Calculations)

Stoichiometry (તત્ત્વયોગમિતિ) શબ્દ બે ગ્રીક શબ્દો પરથી લેવામાં આવેલ છે : Stoichion (અર્થ છે તત્ત્વ) અને metron (અર્થ છે માપન). આમ, તત્ત્વયોગમિતિ રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં સમાવિષ્ટ પ્રક્રિયકો અને નીપજોના દળની ગણતરી (કેટલીક વખત કદ) સાથે સંકળાયેલ છે. રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં જરૂરી પ્રક્રિયકોના જથ્થાની કે પ્રાપ્ત થતી નીપજોના જથ્થાની ગણતરી કેવી રીતે થાય તેની સમજૂતી મેળવીએ તે પહેલા આપણે આપેલ પ્રક્રિયાના સમતોલિત રાસાયણિક સમીકરણ પરથી શું માહિતી પ્રાપ્ત કરી શકીએ છીએ તેનો અભ્યાસ કરીએ. આપણે મિથેનના દહનને ગણતરીમાં લઈએ. આ પ્રક્રિયા માટે સમતોલિત સમીકરણ નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય :

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2\,H_2O(g)$$

રાસાયણિક સમીકરણનું સમતોલન

દળસંચયના નિયમ પ્રમાણે કોઈ સમતોલિત રાસાયણિક સમીકરણમાં દરેક તત્ત્વના પરમાણુઓની સંખ્યા સમીકરણની બન્ને બાજુએ સરખી હોવી જોઈએ. પ્રયત્ન અને ભૂલ પદ્ધતિને આધારે ઘણા રાસાયણિક સમીકરણોને સમતોલિત કરી શકાય છે. આપણે કેટલીક ધાતુઓ અને અધાતુઓની ઑક્સિજન સાથેની પ્રક્રિયાઓ લઈએ કે જે ઑક્સાઇડ આપે છે.

$4\,Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)$ (a) સમતોલિત સમીકરણ

$2\,Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$ (b) સમતોલિત સમીકરણ

$P_4(s) + O_2(g) \rightarrow P_4O_{10}(s)$ (c) અસમતોલિત સમીકરણ

સમીકરણ (a) અને (b) સમતોલિત છે, કારણ કે સમીકરણની બન્ને બાજુએ ધાતુ અને ઑક્સિજન પરમાણુની સંખ્યા સરખી છે. જ્યારે સમીકરણ (c) સમતોલિત નથી. આ સમીકરણ ફૉસ્ફરસ પરમાણુથી સમતોલિત છે પણ ઑક્સિજન પરમાણુથી સમતોલિત નથી. તેને સમતોલ કરવા માટે આપણે સમીકરણની ડાબી બાજુએ ઑક્સિજનના ગુણાંક તરીકે 5 મૂકવા પડશે. કારણ કે સમીકરણની જમણી બાજુએ તેટલા રહેલા છે.

$P_4(s) + 5O_2(g) \rightarrow P_4O_{10}(s)$ સમતોલિત સમીકરણ

હવે, આપણે પ્રોપેન C_3H_8ની દહન પ્રક્રિયા લઈએ. આ સમીકરણ નીચેના સોપાનો પ્રમાણે સમતોલ કરી શકાય :

સોપાન 1 : પ્રક્રિયક અને નીપજના સાચા સૂત્રો લખો. અહીંયા પ્રોપેન અને ઑક્સિજન પ્રક્રિયકો છે. જ્યારે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણી નીપજો છે.

$C_3H_8(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$ અસમતોલિત સમીકરણ

સોપાન 2 : C પરમાણુની સંખ્યાને સમતોલ કરો. પ્રક્રિયકમાં 3 કાર્બન પરમાણુ છે, માટે જમણી બાજુ CO_2ના 3 અણુઓ દર્શાવવા પડે.

$C_3H_8(g) + O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + H_2O(l)$

સોપાન 3 : H પરમાણુની સંખ્યાને સમતોલ કરો. ડાબી બાજુ 8 હાઇડ્રોજન પરમાણુ પ્રક્રિયકમાં છે. કારણ કે દરેક પાણીના અણુમાં બે હાઇડ્રોજન પરમાણુ છે. આથી પાણીના ચાર અણુની જરૂર પડશે જેથી જમણી બાજુ આઠ હાઇડ્રોજન પરમાણુ થશે.

$C_3H_8(g) + O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$

સોપાન 4 : O પરમાણુની સંખ્યાને સમતોલ કરો. જમણી બાજુ 10 ઑક્સિજન પરમાણુ છે. ($3 \times 2 = 6$ CO_2માં અને $4 \times 1 = 4$ પાણીમાં). આથી પાંચ O_2 અણુઓની જરૂર પડશે. જેથી 10 ઑક્સિજન પરમાણુ જમણી બાજુ થશે.

$C_3H_8\,(g) + 5O_2\,(g) \rightarrow 3CO_2\,(g) + 4H_2O\,(l)$

સોપાન 5 : ખાતરી કરો કે અંતિમ સમીકરણમાં દરેક તત્ત્વના પરમાણુની સંખ્યા સરખી છે. સમીકરણ ત્રણ કાર્બન પરમાણુ, આઠ હાઇડ્રોજન પરમાણુ અને દસ ઑક્સિજન પરમાણુ દરેક બાજુ દર્શાવે છે. બધા જ સમીકરણો જેમાં બધા જ પ્રક્રિયકો અને નીપજોના સૂત્ર સાચાં હોય તેમને સમતોલ કરી શકાય છે. હંમેશાં યાદ રાખો કે પ્રક્રિયકો અને નીપજોના સૂત્રોમાં પદાક્ષર (subscripts) સમીકરણ સમતોલ કરવા માટે બદલી શકાય નહિ.

અહીંયા મિથેન અને ડાયઑક્સિજન પ્રક્રિયકો કહેવાય છે અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણી નીપજો કહેવાય છે. એ નોંધવું જરૂરી છે કે ઉપરની પ્રક્રિયામાં બધા જ પ્રક્રિયકો અને નીપજો વાયુઓ છે. આ માટે દરેકના સૂત્રની પાછળ કૌંસમાં અક્ષર (g) લખવામાં આવે છે અને તે પ્રમાણે ઘન અને પ્રવાહી માટે અનુક્રમે અક્ષર (s) અને (l) લખવામાં આવે છે.

O_2 અને H_2O માટે ગુણાંક 2 તત્ત્વયોગમિતિય ગુણાંક કહેવાય છે, તે જ પ્રમાણે CH_4 અને O_2નો તત્ત્વયોગમિતિય ગુણાંક 1 છે. તેઓ પ્રક્રિયામાં ભાગ લેતા અને પ્રક્રિયામાં બનતા પદાર્થના અણુઓની (અને મોલની પણ) સંખ્યા દર્શાવે છે. આમ ઉપર પ્રમાણેની રાસાયણિક પ્રક્રિયા અનુસાર,

- $CH_4(g)$નો એક **મોલ** $O_2(g)$નાં બે **મોલ** સાથે પ્રક્રિયા કરી $CO_2(g)$નો એક **મોલ** અને $H_2O(g)$ના બે **મોલ** આપે છે.
- $CH_4(g)$નો એક **અણુ** $O_2(g)$ના બે **અણુ** સાથે પ્રક્રિયા કરે છે અને $CO_2(g)$ એક **અણુ** અને $H_2O(g)$ના બે અણુ આપે છે.
- $CH_4(g)$ના 22.7 L, $O_2(g)$ના 45.4 L સાથે પ્રક્રિયા કરી $CO_2(g)$ના 22.7 L અને $H_2O(g)$ના 45.4 L આપે છે.
- $CH_4(g)$ના 16 g, $O_2(g)$ના 2 × 32 g સાથે પ્રક્રિયા કરી $CO_2(g)$ના 44 g અને $H_2O(g)$ના 2 × 18 g આપે છે.

આ સંબંધો પરથી મળતી માહિતી નીચે પ્રમાણે એકબીજામાં રૂપાંતરિત કરી શકાય છે.

દળ $\rightleftharpoons$ મોલ $\rightleftharpoons$ અણુઓની સંખ્યા

$\frac{\text{દળ}}{\text{કદ}}$ = ઘનતા

કોયડો 1.3

16 g મિથેનના દહનથી ઉત્પન્ન થયેલ પાણી(g)નો જથ્થો ગણો.

ઉકેલ :

મિથેનના દહન માટેનું સમતોલિત રાસાયણિક સમીકરણ છે :

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

(i) 16 g CH_4 બરાબર 1 મોલ થાય.

(ii) ઉપરના સમીકરણ પરથી 1 મોલ $CH_4(g)$ 2 મોલ $H_2O(g)$ આપે છે.

2 મોલ $H_2O(g) = 2 \times (2 + 16) = 2 \times 18 = 36$ g

1 મોલ $H_2O(g)$ = 18 g H_2O = $\frac{18\ g \cdot H_2O}{1\ \text{મોલ}\ H_2O}$ = 1

તેથી 2 મોલ $H_2O(g)$ $\frac{18\ g \cdot H_2O}{1\ \text{મોલ}\ H_2O}$ $= 2 \times 18\ g\ H_2O$

$= 36\ g\ H_2O$

કોયડો 1.4

દહનની પ્રક્રિયાને અંતે 22 g $CO_2(g)$ ઉત્પન્ન કરવા માટે કેટલા મોલ મિથેનની જરૂર પડે ?

ઉકેલ :

રાસાયણિક સમીકરણ પ્રમાણે,

$CH_4(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

44 g $CO_2(g)$ એ 16 g CH_4 માંથી મળેલ છે.

કારણ કે, 1 મોલ $CO_2(g)$; 1 મોલ $CH_4(g)$ માંથી મળેલ છે.

$CO_2(g)$ના મોલ = 22 g $CO_2(g) \times \frac{1\ \text{મોલ}\ CO_2(g)}{44\ g \cdot CO_2(g)}$

$= 0.5$ mol $CO_2(g)$

આમ, 0.5 મોલ $CO_2(g)$, 0.5 મોલ $CH_4(g)$માંથી અથવા $CH_4(g)$ના 0.5 મોલ ની 22 g $CO_2(g)$ ઉત્પન્ન કરવા માટે જરૂરિયાત પડશે.

1.10.1 સીમિત પ્રક્રિયક (Limiting Reagent)

ઘણી વખત રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ કરવામાં આવે છે ત્યારે હાજર રહેલા પ્રક્રિયકોના જથ્થા સમતોલિત રાસાયણિક પ્રક્રિયાની ગણતરી પ્રમાણેના પ્રમાણમાં હોતા નથી. આવા સંજોગોમાં એક પ્રક્રિયક બીજા પ્રક્રિયક કરતાં વધારે હોય છે. જે પ્રક્રિયક ઓછા પ્રમાણમાં હોય છે તે કેટલાક સમય પછી વપરાઈ જાય છે અને ત્યારબાદ બીજા પ્રક્રિયકનું પ્રમાણ ગમે તેટલું હોય તો પણ પ્રક્રિયા આગળ વધતી નથી. આથી જે પ્રક્રિયક વપરાઈ ગયેલ છે તે બનતી નીપજના ઉત્પાદનને સીમિત કરે છે અને તેથી તેને **સીમિત પ્રક્રિયક** કહે છે.

તત્ત્વયોગમિતિય ગણતરીઓ કરતી વખતે આ બાબતને ધ્યાનમાં રાખવાની હોય છે.

કોયડો 1.5

50.0 kg $N_2(g)$ અને 10 kg $H_2(g)$ને $NH_3(g)$ મેળવવા માટે મિશ્ર કરવામાં આવ્યા. ઉત્પન્ન થયેલા $NH_3(g)$ની ગણતરી કરો. આ પરિસ્થિતિમાં $NH_3(g)$ના ઉત્પાદનમાં સીમિત પ્રક્રિયકને ઓળખી બતાવો.

ઉકેલ :

ઉપરની પ્રક્રિયા માટે સમતોલિત સમીકરણ નીચે પ્રમાણે લખી શકાય :

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

મોલની ગણતરી :

N_2ના મોલ :

$$= 50.0 \text{ kg } N_2 \times \frac{1000 \text{ g } N_2}{1 \text{ kg } N_2} \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{28.09 \text{ g } N_2}$$

$$= 17.86 \times 10^2 \text{ mol}$$

H_2ના મોલ :

$$= 10.00 \text{ kg } H_2 \times \frac{1000 \text{ g } H_2}{1 \text{ kg } H_2} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2.016 \text{ g } H_2}$$

$$= 4.96 \times 10^3 \text{ mol}$$

ઉપરના સમીકરણ પ્રમાણે 1 mol $N_2(g)$ સાથેની પ્રક્રિયામાં 3 mol(H_2)ની જરૂર પડે છે. તેથી 17.86×10^2 mol $N_2(g)$ માટે જરૂરી $H_2(g)$ના mol થશે.

$$= 17.86 \times 10^2 \text{ mol} \times \frac{3 \text{ mol } H_2(g)}{1 \text{ mol } N_2(g)}$$

$$= 5.36 \times 10^3 \text{ mol } H_2(g)$$

પરંતુ આપણી પાસે 4.96×10^3 mol H_2 જ છે. તેથી ડાયહાઇડ્રોજન આ પ્રક્રિયામાં સીમિત પ્રક્રિયક થશે. આ ઉપરાંત આટલા જ ડાયહાઇડ્રોજનમાંથી $NH_3(g)$ બનશે.

3 mol $H_2(g)$, 2 mol $NH_3(g)$ આપશે.

તો $$4.96 \times 10^3 \text{ mol } H_2(g) \times \frac{2 \text{ mol } NH_3(g)}{3 \text{ mol } H_2(g)}$$

$$= 3.30 \times 10^3 \text{ mol } NH_3(g) \text{ મળશે.}$$

જો તેમને ગ્રામમાં ફેરવવા હોય તો નીચે પ્રમાણે થશે :

$$1 \text{ mol } NH_3(g) = 17.0 \text{ g } NH_3(g)$$

$$\therefore 3.30 \times 10^3 \text{ mol } NH_3(g) \times \frac{17.0 \text{ g} \cdot NH_3(g)}{1 \text{ mol } NH_3(g)}$$

$$= 3.30 \times 10^3 \times 17 \text{ g } NH_3(g)$$

$$= 5.61 \times 10^3 \text{ g } NH_3$$

$$= 5.61 \text{ kg } NH_3(g)$$

1.10.2 દ્રાવણોમાં પ્રક્રિયાઓ (Reactions in Solutions)

પ્રયોગશાળાઓમાં મોટા ભાગની પ્રક્રિયાઓ દ્રાવણોમાં કરવામાં આવે છે. આથી એ સમજવું અગત્યનું છે કે દ્રાવણ સ્વરૂપે રહેલા પદાર્થનો જથ્થો (પ્રમાણ) કેવી રીતે દર્શાવી શકાય ? દ્રાવણની સાંદ્રતા અથવા આપેલા કદમાં રહેલા પદાર્થનો જથ્થો નીચેનામાંથી કોઈ પણ રીતે દર્શાવી શકાય છે :

1. દળ ટકાવારી અથવા વજનથી ટકા (*w/w* %)
2. મોલ અંશ
3. મોલારિટી
4. મોલાલિટી

હવે આપણે તે દરેકનો વિગતે અભ્યાસ કરીએ.

1. દળ ટકાવારી :

તે નીચેના સંબંધથી મેળવી શકાય છે :

$$\text{દળ ટકા} = \frac{\text{દ્રવ્યનું દળ}}{\text{દ્રાવણનું દળ}} \times 100$$

કોયડો 1.6

પદાર્થ Aના 2 gને 18 g પાણીમાં ઉમેરી દ્રાવણ બનાવવામાં આવ્યું છે. દ્રાવ્યના દળ ટકા ગણો.

ઉકેલ :

$$\text{Aના દળ ટકા} = \frac{\text{Aનું દળ}}{\text{દ્રાવણનું દળ}} \times 100$$

$$= \frac{2 \text{ g}}{2 \text{ g A} + 18 \text{ g પાણી}} \times 100$$

$$= \frac{2 \text{ g}}{20 \text{ g}} \times 100$$

$$= 10 \%$$

2. મોલ અંશ :

મોલ અંશ કોઈ એક ઘટકના મોલની સંખ્યા અને દ્રાવણના કુલ મોલની સંખ્યાનો ગુણોત્તર છે. જો પદાર્થ 'A' પદાર્થ 'B'માં ઓગળેલ છે અને તેમના મોલ અનુક્રમે n_A અને n_B છે, તો A અને Bના મોલ અંશ નીચે પ્રમાણે ગણી શકાય :

Aના મોલ અંશ

$$= \frac{\text{A ના મોલની સંખ્યા}}{\text{દ્રાવણમાં કુલ મોલની સંખ્યા}}$$

$$= \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

Bના મોલ અંશ

$$= \frac{\text{B ના મોલની સંખ્યા}}{\text{દ્રાવણમાં કુલ મોલની સંખ્યા}}$$

$$= \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

3. મોલારિટી :

તે ખૂબ જ બહોળા પ્રમાણમાં વપરાતો એકમ છે અને તેને M વડે દર્શાવવામાં આવે છે. તેની વ્યાખ્યા આ પ્રમાણે છે : 1 લિટર દ્રાવણમાં રહેલા દ્રાવ્યની મોલ સંખ્યા.

$$\text{મોલારિટી (M)} = \frac{\text{દ્રાવ્યના મોલની સંખ્યા}}{\text{દ્રાવણનું કદ લિટરમાં}}$$

ધારો કે આપણી પાસે એક પદાર્થ NaOHનું 1 M દ્રાવણ છે અને તેમાંથી આપણે 0.2 M દ્રાવણ બનાવવું છે.

1 M NaOH એટલે 1 લિટર દ્રાવણમાં 1 mol NaOH. જ્યારે 0.2 M દ્રાવણ માટે આપણને 1 લિટર દ્રાવણમાં 0.2 mol NaOHની જરૂર પડશે.

આથી આપણે 0.2 મોલ NaOH લઈ 1 લિટર દ્રાવણ બનાવીશું.

હવે, સાંદ્ર (1 M) NaOHના દ્રાવણનું કેટલું કદ 0.2 મોલ NaOH ધરાવતું દ્રાવણ બનાવવા માટે જરૂરી થશે ? આની ગણતરી નીચે પ્રમાણે કરી શકાય :

જો 1 mol 1 L અથવા 1000 mL માં હાજર હોય તો 0.2 mol હાજર હશે.

$$\frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ mol}} \times 0.2 \text{ mol}$$

$$= 200 \text{ mL}$$

આમ 1 M NaOH દ્રાવણના 200 mL લેવામાં આવશે અને તેમાં પાણી ઉમેરી 1 લિટર બનાવવામાં આવશે.

હકીકતમાં આવી ગણતરી કરવા માટે $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$ સૂત્રનો ઉપયોગ કરી શકીએ. જ્યાં M અને V અનુક્રમે મોલારિટી અને કદ છે. આ ઉદાહરણમાં $M_1 = 0.2$; $V_1 = 1000$ mL અને $M_2 = 1.0$ અને V_2 ગણતરીથી શોધવાનું છે.

સૂત્રમાં કિંમતો મૂકતાં,

$$0.2 \text{ M} \times 1000 \text{ mL} = 1.0 \text{ M} \times V_2$$

$$\therefore \quad V_2 = \frac{0.2 \text{ M} \times 1000 \text{ mL}}{1.0 \text{ M}} = 200 \text{ mL}$$

એ નોંધો કે **દ્રાવ્ય(NaOH)ના મોલની સંખ્યા** 0.2 (200 mLમાં) હતી તે સમાન જ રહી એટલે કે મંદન કર્યા પછી પણ 0.2 (1000 mLમાં) રહી છે કારણ કે આપણે ફક્ત દ્રાવકના (પાણીના) કદનાં જથ્થામાં જ ફેરફાર કર્યો છે એટલે કે NaOHની બાબતમાં કાંઈ જ કર્યું નથી, પરંતુ સાંદ્રતા ધ્યાનમાં રાખશો.

કોયડો 1.7

4 g NaOHને પૂરતા પાણીમાં દ્રાવ્ય કરીને 250 mL દ્રાવણ બનાવેલ છે. આ દ્રાવણની મોલારિટી ગણો.

ઉકેલ :

$$\text{મોલારિટી (M)} = \frac{\text{દ્રાવ્યના મોલની સંખ્યા}}{\text{દ્રાવણનું કદ લિટરમાં}}$$

$$= \frac{\text{NaOH નું દળ / NaOH નું મોલર દળ}}{0.250 \text{ L}}$$

$$= \frac{4 \text{ g} / 40 \text{ g}}{0.250} = \frac{0.1}{0.250}$$

$$= 0.4 \text{ mol L}^{-1} = 0.4 \text{ M}$$

એ નોંધશો કે તાપમાનના ફેરફાર સાથે મોલારિટી બદલાશે કારણ કે દ્રાવણનું કદ તાપમાન આધારિત છે.

4. મોલાલિટી :

તેને આ રીતે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય.

દ્રાવ્યના મોલની સંખ્યા જે 1 kg દ્રાવકમાં ઓગળેલા હોય છે, તેને m વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

$$\text{આમ મોલાલિટી } (m) = \frac{\text{દ્રાવ્યના મોલની સંખ્યા}}{\text{દ્રાવકનું દળ કિલોગ્રામમાં}}$$

કોયડો 1.8

3 M NaCl દ્રાવણની ઘનતા 1.25 g mL^{-1} છે. દ્રાવણની મોલાલિટી ગણો.

ઉકેલ :

M = 3.0 mol L^{-1}

1 L દ્રાવણમાં NaClનું દળ = 3 × 58.5 = 175.5 g

1 L દ્રાવણનું દળ = 1000 × 1.25 = 1250 g

(કારણ કે ઘનતા = 1.25 g mL^{-1} અને ઘનતા = $\frac{\text{દળ}}{\text{કદ}}$)

દ્રાવણમાં પાણીનું દળ = 1250 − 175.5 = 1074.5 g

$$\text{મોલાલિટી} = \frac{\text{દ્રાવ્યના મોલની સંખ્યા}}{\text{દ્રાવકનું દળ કિલોગ્રામમાં}}$$

$$= \frac{3 \text{ mol}}{1.0745 \text{ kg}}$$

$$= 2.79 \text{ m}$$

રસાયણવિજ્ઞાનની પ્રયોગશાળામાં સામાન્ય રીતે જરૂરી સાંદ્રતાવાળા દ્રાવણ મેળવવા માટે વધુ સાંદ્ર દ્રાવણનું મંદન કરીને મેળવાય છે. વધુ સાંદ્ર દ્રાવણની સાંદ્રતા જાણીતી હોય છે અને તેને સ્ટૉક (stock) દ્રાવણ કહે છે. એ નોંધશો કે મોલાલિટી તાપમાન સાથે બદલાતી નથી, કારણ કે પદાર્થનું દળ તાપમાન સાથે બદલાતું નથી.

સારાંશ

રસાયણવિજ્ઞાનનો અભ્યાસ ખૂબ જ અગત્યનો છે. કારણ કે તેનું ક્ષેત્ર જીવનના દરેક ક્ષેત્ર સાથે સંકળાયેલ છે. રસાયાણશાસ્ત્રીઓ પદાર્થોના ગુણધર્મો અને બંધારણનો તથા તેમાં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ કરે છે. બધા જ પદાર્થો દ્રવ્ય સ્વરૂપે અસ્તિત્વ ધરાવે છે. જે ત્રણ અવસ્થાઓ ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ સ્વરૂપમાં હોઈ શકે છે. આ અવસ્થાઓમાં પદાર્થના ઘટક કણો અલગ અલગ રીતે જોડાયેલા હોય છે, જેથી તે તેમના લાક્ષણિક ગુણધર્મો દર્શાવે છે. દ્રવ્યને તત્ત્વ, સંયોજન અથવા મિશ્રણ તરીકે પણ વર્ગીકૃત કરી શકાય. **તત્ત્વ** એક જ પ્રકારના કણ ધરાવે છે, જે **પરમાણુઓ** કે **અણુઓ** હોઈ શકે છે. સંયોજનમાં બે કે તેથી વધારે તત્ત્વોના પરમાણુઓ કોઈ નિશ્ચિત પ્રમાણમાં એકબીજા સાથે જોડાયેલા રહે છે. મિશ્રણ વિપુલ પ્રમાણમાં હોઈ શકે છે અને આપણી આસપાસ (ચોપાસ) રહેલા ઘણા પદાર્થો મિશ્રણ છે.

જ્યારે પદાર્થના ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કરવામાં આવે છે ત્યારે તેમનું માપન સહજ (inherent) હોય છે. ગુણધર્મોનો જથ્થાત્મક રીતે અભ્યાસ કરતાં માપન અને એકમોની જરૂર પડે છે. જેમાં તે દર્શાવી શકાય. માપનની ઘણી પદ્ધતિઓ છે, પરંતુ તેમાંથી ઇંગ્લિશ પદ્ધતિ અને મેટ્રિક પદ્ધતિનો વધુ ઉપયોગ થાય છે. વૈજ્ઞાનિકોના સમૂહે વિશ્વમાં બધે જ એકસરખી અને સામાન્ય પદ્ધતિ વપરાય તેને માટે સંમતિ દર્શાવેલી છે અને આ પદ્ધતિને SI એકમ (International System of Units) તરીકે ટૂંકમાં દર્શાવેલ છે.

માપનમાં માહિતી એકઠી કરવાની હોય છે. જે કેટલાક પ્રમાણમાં અનિશ્ચિતતા સાથે સંકળાયેલ હોય છે. જથ્થાના માપનથી મેળવાયેલી માહિતીનો યોગ્ય ઉપયોગ થાય છે. રસાયણવિજ્ઞાન જથ્થાના માપન 10^{-31}થી 10^{+23}ની વચ્ચે ફેલાયેલું છે. આથી સંખ્યાઓને સગવડભરી રીતે દર્શાવવા માટે **વૈજ્ઞાનિક સંકેતો** વપરાય છે. માપનમાંની અનિશ્ચિતતાની કાળજી માટે **અર્થસૂચક અંક**નો નિર્દેશ થાય છે. **પરિમાણાત્મક પૃથક્કરણ** એકમોની જુદી જુદી પદ્ધતિમાં માપન કરેલી રાશિઓને દર્શાવવામાં મદદરૂપ કરે છે. આથી એક રાશિનું માપન બીજી રાશિમાં આંતરરૂપાંતર શક્ય બને છે.

જુદા જુદા પરમાણુઓનું સંયોગીકરણ રાસાયણિક સંયોજનના પાયાના નિયમોને આધીન છે. આ નિયમોમાં **દળ સંચયનો નિયમ, નિશ્ચિત પ્રમાણનો નિયમ, ગુણક પ્રમાણનો નિયમ, વાયુમય કદનો ગે લ્યુસેકનો નિયમ** અને **ઍવોગેડ્રોનો નિયમ** છે. આ બધા જ નિયમો **ડાલ્ટનના પરમાણુ સિદ્ધાંત** તરફ દોરી ગયા જે દર્શાવે છે કે બધા જ પરમાણુઓ દ્રવ્યના બંધનના પાયાના ઘટકો છે. કાર્બનના સમસ્થાનિક ^{12}Cની સાપેક્ષમાં તત્ત્વના **પરમાણ્વીયદળ**

દર્શાવાય છે. સામાન્ય રીતે પરમાણ્વીયદળનો ઉપયોગ તત્ત્વ માટે થાય છે, જે **સરેરાશ પરમાણ્વીયદળ** હોય છે અને તે તત્ત્વના જુદા જુદા સમસ્થાનિકોની કુદરતી પ્રચુરતાને ધ્યાનમાં લઈને મેળવવામાં આવે છે. અણુનું **આણ્વીયદળ** અણુમાં રહેલા જુદાજુદા પરમાણુઓના દળના સરવાળા તરીકે લેવામાં આવે છે. **આણ્વીયસૂત્ર** સંયોજનમાં રહેલા જુદા જુદા તત્ત્વોના દળ ટકા તથા તેના આણ્વીયદળ પરથી નક્કી કરી શકાય છે.

આપેલ પદાર્થમાં રહેલા પરમાણુ, અણુ અથવા અન્ય કોઈ કણ હાજર હોય તેમને **ઍવોગેડ્રો અચળાંક** (6.022×10^{23})ના રૂપમાં દર્શાવાય છે. આને જે-તે સંબંધિત કણ અથવા સ્પીસિઝ (entity)ના **1 mol** તરીકે ઓળખાય છે.

રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ જુદા જુદા તત્ત્વો અને સંયોજનો દ્વારા થયેલા રાસાયણિક ફેરફારો દર્શાવે છે. **સમતોલિત** રાસાયણિક સમીકરણ ઘણી બધી માહિતી પૂરી પાડે છે. ગુણાંક આણ્વીય ગુણોત્તર દર્શાવે છે અને જે-તે પ્રક્રિયામાં ભાગ લેતાં કણોની સંખ્યા દર્શાવે છે. રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં જરૂરી પ્રક્રિયકો અને પ્રાપ્ત થતી નીપજો વચ્ચેના જથ્થાત્મક અભ્યાસને **તત્ત્વયોગમિતિ** કહે છે. તત્ત્વયોગમિતિય ગણતરીના આધારે કોઈ એક નીપજનો જરૂરી જથ્થો ઉત્પન્ન કરવા માટે જરૂરી એક કે એક કરતાં વધુ પ્રક્રિયકોના જરૂરી જથ્થાની ગણતરી કરી શકાય છે. તથા તેનાથી ઉલટી ગણતરી પણ કરી શકાય છે. દ્રાવણના આપેલ કદમાં રહેલા પદાર્થનો જથ્થો ઘણી બધી રીતે દર્શાવાય છે. ઉદાહરણ તરીકે દળ ટકા, મોલ અંશ, મોલારિટી, મોલાલિટી.

સ્વાધ્યાય

1.1 નીચેનાના મોલર દળ ગણો :

(i) H_2O (ii) CO_2 (iii) CH_4

1.2 સોડિયમ સલ્ફેટ (Na_2SO_4)માં રહેલા જુદા જુદા તત્ત્વોના દળ ટકા ગણો.

1.3 આયર્નના એક ઑક્સાઇડ, જેમાં દળથી 69.9 % આયર્ન અને 30.1 % ડાયઑક્સિજન છે, તો તે ઑક્સાઇડનું પ્રમાણસૂચક સૂત્ર નક્કી કરો.

1.4 ઉત્પન્ન થયેલ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું પ્રમાણ ગણો. જ્યારે,

(i) 1 મોલ કાર્બનને હવામાં બાળવામાં આવે છે.

(ii) 1 મોલ કાર્બનને 16 g ડાયઑક્સિજનમાં બાળવામાં આવે છે.

(iii) 2 મોલ કાર્બનને 16 g ડાયઑક્સિજનમાં બાળવામાં આવે છે.

1.5 500 mL 0.375 મોલર જલીય દ્રાવણ બનાવવા માટે જરૂરી સોડિયમ એસિટેટ (CH_3COONa)નું દળ ગણો. સોડિયમ એસિટેટનું મોલર દળ 82.0245 g mol^{-1} છે.

1.6 નાઇટ્રિક ઍસિડનો એક નમૂનો જેની ઘનતા 1.41 g mL^{-1} અને નાઇટ્રિક ઍસિડના દળ ટકા 69 % છે. આ નમૂનામાં નાઇટ્રિક ઍસિડની સાંદ્રતા મોલ પ્રતિ લિટરમાં ગણો.

1.7 100 ગ્રામ કૉપર સલ્ફેટ($CuSO_4$)માંથી કેટલું કૉપર મેળવી શકાય ?

1.8 આયર્ન ઑક્સાઇડનું આણ્વીયસૂત્ર ગણો. જેમાં આયર્ન અને ઑક્સિજનના દળ ટકા અનુક્રમે 69.9 અને 30.1 છે.

1.9 નીચેની માહિતીનો ઉપયોગ કરીને ક્લોરિનનું પરમાણ્વીયદળ (સરેરાશ) ગણો :

	% કુદરતી પ્રચુરતા	**મોલર દળ**
^{35}Cl	75.77	34.9689
^{37}Cl	24.23	36.9659

1.10 ઈથેન(C_2H_6)ના 3 મોલમાં નીચેનાની ગણતરી કરો :

(i) કાર્બન પરમાણુના મોલની સંખ્યા

(ii) હાઈડ્રોજન પરમાણુના મોલની સંખ્યા

(iii) ઈથેનના અણુની સંખ્યા

1.11 જો 20 ગ્રામ ખાંડ ($C_{12}H_{22}O_{11}$) પૂરતા પાણીમાં ઓગાળી અંતિમ કદ 2 L કરવામાં આવ્યું તો ખાંડની સાંદ્રતા mol L^{-1} માં ગણો.

1.12 જો મિથેનોલની ઘનતા 0.793 kg L^{-1} હોય તો તેનું 2.5 L 0.25 M દ્રાવણ બનાવવા માટે કેટલું કદ જોઈશે ?

1.13 એક ક્ષેત્રફળ ધરાવતી સપાટી પર લાગતા બળ વડે દબાણ નક્કી કરવામાં આવે છે. દબાણનો SI એકમ પાસ્કલ (Pascal- Pa) નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય :

$1Pa = 1N\ m^{-2}$

જો દરિયાની સપાટી પર હવાનું દળ 1034 g cm^{-2} હોય તો દબાણ પાસ્કલમાં ગણો.

1.14 દળનો SI એકમ શું છે ? તેને કેવી રીતે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે ?

1.15 નીચેના પૂર્વગોને તેમના ગુણક સાથે સરખાવો :

	પૂર્વગ	**ગુણક**
(i)	માઈક્રો	10^6
(ii)	ડૅકા	10^9
(iii)	મૅગા	10^{-6}
(iv)	ગિગા	10^{-15}
(v)	ફૅમ્ટો	10

1.16 અર્થસૂચક અંક અંગે તમે શું સમજો છો ?

1.17 એક પીવાના પાણીનો નમૂનો ખરાબ રીતે ક્લોરોફૉર્મ ($CHCl_3$) વડે સંદૂષિત થયેલ છે. $CHCl_3$ સ્વભાવે કેન્સરજન્ય છે. સંદૂષિતતાનું સ્તર (પ્રમાણ) 15 ppm (દળથી) હતું.

(i) આને દળ ટકામાં દર્શાવો.

(ii) પાણીના નમૂનામાં ક્લોરોફૉર્મની મોલાલિટી ગણો.

1.18 નીચેનાને વૈજ્ઞાનિક સંકેતમાં દર્શાવો :

(i) 0.0048

(ii) 234,000

(iii) 8008

(iv) 500.0

(v) 6.0012

1.19 નીચેનામાં અર્થસૂચક અંક કેટલા છે ?

(i) 0.0025

(ii) 208

(iii) 5005

(iv) 126.000

(v) 500.0

(vi) 2.0034

1.20 નીચેનાનું ત્રણ અર્થસૂચક અંક સુધી સંનિકટન કરો :

(i) 34.216

(ii) 10.4107

(iii) 0.04597

(iv) 2808

1.21 જ્યારે ડાયનાઇટ્રોજન અને ડાયઑક્સિજન એકબીજા સાથે પ્રક્રિયા કરે છે ત્યારે જુદા જુદા સંયોજનો બને છે. આની માહિતી નીચે પ્રમાણે મળેલ છે :

	ડાયનાઇટ્રોજનનું દળ	**ડાયઑક્સિજનનું દળ**
(i)	14 g	16 g
(ii)	14 g	32 g
(iii)	28 g	32 g
(iv)	28 g	80 g

(a) ઉપરની પ્રાયોગિક માહિતીમાં રાસાયણિક સંયોગીકરણનો કયો નિયમ પળાયો છે ? તેનું નિવેદન કરો.

(b) નીચેના પરિવર્તનો(રૂપાંતરણો)માં ખાલી જગ્યા પૂરો :

(i) 1 km = ... mm = ... pm

(ii) 1 mg = ... kg = ... ng

(iii) 1 mL = ... L = ... dm^3

1.22 જો પ્રકાશની ઝડપ (વેગ) 3.0×10^8 m s^{-1} હોય તો 2.00 ns માં પ્રકાશે કાપેલું અંતર ગણો.

1.23 પ્રક્રિયા $A + B_2 \rightarrow AB_2$ માં નીચેના પ્રક્રિયા મિશ્રણોમાં સીમિત પ્રક્રિયક હોય તો ઓળખી બતાવો :

(i) Aના 300 પરમાણુ + Bના 200 અણુ

(ii) 2 mol A + 3 mol B

(iii) Aના 100 પરમાણુ + Bના 100 અણુ

(iv) 5 mol A + 2.5 mol B

(v) 2.5 mol A + 5 mol B

1.24 નીચેના રાસાયણિક સમીકરણ પ્રમાણે ડાયનાઇટ્રોજન અને ડાયહાઇડ્રોજન એકબીજા સાથે પ્રક્રિયા કરી એમોનિયા ઉત્પન્ન કરે છે :

$N_2 (g) + 3H_2 (g) \rightarrow 2NH_3 (g)$

(i) જો 2.00×10^3 g ડાયનાઇટ્રોજન 1.00×10^3 g ડાયહાઇડ્રોજન સાથે પ્રક્રિયા કરે તો ઉત્પન્ન થતા એમોનિયાનું દળ ગણો.

(ii) બન્ને પ્રક્રિયકોમાંથી કોઈ પણ પ્રક્રિયા પામ્યા વગર રહેશે ?

(iii) જો હા, તો કયો પ્રક્રિયક અને તેનું દળ કેટલું હશે ?

1.25 0.50 mol Na_2CO_3 અને 0.50 M Na_2CO_3 કેવી રીતે જુદા પડે છે ?

1.26 જો ડાયહાઇડ્રોજન વાયુના 10 કદ ડાયઑક્સિજન વાયુના 5 કદ સાથે પ્રક્રિયા કરે છે, તો પાણીની બાષ્પનું કેટલું કદ ઉત્પન્ન થશે ?

1.27 નીચેનાને પાયાના એકમોમાં ફેરવો :

(i) 28.7 pm

(ii) 15.15 pm

(iii) 25365 mg

1.28 નીચેનામાંથી શેમાં સૌથી વધારે સંખ્યામાં પરમાણુઓ હશે ?

(i) 1 g Au (s)

(ii) 1 g Na (s)

(iii) 1 g Li (s)

(iv) 1 g Cl_2(g)

1.29 એક દ્રાવણ જેમાં ઈથેનોલના મોલ અંશ 0.040 છે, તે દ્રાવણમાં ઈથેનોલની પાણીમાં મોલારિટી ગણો. (પાણીની ઘનતા એક છે તેમ ધારો.)

1.30 ^{12}C પરમાણુનું દળ g માં કેટલું હશે ?

1.31 નીચેની ગણતરીથી મળતા જવાબમાં કેટલા અર્થસૂચક અંક હશે ?

(i) $\frac{0.02856 \times 298.15 \times 0.112}{0.5785}$ (ii) 5×5.364

(iii) 0.0125 + 0.7864 + 0.0215

1.32 કુદરતી રીતે મળતા આર્ગોનનું મોલર દળ નીચેના કોષ્ટકમાં આપેલ માહિતી પરથી ગણો :

સમસ્થાનિક	**સમસ્થાનિકીય મોલર દળ**	**પ્રચુરતા**
^{36}Ar	35.96755 g mol^{-1}	0.337%
^{38}Ar	37.96272 g mol^{-1}	0.063%
^{40}Ar	39.9624 g mol^{-1}	99.600%

1.33 નીચેનામાંના દરેકમાં પરમાણુની સંખ્યા ગણો :

(i) Arના 52 મોલ (ii) Heના 52 u (iii) Heના 52 g

1.34 એક વેલ્ડિંગ કરવાનો બળતણ વાયુ કાર્બન અને હાઇડ્રોજન ધરાવે છે. તેના થોડા પ્રમાણને ઑક્સિજનની હાજરીમાં બાળતા 3.38 g કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, 0.690 g પાણી આપે છે અને અન્ય કોઈ નીપજ આપતું નથી. આ વેલ્ડિંગ વાયુનું 10.0 L કદ (STP એ માપન કરેલ) 11.6 g વજન દર્શાવે છે. ગણતરી કરો : (i) પ્રમાણસૂચક સૂત્ર (ii) વાયુનું મોલર દળ (iii) આણ્વીય સૂત્ર

1.35 કેલ્શિયમ કાર્બોનેટ જલીય HCl સાથે પ્રક્રિયા કરે છે અને નીચેની પ્રક્રિયા પ્રમાણે $CaCl_2$ અને CO_2 આપે છે :

$CaCO_3$ (s) + 2 HCl (aq) $\rightarrow$ $CaCl_2$ (aq) + CO_2(g) + H_2O(l)

25 mL 0.75 M HCl સાથે સંપૂર્ણ રીતે પ્રક્રિયા કરવા માટે $CaCO_3$નું કેટલું દળ જોઈશે ?

1.36 પ્રયોગશાળામાં મૅંગેનીઝ ડાયૉક્સાઇડ(MnO_2)ની જલીય હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ સાથે નીચે પ્રમાણે પ્રક્રિયા કરી ક્લોરિન બનાવવામાં આવે છે :

4 HCl (aq) + MnO_2(s) $\rightarrow$ $2H_2O$ (l) + $MnCl_2$(aq) + Cl_2 (g)

5.0 g મૅંગેનીઝ ડાયૉક્સાઇડ સાથે HClના કેટલા ગ્રામ પ્રક્રિયા કરશે ?