ન બને. આવા મિશ્રણને સેન્ટ્રિફ્યુગેશન (કેન્દ્રત્યાગી) પદ્ધતિ વડે અલગ કરી શકાય છે. જ્યારે સેન્ટ્રિફ્યુજિંગ યંત્રને ઝડપથી ગોળ ઘુમાવીએ ત્યારે ભારે કણો કેન્દ્ર તરફ નીચે બેસી જાય છે અને હલકા કણો ઉપરની તરફ રહે છે, તે તેનો સિદ્ધાંત છે.

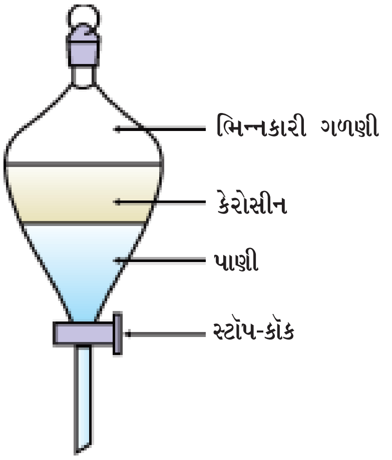
અનુપ્રયોગ (Applications)

- તેનો ઉપયોગ નિદાનાત્મક પ્રયોગશાળા (Diagnostic Laboratories)માં રુધિર (Blood) અને મૂત્ર (Urine)ની ચકાસણી કરવા માટે થાય છે.
- તેનો ઉપયોગ ડેરીઓ અને ઘરોમાં મલાઈમાંથી માખણને અલગ કરવા માટે થાય છે.
- તેનો ઉપયોગ વૉશિંગમશીન (કપડાં ધોવાનાં યંત્ર)માં ભીનાં કપડાંને નીચોવીને તેમાંથી પાણી કાઢવા માટે થાય છે.

2.3.3 એકબીજામાં મિશ્ર ન થઈ શકે તેવા બે પ્રવાહીઓનાં મિશ્રણને આપણે કેવી રીતે અલગ કરી શકીએ ? (How can we separate a mixture of two immiscible liquids ?)

પ્રવૃત્તિ 2.6

- ચાલો, આપણે ભિન્નકારી (અલગીકરણ) ગળણી (Separating Funnel) વડે કેરોસીનને પાણીથી અલગ કરવાનો પ્રયત્ન કરીએ.
- કેરોસીન અને પાણીના વિષમાંગ મિશ્રણને ભિન્નકારી ગળણીમાં ભરો. (આકૃતિ 2.6)
- તેને થોડા સમય સુધી ખલેલ પહોંચાડ્યા સિવાય રાખી મૂકતાં કેરોસીન અને પાણીના અલગ સ્તર રચાશે.
- ભિન્નકારી ગળણીનો સ્ટૉપકૉક ખોલો અને નીચેના પાણીના સ્તરને કાળજીપૂર્વક બહાર લઈ લો.
- જેવું કેરોસીન સ્ટૉપકૉક સુધી પહોંચે કે તરત જ ભિન્નકારી ગળણીનાં સ્ટૉપકૉકને બંધ કરી દો.



આકૃતિ 2.6 : મિશ્ર ન થઈ શકે તેવાં પ્રવાહીઓનું અલગીકરણ

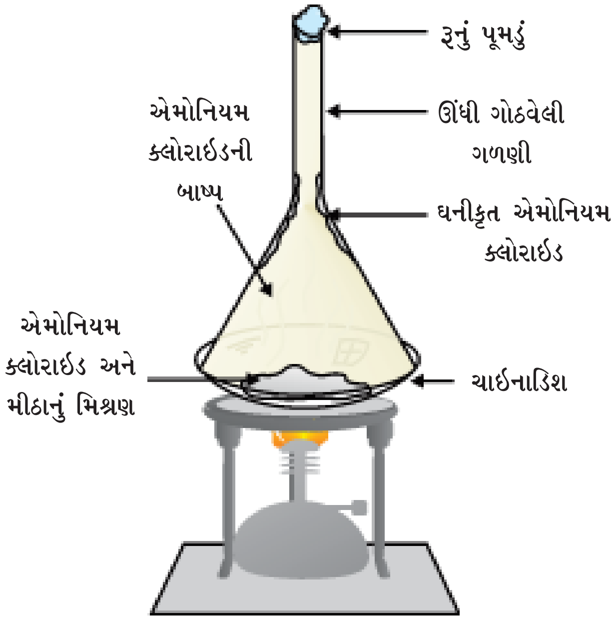
અનુપ્રયોગ (Applications)

- તેલ અને પાણીના મિશ્રણને અલગ કરવા માટે.
- લોખંડની કાચી ધાતુમાંથી લોખંડનું નિષ્કર્ષણ કરવા માટે આ પદ્ધતિમાં હલકું સ્લેગ ઉપરના ભાગથી દૂર કરવામાં આવે છે અને પીગળેલ લોખંડ ભઠ્ઠીના તળિયે રહી જાય છે.

એકબીજામાં મિશ્ર ન થઈ શકે તેવાં પ્રવાહીઓનું તેમની ઘનતાના આધારે અલગ-અલગ સ્તરોમાં અલગીકરણ કરવું તેનો સિદ્ધાંત છે.

2.3.4 આપણે મીઠું અને એમોનિયમ ક્લોરાઇડના મિશ્રણને કેવી રીતે અલગ કરી શકીએ ? (How can we separate a mixture of salt and ammoniun chloride ?)

પ્રકરણ 1માં શીખ્યા મુજબ, એમોનિયમ ક્લોરાઇડને ગરમ કરતાં ઘનમાંથી સીધું વાયુમાં રૂપાંતર પામે છે. આમ, ઉર્ધ્વપાતન ન પામી શકે તેવી અશુદ્ધિ (આ કિસ્સામાં મીઠું)માંથી ઉર્ધ્વપાતન પામી શકે તેવા બાષ્પશીલ ઘટકોને અલગ કરવા માટે ઉર્ધ્વપાતન પદ્ધતિ વપરાય છે (આકૃતિ 2.7). ઉર્ધ્વપાતન પામી શકે તેવા ઘન પદાર્થોનાં ઉદાહરણ : એમોનિયમ ક્લોરાઇડ, કપૂર, નેપ્થેલિન અને એન્થ્રેસીન છે.

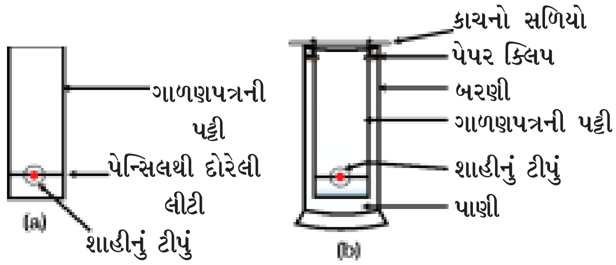


આકૃતિ 2.7 : ઊર્ધ્વપાતન દ્વારા એમોનિયમ ક્લોરાઇડ અને મીઠાનું અલગીકરણ

2.3.5 શું કાળી શાહીમાં રહેલ રંગક એ એક જ રંગ છે ? (Is the dye in black ink a single colour ?)

પ્રવૃત્તિ 2.7

- ગાળણપત્રની એક પાતળી પટ્ટી લો.
- તેના નીચેના છેડેથી આશરે ત્રણ સેન્ટિમીટર ઉપર પેન્સિલ વડે એક લીટી દોરો (આકૃતિ 2.8 (a)).
- તે લીટીની મધ્યમાં શાહી (સ્કેચ પેન અથવા ફાઉન્ટેન પેનની પાણીમાં દ્રાવ્ય હોય તેવી શાહી)નું નાનું ટીપું મૂકો. તેને સુકાવા દો.
- ગાળણપત્રને પાણીથી ભરેલ એક બરણી/કસનળી/ગ્લાસ/બીકરમાં એવી રીતે ડુબાડો કે જેથી શાહીનું ટીપું પાણીના સ્તરની થોડું ઉપર રહે (આકૃતિ 2.8 (b)માં દર્શાવ્યા મુજબ). હવે તેને કોઈ પણ ખલેલ પહોંચાડ્યા સિવાય રાખી મૂકો.
- ગાળણપત્રમાં જેમ-જેમ પાણી ઉપરની તરફ ચડે તેમ-તેમ ધ્યાનથી તેનું અવલોકન કરો અને તેની નોંધ કરો.



આકૃતિ 2.8 : ક્રોમેટોગ્રાફી (વર્ણલેખિકી) પદ્ધતિ દ્વારા કાળી શાહીમાં રહેલ રંગક (Dye)નું અલગીકરણ

જવાબ આપો

- જેમ-જેમ પાણી ગાળણપત્રમાં ઉપર ચડે તેમ તમે શું અવલોકન કરો છો ?
- શું તમને ગાળણપત્ર પર અલગ-અલગ રંગો મળશે ?
- તમારા મત મુજબ, રંગીન ટપકાનું (શાહીના ટીપાનું) ગાળણપત્રની પટ્ટીમાં ઉપર તરફ ચડવાનું કારણ શું હોઈ શકે ?

જે શાહીનો આપણે ઉપયોગ કર્યો તેમાં પાણી દ્રાવક તરીકે વર્તે છે અને તેમાં રહેલા રંગક (Dye)ના કણો દ્રાવ્ય તરીકે વર્તે છે. જેમ-જેમ પાણી ગાળણપત્રમાં ઉપર તરફ ચડે છે તેમ-તેમ તે પોતાની સાથે રંગકના અણુઓને પણ ઉપરની તરફ લઈ જાય છે. સામાન્ય રીતે રંગક બે કે તેથી વધુ રંગોનું (રંગીન ઘટકોનું) મિશ્રણ હોય છે. જે રંગીન ઘટક પાણીમાં વધુ દ્રાવ્ય હોય તે ગાળણપત્રમાં ઝડપથી ઉપર ચડે છે અને આ રીતે રંગોનું અલગીકરણ થાય છે.

મિશ્રણ (વર્ણલેખિકી)માં રહેલા ઘટકોના અલગીકરણની આ પદ્ધતિને ક્રોમેટોગ્રાફી કહે છે. ગ્રીક ભાષામાં ક્રોમાનો અર્થ 'રંગ' થાય છે. આ પદ્ધતિ સૌપ્રથમ વાર રંગોના અલગીકરણ માટે વપરાઈ હતી, તેથી તેનું નામ ક્રોમેટોગ્રાફી અપાયું છે. એક જ દ્રાવકમાં ઓગળેલા જુદાં-જુદાં દ્રાવ્યોના અલગીકરણ માટે ક્રોમેટોગ્રાફી પદ્ધતિ વપરાય છે.

ટેક્નોલૉજીના વિકાસની સાથે ક્રોમેટોગ્રાફીની નવી-નવી પદ્ધતિઓનો પણ વિકાસ થયો છે, જેનો અભ્યાસ તમે આગળનાં ધોરણોમાં કરશો.

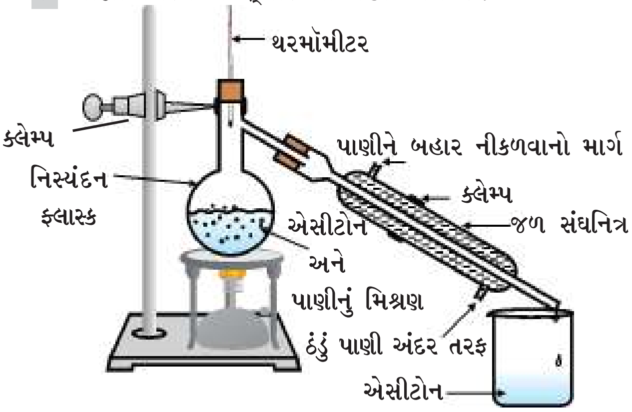
અનુપ્રયોગ (Applications)

- રંગક (Dye)માં રહેલા રંગોને અલગ કરવા.
- કુદરતી રંગોમાંથી વર્ણકો (Pigments)ને અલગ કરવા.
- રુધિર (લોહી)માંથી નશાકારક દ્રવ્યો (Drugs)ને અલગ કરવા.

2.3.6 એકબીજામાં મિશ્ર થઈ શકે તેવાં પ્રવાહીઓને આપણે કેવી રીતે અલગ કરીશું ? (How can we separate a mixture of two miscible liquids ?)

પ્રવૃત્તિ 2.8

- આપણે એકબીજામાં મિશ્ર પાણી અને એસીટોનને તેમનાં મિશ્રણમાંથી અલગ કરવાનો પ્રયત્ન કરીએ.
- નિસ્યંદન ફ્લાસ્ક (Distillation Flask)માં મિશ્રણ લઈ તેમાં થરમૉમીટર લગાવો.
- આકૃતિ 2.9માં દર્શાવ્યા મુજબ સાધનોની ગોઠવણી કરો.
- ફ્લાસ્કમાના મિશ્રણને ધીરે-ધીરે ગરમ કરો અને ધ્યાનપૂર્વક થરમૉમીટર પર નજર રાખતા રહો.
- એસીટોન બાષ્પમાં રૂપાંતર પામે છે અને સંઘનિત્ર (Condenser)માં સંઘનિત (Condense) થઈને સંઘનિત્રના છેડેથી તેને એકત્ર કરી શકાય છે.
- પાણી નિસ્યંદન ફ્લાસ્કમાં રહી જાય છે.



આકૃતિ 2.9 : નિસ્યંદન દ્વારા મિશ્ર થઈ શકે તેવાં બે પ્રવાહીઓનું અલગીકરણ

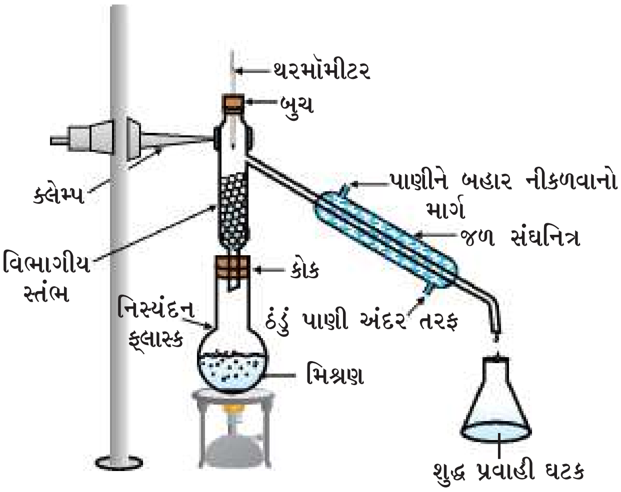
જવાબ આપો

- જ્યારે તમે મિશ્રણને ગરમ કરવાનું શરૂ કરો છો ત્યારે તમે શું અવલોકન કરો છો ?
- કયા તાપમાને થરમૉમીટરનો આંક (Reading) થોડા સમય માટે અચળ રહે છે ?
- એસીટોનનું ઉત્કલનબિંદુ કેટલું છે ?
- મિશ્રણના બંને ઘટકો (એસીટોન અને પાણી)ને શા માટે અલગ કરી શકાય છે ?

આ પદ્ધતિને નિસ્યંદન (Distillation) કહે છે. વિઘટન પામ્યા સિવાય ઉકળતા અને મિશ્ર થઈ શકે તેવાં બે પ્રવાહી કે જેમનાં ઉત્કલનબિંદુ વચ્ચે પૂરતો તફાવત હોય તેમના અલગીકરણ માટે આ પદ્ધતિ વપરાય છે.

સરળતાથી મિશ્ર થઈ જતાં બે કે તેથી વધુ પ્રવાહીનાં ઉત્કલનબિંદુ વચ્ચેનો તફાવત 25 K કરતાં ઓછો હોય તો તેઓના અલગીકરણ માટે વિભાગીય નિસ્યંદન (Fractional Distillation) પદ્ધતિ વપરાય છે. ઉદાહરણ તરીકે હવામાંથી વિવિધ વાયુઓનું અલગીકરણ, પેટ્રોલિયમ પેદાશોમાંથી તેના વિવિધ ઘટકોનું અલગીકરણ વગેરે. તે માટે વપરાતું સાધન સાદા નિસ્યંદન માટે વપરાતા સાધન જેવું જ હોય છે, સિવાય કે નિસ્યંદન ફ્લાસ્ક અને સંઘનિત્ર વચ્ચે વિભાગીય સ્તંભને ગોઠવવામાં આવે છે.

સામાન્ય વિભાગીય સ્તંભ એ કાચના ટુકડાઓથી ભરેલ એક નળી હોય છે. કાચના આ ટુકડા બાષ્પને ઠંડી પડવા માટે તેમજ સંઘનીત થવા માટે વારંવાર સપાટી પૂરી પાડે છે (આકૃતિ 2.10 માં દર્શાવ્યા મુજબ).



આકૃતિ 2.10 : વિભાગીય નિસ્યંદન

2.3.7 હવામાંથી વિવિધ વાયુઓને કેવી રીતે મેળવી શકાય ? (How can we obtain different gases from Air ?)

હવા એક કરતાં વધુ વાયુઓનું સમાંગ મિશ્રણ છે અને વિભાગીય નિસ્યંદન દ્વારા તેને તેના ઘટકોમાં અલગીકૃત કરી શકાય છે. ક્રમદર્શી આરેખ (Flow diagram) (આકૃતિ 2.11) આ પદ્ધતિના વિવિધ તબક્કાઓ દર્શાવે છે.

હવા

↓ દબાણના વધારા અને તાપમાનના ઘટાડા દ્વારા હવાને સંકોચવું (Compress) અને ઠંડું (Cool) કરવું.

પ્રવાહીકૃત હવા

↓ વિભાગીય નિસ્યંદન સ્તંભને ધીમે-ધીમે ગરમ કરો.

વાયુઓ જુદી-જુદી ઊંચાઈએ અલગીકૃત થાય છે.

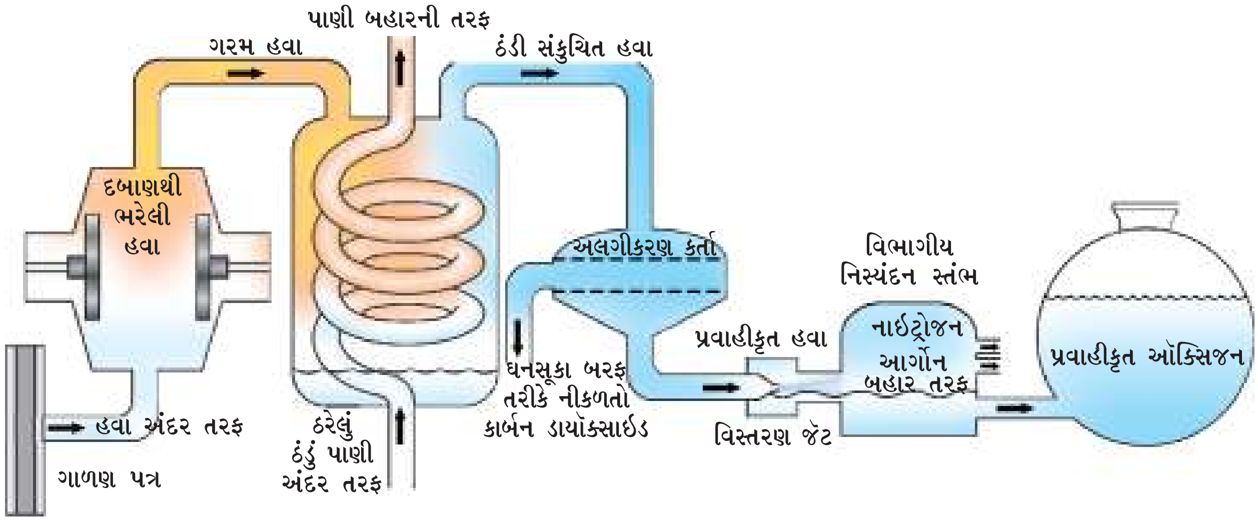
	ઑક્સિજન	આર્ગોન	નાઇટ્રોજન
ઉત્કલનબિંદુ (°C)	− 183	− 186	− 196
હવાનું કદથી ટકાવાર પ્રમાણ	20.9	0.9	78.1

આકૃતિ 2.11 : હવામાંથી વિવિધ વાયુઓને અલગ મેળવવા માટેના પ્રક્રમનો ક્રમદર્શી આરેખ (Flow Chart)

જો આપણે હવામાંથી ઑક્સિજન વાયુ મેળવવા માંગતા હોઈએ (આકૃતિ 2.12) તો, હવામાં હાજર રહેલા તમામ વાયુઓને આપણે અલગ કરવા પડે. દબાણના વધારા વડે હવાનું સંકોચન થાય છે અને તાપમાનના ઘટાડા વડે હવાને ઠંડી પાડી તેને પ્રવાહીકૃત સ્વરૂપે મેળવવામાં આવે છે. આવી પ્રવાહીકૃત હવાને વિભાગીય નિસ્યંદન સ્તંભમાં ધીમે-ધીમે ગરમ કરવામાં આવે છે, જ્યાં ઉત્કલનબિંદુના આધારે જુદી-જુદી ઊંચાઈએ વિવિધ વાયુઓને અલગ-અલગ મેળવવામાં આવે છે.

જવાબ આપો

- હવામાં હાજર રહેલા વાયુઓને તેમના ઉત્કલનબિંદુના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવો.
- જ્યારે હવાને ઠંડી પાડવામાં આવે ત્યારે કયો વાયુ સૌપ્રથમ પ્રવાહીમાં રૂપાંતર પામે છે ?



આકૃતિ 2.12 : હવાના ઘટકોનું અલગીકરણ

2.3.8 અશુદ્ધ નમૂનામાંથી શુદ્ધ કૉપર સલ્ફેટ આપણે કેવી રીતે મેળવી શકીએ ? (How can we obtain pure copper sulphate from an impure sample ?)

પ્રવૃત્તિ 2.9

- એક બાષ્પવાટકીમાં થોડો (આશરે 5 ગ્રામ) અશુદ્ધ કૉપર સલ્ફેટ લો.
- તેને ન્યૂનતમ જથ્થાના પાણીમાં દ્રાવ્ય કરો.
- અશુદ્ધિઓને ગાળણપ્રક્રિયા દ્વારા દૂર કરો.
- સંતૃપ્ત દ્રાવણ મેળવવા માટે કૉપર સલ્ફેટના દ્રાવણમાંથી પાણીનું બાષ્પીભવન કરો.
- દ્રાવણને ગાળણપત્ર વડે ઢાંકો અને તેને કોઈ પણ પ્રકારની ખલેલ પહોંચાડ્યા સિવાય ઓરડાનાં તાપમાને ઠંડુ કરવા એક દિવસ રાખી મૂકો.
- બાષ્પવાટકીમાં તમને કૉપર સલ્ફેટના સ્ફટિક મળશે.
- આ પદ્ધતિને સ્ફટિકીકરણ (Crystallization) કહે છે.

જવાબ આપો

- બાષ્પવાટકીમાં તમે શું અવલોકન કર્યું ?
- શું સ્ફટિક એકસરખા દેખાય છે ?
- બાષ્પવાટકીમાં રહેલ પ્રવાહીમાંથી તમે સ્ફટિકને કેવી રીતે અલગ કરશો ?

સ્ફટિકીકરણ પદ્ધતિ ઘન પદાર્થોના શુદ્ધીકરણ માટે વપરાય છે. ઉદાહરણ તરીકે દરિયાના પાણીમાંથી મળતા મીઠા (Salt)માં ઘણી અશુદ્ધિઓ હોય છે, જેને દૂર કરવા સ્ફટિકીકરણ પદ્ધતિ વપરાય છે. દ્રાવણમાંથી શુદ્ધ ઘન પદાર્થને સ્ફટિક સ્વરૂપે અલગ મેળવવા માટે વપરાતી પદ્ધતિને સ્ફટિકીકરણ કહે છે. સ્ફટિકીકરણ પદ્ધતિ સાદી બાષ્પીભવન પદ્ધતિ કરતાં ચડિયાતી છે કારણ કે,

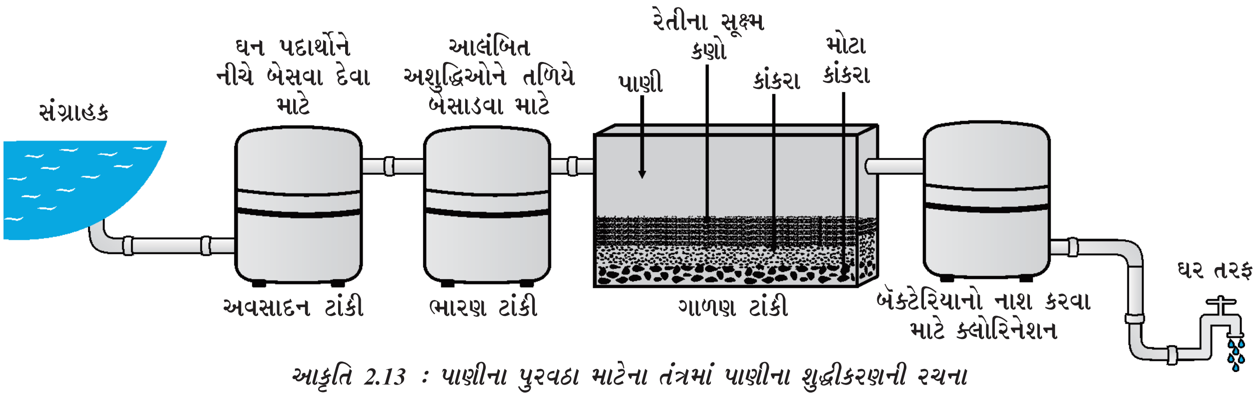
- કેટલાક ઘન પદાર્થો વિઘટન પામે છે તો ખાંડ જેવા કેટલાક પદાર્થોને શુષ્કતા સુધી ગરમ કરતાં તે બળીને કાળા પડી જાય છે.
- ગાળણ પછી પણ કેટલીક અશુદ્ધિઓ દ્રાવણમાં દ્રાવ્ય થયેલી હોય છે, જે બાષ્પીભવનથી ઘન પદાર્થને અશુદ્ધ કરે છે.

અનુપ્રયોગ (Applications)

- દરિયાના પાણીમાંથી મળતા મીઠા (Salt)નું શુદ્ધીકરણ કરવા માટે.
- ફટકડી (એલમ)ના અશુદ્ધ નમૂનામાંથી તેના શુદ્ધ સ્ફટિકનું અલગીકરણ કરવા માટે.

આમ, મિશ્રણમાં રહેલા ઘટકોના સ્વભાવના આધારે ઉપર દર્શાવેલી પદ્ધતિઓ પૈકી કોઈ એક પદ્ધતિ દ્વારા શુદ્ધ પદાર્થ મેળવી શકાય છે. ટેક્નોલૉજીના વિકાસની સાથે અનેક નવી અલગીકરણ પદ્ધતિઓની શોધ થવા લાગી છે.

શહેરમાં પાણીની ટાંકીમાંથી પીવાલાયક પાણી પૂરું પાડવામાં આવે છે. પાણીની ટાંકીની (પાણીના પુરવઠા માટેનું તંત્ર) એક ક્રમદર્શી આરેખ આકૃતિ 2.13માં દર્શાવેલ છે. આ આકૃતિ પરથી પાણીની ટાંકીમાંથી તમારા ઘર સુધી પીવાલાયક પાણી કેવી રીતે પૂરું પડાય છે તે લખો અને તમારા વર્ગખંડમાં તેની ચર્ચા કરો.



આકૃતિ 2.13 : પાણીના પુરવઠા માટેના તંત્રમાં પાણીના શુદ્ધીકરણની રચના

પ્રશ્નો :

1. પેટ્રોલ અને કેરોસીન જે એકબીજામાં મિશ્ર થઈ શકે છે તેના બનાવેલા મિશ્રણને (તેમના ઉત્કલન બિંદુનો તફાવત 25° C કરતાં વધુ છે.) તમે કેવી રીતે અલગ કરશો ?
2. નીચેનાના અલગીકરણ માટે યોગ્ય પદ્ધતિનાં નામ દર્શાવો :
   (i) દહીંમાંથી માખણ
   (ii) દરિયાના પાણીમાંથી મીઠું
   (iii) મીઠામાંથી કપૂર
3. કેવા પ્રકારના મિશ્રણોને સ્ફટિકીકરણ દ્વારા અલગ કરી શકાય ?

2.4 ભૌતિક અને રાસાયણિક ફેરફારો (Physical and Chemical Changes)

શુદ્ધ પદાર્થ અને મિશ્રણ વચ્ચેનો તફાવત સમજીએ તે પહેલાં ચાલો, આપણે ભૌતિક અને રાસાયણિક ફેરફાર વચ્ચેનો તફાવત સમજીએ.

અગાઉના પ્રકરણમાં આપણે દ્રવ્યના કેટલાક ભૌતિક ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કર્યો. ગુણધર્મો કે જેનું અવલોકન કરી શકાય તેમજ વર્ણન કરી શકાય જેવા કે રંગ, સખતાઈ, કઠિનતા, તરલતા, ઘનતા, ગલનબિંદુ, ઉત્કલનબિંદુ વગેરે ભૌતિક ગુણધર્મો છે.

પદાર્થની એક અવસ્થાનું બીજી અવસ્થામાં રૂપાંતર થવું એ ભૌતિક ફેરફાર છે, કારણ કે આવા ફેરફારોને કારણે પદાર્થની સંરચના અને રાસાયણિક સ્વભાવમાં કોઈ પણ પ્રકારનો બદલાવ આવતો નથી. બરફ, પાણી અને પાણીની વરાળ દેખાવમાં અલગ-અલગ હોવા છતાં તેમજ તેમના ભૌતિક ગુણધર્મો અલગ હોવા છતાં તેઓના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય છે.

રાંધણ તેલ (Cooking Oil) અને પાણી બંને પ્રવાહી છે; પરંતુ તેમની રાસાયણિક લાક્ષણિકતાઓ અલગ-અલગ છે. તેઓ વાસ (Odour) અને જ્વલનશીલતા (Inflammability)ના આધારે જુદા પડે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે, તેલ હવામાં સળગે છે અને પાણી આગને બુઝાવે છે. આ તેલના રાસાયણિક ગુણધર્મો છે કે જે તેને પાણી કરતાં જુદું પાડે છે. સળગવું (બળવું) એક રાસાયણિક ફેરફાર છે. આ પ્રક્રિયામાં એક પદાર્થ બીજા પદાર્થ સાથે પ્રક્રિયા કરી પોતાની રાસાયણિક સંરચના (સંઘટન)માં બદલાવ લાવે છે. રાસાયણિક ફેરફારો દ્રવ્યના રાસાયણિક ગુણધર્મોમાં બદલાવ લાવે છે, જેને કારણે આપણે નવો પદાર્થ મેળવીએ છીએ. રાસાયણિક ફેરફારને રાસાયણિક પ્રક્રિયા પણ કહેવાય છે.

મીણબત્તીની સળગવાની ક્રિયા દરમિયાન ભૌતિક અને રાસાયણિક એમ બંને ફેરફાર થાય છે. શું તમે તે ફેરફાર ઓળખી શકો છો ?

પ્રશ્નો :

1. નીચેનાને ભૌતિક અથવા રાસાયણિક ફેરફારોમાં વર્ગીકૃત કરો :
   - ઝાડનું કાપવું.
   - તવીમાં માખણનું પીગળવું.
   - તિજોરીને કાટ લાગવો.
   - પાણી ઉકાળીને વરાળ બનાવવી.
   - પાણીમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરી, પાણીનું હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજન વાયુમાં વિઘટન કરવું.
   - પાણીમાં સામાન્ય ક્ષાર (મીઠું) ઓગાળવું.
   - કાચાં ફળો વડે ફ્રૂટસલાડ બનાવવું.
   - કાગળ અને લાકડાનું સળગવું
2. તમારી આસપાસ (ચોપાસ)ની વસ્તુઓને શુદ્ધ પદાર્થો અથવા મિશ્રણોમાં અલગ કરવાનો પ્રયત્ન કરો.

2.5 શુદ્ધ પદાર્થોના પ્રકાર કયા છે ? (What are the Types of Pure Substances ?)

રાસાયણિક બંધારણને આધારે પદાર્થોને તત્ત્વો અથવા સંયોજનોમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

2.5.1 તત્ત્વો (Elements)

રોબર્ટ બૉઇલ (Robert Boyle) પહેલાં વૈજ્ઞાનિક હતા જેમણે 1661માં 'તત્ત્વ' શબ્દનો ઉપયોગ કર્યો. ફ્રેન્ચ રસાયણશાસ્ત્રી ઍંટોની લોરેન્ટ લેવોઇઝર (Antoine Laurent Lavoisier) (1743-94) એ સૌપ્રથમ વખત તત્ત્વની પ્રાયોગિક રીતે ઉપયોગી હોય તેવી વ્યાખ્યા પ્રતિપાદિત કરી. તેમણે દ્રવ્યના મૂળભૂત સ્વરૂપ તરીકે તત્ત્વને વ્યાખ્યાયિત કર્યું કે જેને રાસાયણિક પ્રક્રિયા દ્વારા સરળ પદાર્થોમાં વિભાજિત કરી શકાતું નથી.

તત્ત્વોને સામાન્ય રીતે ધાતુઓ (Metals), અધાતુઓ (Non- metals) અને અર્ધધાતુઓ (Metalloids)માં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

સામાન્ય રીતે ધાતુઓ નીચેના પૈકી અમુક અથવા તમામ ગુણધર્મો ધરાવે છે :

- તેઓ ચળકાટ (Shine) ધરાવે છે.
- તેઓ ચાંદી જેવો ચળકતો સફેદ અથવા સોના જેવો સોનેરી પીળો રંગ ધરાવે છે.
- તેઓ ઉષ્મા અને વિદ્યુતના સુવાહક હોય છે.
- તેઓ તણાવપણું (તન્યતા) (ખેંચીને તાર બનાવી શકાય) ધરાવે છે.
- તેઓ ટિપાઉપણું (ટીપીને પતરાં બનાવી શકાય) ધરાવે છે.
- તેઓ રણકાર (અથડાવતાં રણકારનો અવાજ પેદા કરે છે) ધરાવે છે.

સોનું, ચાંદી, કૉપર (તાંબુ), લોખંડ, સોડિયમ, પોટૅશિયમ વગેરે ધાતુનાં ઉદાહરણો છે. મરક્યુરી (પારો) એ એકમાત્ર ધાતુ છે કે જે ઓરડાનાં તાપમાને પ્રવાહી સ્વરૂપમાં જોવા મળે છે.

અધાતુઓ નીચેના પૈકી અમુક અથવા તમામ ગુણધર્મો ધરાવે છે :

- તે વિવિધ રંગો ધરાવે છે.
- તેઓ ઉષ્મા અને વિદ્યુતના મંદવાહક હોય છે.
- તેઓ ચળકાટ, તણાવપણું કે ટિપાઉપણું જેવા ગુણધર્મ ધરાવતા નથી.

હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન, આયોડિન, કાર્બન (કોક, કોલસો), બ્રોમિન, ક્લોરિન વગેરે અધાતુનાં ઉદાહરણો છે. અમુક તત્ત્વો ધાતુ અને અધાતુની વચ્ચેના ગુણધર્મો ધરાવે છે, તે અર્ધધાતુઓ તરીકે ઓળખાય છે. બોરોન, સિલિકોન, જર્મેનિયમ વગેરે અર્ધધાતુઓનાં ઉદાહરણો છે.

આ પણ જાણો

- હાલના સમયમાં આવાં તત્ત્વોની સંખ્યા 100 થી વધારે છે, તે પૈકી 92 તત્ત્વો કુદરતમાંથી મળે છે અને બાકીનાં માનવનિર્મિત છે.
- મોટા ભાગનાં તત્ત્વો ઘન સ્વરૂપે છે.
- ઓરડાના તાપમાને 11 તત્ત્વો વાયુ સ્વરૂપે છે.
- ઓરડાના તાપમાને 2 તત્ત્વો પ્રવાહી સ્વરૂપે છે : બ્રોમિન અને મરક્યુરી.
- ઓરડાના તાપમાનથી થોડા ઊંચા તાપમાને (303 K) ગેલિયમ અને સીઝિયમ ધાતુઓ પ્રવાહી સ્વરૂપે હોય છે.

2.5.2 સંયોજનો (Compounds)

સંયોજન બે કે તેથી વધુ એવાં તત્ત્વોથી બનેલ પદાર્થ છે, કે જે રાસાયણિક રીતે એકબીજા સાથે ચોક્કસ પ્રમાણમાં સંયોજાયેલા હોય છે.

જ્યારે આપણે બે કે તેથી વધુ તત્ત્વોને ભેગા કરીએ ત્યારે શું મળે છે ?

પ્રવૃત્તિ 2.10

- તમારા વર્ગખંડના વિદ્યાર્થીઓને બે જૂથમાં વિભાજિત કરો. બંને જૂથને 5 g લોખંડનો ભૂકો અને 3 g સલ્ફર પાઉડર ચાઈના ડિશમાં આપો.

જૂથ I

- લોખંડનો ભૂકો અને સલ્ફર પાઉડરને મિશ્ર કરી તેનો બારીક ભૂકો કરો.

જૂથ II

- લોખંડનો ભૂકો અને સલ્ફર પાઉડરને મિશ્ર કરી તેનો બારીક ભૂકો કરો અને મિશ્રણને લાલચોળ ગરમ કરો. હવે જ્યોતને દૂર કરી મિશ્રણને ઠંડું પડવા દો.

જૂથ I અને II

- પ્રાપ્ત થયેલ સામગ્રી (મિશ્રણ)નું ચુંબકત્વ ચકાસો. મળેલ સામગ્રીની નજીક ચુંબક લઈ જાઓ અને ચકાસો કે તે ચુંબક તરફ આકર્ષાય છે ?
- બંને જૂથ દ્વારા પ્રાપ્ત થયેલ મિશ્રણની બનાવટ અને તેના રંગની તુલના કરો.
- પ્રાપ્ત થયેલ મિશ્રણના એક ભાગમાં કાર્બન ડાઇસલ્ફાઇડ ઉમેરીને બરાબર હલાવો અને ગાળી લો.
- પ્રાપ્ત થયેલ મિશ્રણના બીજા ભાગમાં મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અથવા મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ ઉમેરો. (નોંધ : આ પ્રવૃત્તિ માટે શિક્ષકની દેખરેખ જરૂરી છે.)

કોષ્ટક 2.2 : મિશ્રણ અને સંયોજન

મિશ્રણ	સંયોજન
1. તત્ત્વો અથવા સંયોજનો એકબીજાં સાથે મિશ્ર થઈ મિશ્રણ બનાવે છે; પરંતુ કોઈ નવા સંયોજનનું નિર્માણ થતું નથી.	1. તત્ત્વો એકબીજાં સાથેની પ્રક્રિયાથી નવાં સંયોજનો બનાવે છે.
2. મિશ્રણની સંરચના પરિવર્તનશીલ હોય છે.	2. નવા સર્જાતા પદાર્થનું ઘટક-પ્રમાણ હંમેશાં નિશ્ચિત હોય છે.
3. મિશ્રણ તેમાં રહેલા ઘટક કણો (ઘટક પદાર્થો)ના ગુણધર્મો દર્શાવે છે.	3. નવા સર્જાતા પદાર્થના ગુણધર્મો મૂળ પદાર્થના ગુણધર્મોથી સંપૂર્ણ રીતે અલગ હોય છે.
4. તેના ઘટકોને ભૌતિક પદ્ધતિઓ દ્વારા સરળતાથી અલગ કરી શકાય છે.	4. તેના ઘટકોને માત્ર રાસાયણિક અથવા વીજરાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા જ અલગ કરી શકાય છે.

- બંને તત્ત્વોને (લોખંડ અને સલ્ફર) અલગ રીતે લઈ ઉપર્યુક્ત પ્રવૃત્તિનું પુનરાવર્તન કરો.

જવાબ આપો

- શું બંને જૂથો દ્વારા પ્રાપ્ત થતા મિશ્રણ સરખા દેખાતાં હતાં ?
- કયા જૂથને ચુંબકીય ગુણધર્મ ધરાવતું મિશ્રણ પ્રાપ્ત થયેલ છે ?
- શું આપણે પ્રાપ્ત થતા મિશ્રણના ઘટકોને અલગ કરી શકીએ છીએ ?
- મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અથવા મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ ઉમેરવાથી બંને જૂથને વાયુ પ્રાપ્ત થાય છે ? બંને કિસ્સામાં વાયુની વાસ સમાન કે ભિન્ન હોય છે ?

જૂથ I ને પ્રાપ્ત થયેલ વાયુ હાઇડ્રોજન છે. તે રંગવિહીન, સ્વાદવિહીન અને દહનશીલ છે. વર્ગખંડમાં હાઇડ્રોજન વાયુની દહન કસોટી કરવી સલાહભરેલી નથી. જૂથ II ને પ્રાપ્ત થયેલ વાયુ હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ છે. તે સડેલાં ઈંડાં જેવી વાસ ધરાવતો રંગવિહીન વાયુ છે.

તમે જોયું કે બંને જૂથમાં શરૂઆતનાં મિશ્રણ (પદાર્થો) સમાન હોવા છતાં મળતી નીપજોના ગુણધર્મો જુદા છે. જૂથ I ની પ્રવૃત્તિને કારણે ભૌતિક ફેરફાર જોવા મળ્યો, જ્યારે જૂથ II ની પ્રવૃત્તિને કારણે રાસાયણિક ફેરફાર (રાસાયણિક પ્રક્રિયા) થયો.

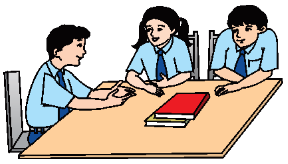
- જૂથ I દ્વારા પ્રાપ્ત થતું મિશ્રણ (પદાર્થ) બે પદાર્થોનું મિશ્રણ છે. આપેલ પદાર્થો એ લોખંડ અને સલ્ફર તત્ત્વો છે.
- મિશ્રણના ગુણધર્મો એ તેમાં રહેલાં ઘટકતત્ત્વોના ગુણધર્મોને મળતાં આવે છે.
- જૂથ II દ્વારા પ્રાપ્ત થયેલ મિશ્રણ (પદાર્થ) સંયોજન છે.
- બે તત્ત્વોને સખત રીતે ગરમ કરતાં સંયોજન મળે છે, કે જેના ગુણધર્મો જોડાતાં તત્ત્વોના ગુણધર્મો કરતાં તદ્દન જુદા હોય છે.
- સંયોજનનું બંધારણ સમગ્ર રીતે (બધે જ) એકસરખું હોય છે. આપણે એ પણ જોયું કે સંયોજનની બનાવટ અને રંગ પણ બધે જ એકસરખા હોય છે.

આમ, આપણે દ્રવ્યના રાસાયણિક અને ભૌતિક સ્વભાવ (પ્રકૃતિ)ને નીચે દર્શાવેલા રેખાત્મક રજૂઆત (Graphical Organiser) દ્વારા સંક્ષિપ્તમાં સમજી શકીએ છીએ.

દ્રવ્ય
(ઘન, પ્રવાહી અથવા વાયુ)

- **શુદ્ધ પદાર્થ**
  - તત્ત્વો
  - સંયોજનો
- **મિશ્રણ (અનિશ્ચિત સંઘટન)**
  - સમાંગ
  - વિષમાંગ

તત્ત્વો	સંયોજનો	સમાંગ	વિષમાંગ
તેઓનું વધુ સરળ પદાર્થોમાં વિભાજન શક્ય નથી.	તે નિશ્ચિત બંધારણ ધરાવે છે. રાસાયણિક અથવા વીજરાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા તેનું તત્ત્વોમાં વિભાજન થઈ શકે છે.	સમાન સંઘટન	અસમાન સંઘટન
દા.ત., તાંબું, ઑક્સિજન, હાઇડ્રોજન, લોખંડ, મરક્યુરી (પારો) વગેરે.	દા.ત., પાણી, મિથેન, ખાંડ, મીઠું વગેરે.	દા.ત., પાણીમાં ખાંડ, પાણીમાં મીઠું, કાર્બન ડાયસલ્ફાઇડમાં સલ્ફર, પાણી અને આલ્કોહૉલ વગેરે.	દા.ત., રેતી અને મીઠું, ખાંડ અને મીઠું, પાણીમાં તેલ વગેરે.



તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- મિશ્રણ કોઈ પણ પ્રમાણમાં મિશ્ર થયેલ એક કરતાં વધારે પદાર્થો (તત્ત્વ અને/અથવા સંયોજન) ધરાવે છે.
- યોગ્ય અલગીકરણ પદ્ધતિઓ દ્વારા મિશ્રણને તેના શુદ્ધ પદાર્થોમાં અલગ કરી શકાય છે.
- દ્રાવણ બે કે તેથી વધારે પદાર્થોનું સમાંગ મિશ્રણ છે. દ્રાવણમાં વધુ પ્રમાણમાં રહેલા ઘટકને દ્રાવક અને ઓછા પ્રમાણમાં રહેલા ઘટકને દ્રાવ્ય કહે છે.
- એકમ કદના દ્રાવણમાં અથવા એકમ વજનના દ્રાવકમાં ઓગળેલા દ્રાવ્યના જથ્થાને દ્રાવણની સાંદ્રતા કહે છે.
- દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય ન થતાં હોય તેવાં પદાર્થોને નરી આંખે જોઈ શકાય છે, તે નિલંબન રચે છે. નિલંબન વિષમાંગ મિશ્રણ છે.
- કલિલ એવું વિષમાંગ મિશ્રણ છે કે જેમાં રહેલા કણો એટલા સૂક્ષ્મ હોય છે કે તેને નરી આંખે જોઈ શકાતાં નથી; પરંતુ એટલી હદે મોટા હોય છે કે તે પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન કરી શકે છે. કલિલ ઉદ્યોગોમાં તથા રોજિંદા જીવનમાં ઉપયોગી છે. કલિલમાંના સૂક્ષ્મ કણોને વિક્ષેપિત કલા કહે છે અને આ કણો જે માધ્યમમાં વિસ્તરેલા હોય છે તેને વિક્ષેપન માધ્યમ કહે છે.
- શુદ્ધ પદાર્થો તત્ત્વો કે સંયોજનો હોઈ શકે છે. તત્ત્વ દ્રવ્યનું સ્વરૂપ છે કે જેને રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા વધારે સરળ પદાર્થોમાં રૂપાંતરિત ન કરી શકાય. સંયોજન રાસાયણિક રીતે ચોક્કસ (નિશ્ચિત) પ્રમાણમાં જોડાયેલાં બે કે તેથી વધારે તત્ત્વોનો બનેલો પદાર્થ છે.
- સંયોજનના ગુણધર્મો તેમાં રહેલાં ઘટક તત્ત્વોના ગુણધર્મોથી અલગ હોય છે, જ્યારે મિશ્રણના ગુણધર્મો તેમાં રહેલાં ઘટકતત્ત્વોના કે સંયોજનોના ગુણધર્મો જેવા જ હોય છે.

સ્વાધ્યાય (Exercises)

1. નીચેના પદાર્થોનું અલગીકરણ કરવા માટે તમે કઈ અલગીકરણ પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરશો ?
   (a) સોડિયમ ક્લોરાઇડને સોડિયમ ક્લોરાઇડના પાણીમાં બનાવેલા દ્રાવણમાંથી
   (b) એમોનિયમ ક્લોરાઇડને સોડિયમ ક્લોરાઇડ અને એમોનિયમ ક્લોરાઇડનાં મિશ્રણમાંથી
   (c) ધાતુના નાના કણો (ટુકડા)ને મોટરકારના એન્જિન-ઑઇલમાંથી
   (d) જુદા-જુદા રંગીન કણોને ફૂલની પાંખડીઓના અર્કમાંથી
   (e) માખણને દહીંમાંથી
   (f) તેલને પાણીમાંથી
   (g) ચાની પત્તીને પીવા માટે બનાવેલ ચામાંથી
   (h) રેતીમાંથી લોખંડની ટાંકણીઓને
   (i) ઘઉંના દાણાને ભૂસાં (છોતરાં)માંથી
   (j) માટી (કાદવ)ના બારીક કણોને પાણીમાં નિલંબિત માટીના કણોમાંથી
2. ચા બનાવવા માટે તમે કયાં-કયાં પગલાં લેશો ? દ્રાવણ, દ્રાવક, દ્રાવ્ય, ઓગળવું, સુદ્રાવ્ય, અદ્રાવ્ય, ગાળણ અને અવશેષ જેવા શબ્દોનો ઉપયોગ કરો.
3. પ્રજ્ઞા ત્રણ જુદા-જુદા પદાર્થોની જુદાં-જુદાં તાપમાને દ્રાવ્યતા ચકાસે છે અને નીચે દર્શાવેલા આંકડા એકત્ર કરે છે. (100 ગ્રામ પાણીમાં દ્રાવ્ય થયેલ પદાર્થનું વજન કે જે દ્રાવણને સંતૃપ્ત બનાવવા માટે પર્યાપ્ત છે, તે નીચે દર્શાવેલ કોષ્ટકમાં આપેલ છે) :

ઓગાળેલ પદાર્થ	તાપમાન (K)				
	283	293	313	333	353
પોટૅશિયમ નાઇટ્રેટ	21	32	62	106	167
સોડિયમ ક્લોરાઇડ	36	36	36	37	37
પોટૅશિયમ ક્લોરાઇડ	35	35	40	46	54
એમોનિયમ ક્લોરાઇડ	24	37	41	55	66

   (a) 313 K તાપમાને 50 ગ્રામ પાણીમાં પોટૅશિયમ નાઇટ્રેટનું સંતૃપ્ત દ્રાવણ બનાવવા માટે પોટૅશિયમ નાઇટ્રેટનું કેટલું દળ જોઈએ ?
   (b) પ્રજ્ઞા 353 K તાપમાને પોટૅશિયમ ક્લોરાઇડનું સંતૃપ્ત દ્રાવણ બનાવે છે અને તેને ઓરડાનાં તાપમાને ઠંડુ પડવા મૂકે છે. જેમ દ્રાવણ ઠંડુ પડશે તેમ તેનું અવલોકન શું હશે ? સમજાવો.
   (c) 293 K તાપમાને દર્શાવેલ દરેક ક્ષારની દ્રાવ્યતા શોધો. આ જ તાપમાને કયા ક્ષારની દ્રાવ્યતા સૌથી વધુ હશે ?
   (d) ક્ષારની દ્રાવ્યતા પર તાપમાનના ફેરફારની શી અસર થશે ?

4. નીચેના શબ્દો ઉદાહરણ સહિત સમજાવો :

(a) સંતૃપ્ત દ્રાવણ

(b) શુદ્ધ પદાર્થ

(c) કલિલ

(d) નિલંબન

5. નીચે દર્શાવેલ દરેકને સમાંગ કે વિષમાંગ મિશ્રણમાં વર્ગીકૃત કરો :

સોડાવૉટર, લાકડું, હવા, જમીન, વિનેગર, ગાળેલી ચા

6. તમને આપેલ રંગહીન પ્રવાહી શુદ્ધ પાણી છે, તે તમે કેવી રીતે નક્કી કરશો ?

7. નીચેના પૈકી કયા પદાર્થોને શુદ્ધ પદાર્થોના સમૂહમાં મૂકી શકાય ?

(a) બરફ

(b) દૂધ

(c) લોખંડ

(d) હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ

(e) કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ

(f) મરક્યુરી (પારો)

(g) ઈંટ

(h) લાકડું

(i) હવા

8. નીચે દર્શાવેલા મિશ્રણોમાંથી દ્રાવણોને ઓળખો :

(a) માટી

(b) દરિયાનું પાણી

(c) હવા

(d) કોલસો

(e) સોડાવૉટર

9. નીચેના પૈકી કયો પદાર્થ ટિંડલ અસર દર્શાવશે ?

(a) મીઠાનું દ્રાવણ

(b) દૂધ

(c) કૉપર સલ્ફેટનું દ્રાવણ

(d) સ્ટાર્ચનું દ્રાવણ

10. નીચેનાંને તત્ત્વ, સંયોજન અને મિશ્રણમાં વર્ગીકૃત કરો :

(a) સોડિયમ

(b) માટી

(c) ખાંડનું દ્રાવણ

(d) સિલ્વર

(e) કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ

(f) ટિન

(g) સિલિકોન

(h) કોલસો

(i) હવા

(j) સાબુ

(k) મિથેન

(l) કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ

(m) રુધિર

11. નીચેના પૈકી કયા રાસાયણિક ફેરફારો છે ?

(a) છોડની વૃદ્ધિ

(b) લોખંડનું કટાવું

(c) લોખંડની ભૂકી અને રેતીને મિશ્ર કરવા

(d) ખોરાકનું રાંધવું

(e) ખોરાકનું પાચન

(f) પાણીનું ઠરવું

(g) મીણબત્તીનું સળગવું

સામૂહિક પ્રવૃત્તિ (Group Activity)

એક માટીનો ઘડો (માટલું), કેટલાક પથ્થર અને રેતી લો. નાના પાયા પર ગાળણ પ્લાન્ટ (Filtration Plant)ની રૂપરેખા તૈયાર કરો કે જેનો ઉપયોગ તમે કાદવયુક્ત (દૂષિત) પાણીને શુદ્ધ કરવા માટે કરી શકો.

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 ડેમોક્રિટ્સ (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. ડેમોક્રિટ્સે 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. લેવોઇઝરે (Antoine L. Lavoisier) રસાયણશાસ્ત્રનો પાયો નાંખ્યો.

3.1 રાસાયણિક સંયોગીકરણના નિયમો (Laws of Chemical Combination)

લેવોઇઝર 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)

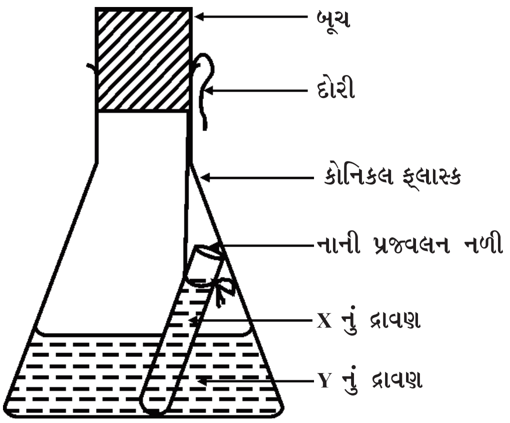
જ્યારે કોઈ રાસાયણિક ફેરફાર (રાસાયણિક પ્રક્રિયા) થાય ત્યારે શું દળમાં કોઈ ફેરફાર થાય છે ?

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 10 mLનું દ્રાવણ તૈયાર કરો.
- એક કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં Yનું દ્રાવણ લો અને એક નાની કસનળી (Ignition Tube)માં થોડી માત્રામાં X દ્રાવણ લો.
- કસનળીને 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 કસનળીને 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 (કૉર્ક) શા માટે લગાવીએ છીએ ?
- શું ફ્લાસ્ક અને તેની અંદર રહેલા ઘટકોના દળમાં કોઈ ફેરફાર થાય છે ?

દ્રવ્ય સંચયનો 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 તત્ત્વોનાં બનેલાં હોય છે. આવું દરેક સંયોજન એક સમાન ગુણોત્તરથી એક સમાન તત્ત્વો ધરાવે છે. પછી તે તત્ત્વ ક્યાંથી આવ્યું કે કોણે તે શોધ્યું તેની સાથે તેને કોઈ સંબંધ નથી.

પાણી જેવા સંયોજનમાં હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનનો દળથી ગુણોત્તર હંમેશાં 1:8 થાય છે. ભલે પછી પાણીનો સ્રોત ગમે તે હોય. આમ, 9 ગ્રામ પાણીનું વિઘટન થાય ત્યારે હંમેશાં 1 ગ્રામ હાઇડ્રોજન અને 8 ગ્રામ ઑક્સિજન ઉદ્‌ભવે છે. તેવી જ રીતે એમોનિયામાં નાઇટ્રોજન અને હાઇડ્રોજનનો 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 તત્ત્વો હંમેશાં દળથી નિશ્ચિત પ્રમાણમાં હાજર રહેલા હોય છે."

વૈજ્ઞાનિકોની હવે પછીની સમસ્યા આ નિયમોની યોગ્ય સમજૂતી આપવાની હતી. બ્રિટિશ રસાયણશાસ્ત્રી જ્હોન 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 સંયોગીકરણના નિયમો પર આધારિત હતો. ડાલ્ટનના પરમાણુ સિદ્ધાંતે દ્રવ્ય સંચયના નિયમ તેમજ નિશ્ચિત પ્રમાણના નિયમની સમજૂતી પૂરી પાડી.

જ્હોન ડાલ્ટન

જ્હોન ડાલ્ટનનો જન્મ ગરીબ વણકર પરિવારમાં 1766માં ઇંગ્લૅન્ડમાં થયો હતો. તેમણે બાર વર્ષની ઉંમરે એક શિક્ષક તરીકે પોતાની કારકિર્દીની શરૂઆત કરી હતી. સાત વર્ષ બાદ તે શાળાના આચાર્ય બન્યા. 1793માં ડાલ્ટન એક કૉલેજમાં ગણિત, ભૌતિકવિજ્ઞાન અને રસાયણવિજ્ઞાન ભણાવવા માટે માન્ચેસ્ટર 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.

(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 ઈથેનોઇક ઍસિડ (ઍસિટિક ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા પામે છે તથા 2.2 g કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, 0.9 g પાણી અને

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

સોડિયમ કાર્બોનેટ + ઈથેનોઈક ઍસિડ ⟶ સોડિયમ ઈથેનોએટ + કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ + પાણી

2. પાણી બનાવવા માટે હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજન દળથી 1:8 ના પ્રમાણમાં જોડાય છે. 3 g હાઈડ્રોજન વાયુ સાથે સંપૂર્ણ પ્રક્રિયા કરવા માટે ઑક્સિજનનો 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 ઈમારત તૈયાર થાય છે ? આ વિશાળ ઈમારતના 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.

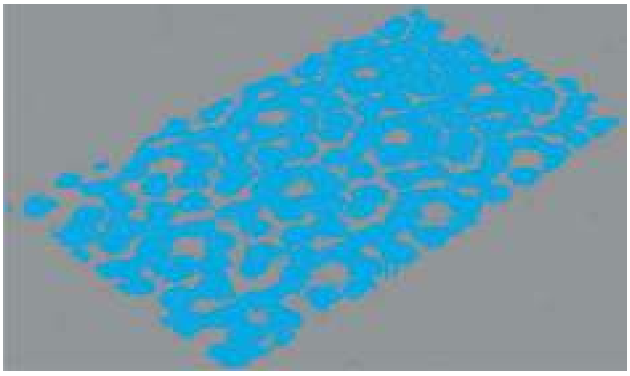
પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા નેનોમીટર(nm)માં મપાય છે.

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

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

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

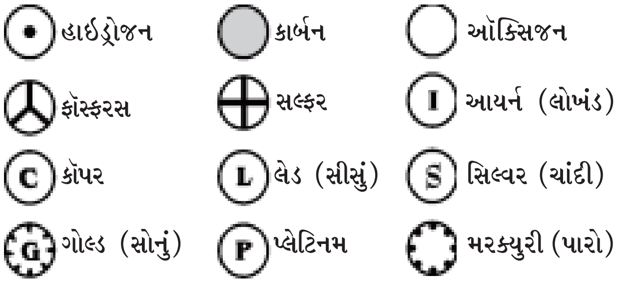
જો પરમાણુનુ કદ આટલું સૂક્ષ્મ હોય કે આપણે તેમને અવગણી શકીએ તો પછી આપણે તેના વિશે શા માટે વિચારીએ ? આપણે તેના વિશે એટલા માટે વિચારીએ છીએ કારણ કે આપણું સમગ્ર વિશ્વ પરમાણુઓનું બનેલું છે. ભલે, આપણે પરમાણુને જોઈ ન શકીએ પરંતુ તેમનું અસ્તિત્વ છે તથા આપણી દરેકેદરેક ક્રિયાઓ પર તેમની અસર પણ પડતી હોય છે. હવે આપણે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



આકૃતિ 3.2 : સિલિકોનની સપાટીની તસવીર

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

તત્ત્વોની સંજ્ઞાઓનો વિશિષ્ટ રીતે ઉપયોગ કરનાર ડાલ્ટન પ્રથમ વૈજ્ઞાનિક હતા. તેમણે જ્યારે કોઈ તત્ત્વની સંજ્ઞાનો ઉપયોગ કર્યો ત્યારે તેમનો ઈશારો તત્ત્વના નિશ્ચિત જથ્થા તરફ હતો. અર્થાત્, તત્ત્વની સંજ્ઞા એક પરમાણુને પ્રદર્શિત કરતી હતી. બર્ઝેલિયસે (Berzillius) સૂચવ્યું કે તત્ત્વોની સંજ્ઞાને તેમના નામના એક અથવા બે અક્ષરોથી દર્શાવી શકાય.



આકૃતિ 3.3 : ડાલ્ટન દ્વારા દર્શાવાયેલ કેટલાંક તત્ત્વોની સંજ્ઞાઓ

શરૂઆતના સમયમાં તત્ત્વોનાં નામ તેમનાં પ્રાપ્તિસ્થાનો કે જ્યાંથી તે સૌપ્રથમ મળ્યા હતાં તેના નામ પરથી અપાતા હતા. ઉદાહરણ તરીકે, કૉપરનું નામ સાયપ્રસ (Cyprus) પરથી પડ્યું હતું. કેટલાંક તત્ત્વોનાં નામ તેમના વિશિષ્ટ રંગો પરથી લેવામાં આવ્યા હતાં. ઉદાહરણ તરીકે, સોનું નામ અંગ્રેજી શબ્દ પરથી રાખવામાં આવ્યુ હતું જેનો અર્થ 'પીળો' એવો થાય છે. હાલના સમયમાં ઇન્ટરનેશનલ યુનિયન ઑફ પ્યોર ઍન્ડ એપ્લાઈડ કેમિસ્ટ્રી (International Union of Pure and Applied Chemistry) (IUPAC) એ તત્ત્વોનાં નામોને મંજૂરી આપે છે. મોટા ભાગનાં તત્ત્વોની સંજ્ઞા તે તત્ત્વોનાં અંગ્રેજી નામના એક અથવા બે અક્ષરોથી બનેલી છે. કોઈ પણ તત્ત્વનો પ્રથમ અક્ષર હંમેશાં કૅપિટલ અક્ષરોમાં અને બીજા અક્ષર હંમેશાં નાના (લઘુલિપિ) અક્ષરોમાં લખાય છે.

ઉદાહરણ તરીકે

(i) હાઈડ્રોજન, H

(ii) ઍલ્યુમિનિયમ, Al, નહિ કે AL

(iii) કોબાલ્ટ, Co, નહિ કે CO

કેટલાંક તત્ત્વોની 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 તત્ત્વના લૅટિન, જર્મન અથવા ગ્રીક ભાષાના તેઓનાં નામ પરથી લીધેલ છે. ઉદાહરણ તરીકે, લોખંડની સંજ્ઞા Fe તેના લૅટિન નામ ફેરમ પરથી રાખેલ છે. તે જ રીતે, સોડિયમની સંજ્ઞા Na તથા પોટૅશિયમની સંજ્ઞા K અનુક્રમે નેટ્રિયમ અને કેલિયમ પરથી રાખેલ છે. આમ, દરેક તત્ત્વનું એક નામ અને એક વિશિષ્ટ સંજ્ઞા હોય છે.

કોષ્ટક 3.1 : કેટલાંક તત્ત્વોની સંજ્ઞાઓ

તત્ત્વ	સંજ્ઞા	તત્ત્વ	સંજ્ઞા	તત્ત્વ	સંજ્ઞા
ઍલ્યુમિનિયમ	Al	કૉપર	Cu	નાઇટ્રોજન	N
આર્ગોન	Ar	ફ્લોરિન	F	ઑક્સિજન	O
બેરિયમ	Ba	સોનું	Au	પોટૅશિયમ	K
બોરોન	B	હાઇડ્રોજન	H	સિલિકોન	Si
બ્રોમિન	Br	આયોડિન	I	સિલ્વર	Ag
કૅલ્શિયમ	Ca	લોખંડ	Fe	સોડિયમ	Na
કાર્બન	C	સીસું	Pb	સલ્ફર	S
ક્લોરિન	Cl	મૅગ્નેશિયમ	Mg	યુરેનિયમ	U
કોબાલ્ટ	Co	નિયોન	Ne	ઝિંક	Zn

(જ્યારે પણ તમે તત્ત્વો 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 તત્ત્વ 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 પરમાણુંનું દળ નક્કી કરવું પ્રમાણમાં ઘણું મુશ્કેલ કાર્ય હતું, તેથી રાસાયણિક સંયોગીકરણના નિયમો ના ઉપયોગ દ્વારા તેમજ ઉદ્ભવેલાં સંયોજનો દ્વારા પરમાણુનું સાપેક્ષ દળ જાણી શકાયું.

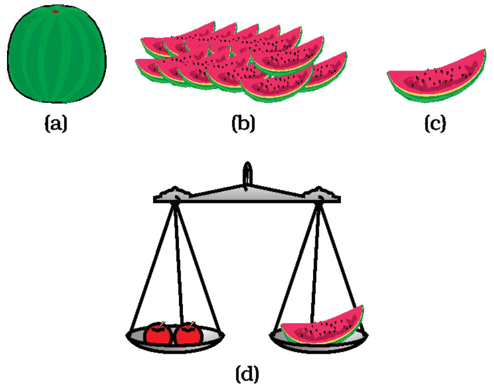
ચાલો, આપણે કાર્બન અને ઑક્સિજનમાંથી બનતા સંયોજન કાર્બન મોનોક્સાઇડ (CO)નું ઉદાહરણ લઈએ પ્રાયોગિક રીતે અવલોકાયેલું છે કે 3 g કાર્બન અને 4 g ઑક્સિજન સંયોજાવાથી કાર્બન મોનોક્સાઇડ બને છે.બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો, કાર્બન પોતાના દળ કરતાં $\frac{4}{3}$ ગણા વધારે દળ ધરાવતા ઑક્સિજન સાથે સંયોજાય છે. ધારો કે, આપણે પરમાણ્વીય 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 ઑક્સિજનના 1/16મા ભાગના દળને એક એકમ તરીકે લીધું. નીચે દર્શાવેલા બે કારણોને લીધે તેને સુસંગત માનવામાં આવ્યું :

- ઑક્સિજન 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 ફળવિક્રેતા 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 ફળવિક્રેતા 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 પરમાણ્વીય દળને વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય છે.

કોષ્ટક 3.2 : કેટલાંક તત્ત્વોનાં પરમાણ્વીય દળ

તત્ત્વ	પરમાણ્વીય દળ (u)
હાઇડ્રોજન	1
કાર્બન	12
નાઇટ્રોજન	14
ઑક્સિજન	16
સોડિયમ	23
મૅગ્નેશિયમ	24
સલ્ફર	32
ક્લોરિન	35.5
કૅલ્શિયમ	40

3.2.3 પરમાણુ કેવી રીતે અસ્તિત્વ ધરાવે છે ? (How do atoms exist ?)

મોટાભાગનાં તત્ત્વોના પરમાણુઓ સ્વતંત્રરૂપે અસ્તિત્વ ધરાવી શકતાં 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 તત્ત્વના અણુઓ (Molecules of elements)

કોઈપણ તત્ત્વના અણુઓ એક જ પ્રકારના પરમાણુઓ દ્વારા બને છે. આર્ગોન (Ar), હિલિયમ (He) વગેરે જેવાં અનેક તત્ત્વોના અણુ તે જ તત્ત્વના એક જ પ્રકારના પરમાણુ દ્વારા તૈયાર થાય છે; પરંતુ મોટા ભાગનાં અધાતુ તત્ત્વોમાં આવું બનતું નથી. ઉદાહરણ તરીકે, ઑક્સિજનનો એક અણુ ઑક્સિજનના બે પરમાણુઓથી બનેલો છે. તેથી જ તે દ્વિ-પરમાણ્વીય અણુ (O_2) તરીકે ઓળખાય છે. જો 2 ના બદલે 3 ઑક્સિજન 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 તત્ત્વો સરળ બંધારણ ધરાવતાં નથી. તેમાં વધુ મોટી અને અનિશ્ચિત સંખ્યામાં પરમાણુઓ એકબીજા સાથે બંધથી જોડાયેલા હોય છે.

ચાલો, આપણે કેટલાંક તત્ત્વોની પરમાણ્વીયતા જોઈએ.

કોષ્ટક 3.3 : કેટલાંક તત્ત્વોની પરમાણ્વીયતા

તત્ત્વનો પ્રકાર	નામ	પરમાણ્વીયતા
અધાતુ	આર્ગોન	એકપરમાણ્વીય
	હિલિયમ	એકપરમાણ્વીય
	ઑક્સિજન	દ્વિ-પરમાણ્વીય
	હાઇડ્રોજન	દ્વિ-પરમાણ્વીય
	નાઇટ્રોજન	દ્વિ-પરમાણ્વીય
	ક્લોરિન	દ્વિ-પરમાણ્વીય
	ફૉસ્ફરસ	ચતુઃ પરમાણ્વીય
	સલ્ફર	બહુપરમાણ્વીય
ધાતુ	સોડિયમ	એકપરમાણ્વીય
	લોખંડ	એકપરમાણ્વીય
	ઍલ્યુમિનિયમ	એકપરમાણ્વીય
	કૉપર	એકપરમાણ્વીય

3.3.2 સંયોજનોના અણુઓ (Molecules of compounds)

જુદાં-જુદાં તત્ત્વોના 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	સંયોજાતાં તત્ત્વો	દળથી ગુણોત્તર
પાણી	હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન	1:8
એમોનિયા	નાઇટ્રોજન, હાઇડ્રોજન	14:3
કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ	કાર્બન, ઑક્સિજન	3:8

પ્રવૃત્તિ 3.2

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

તત્ત્વ	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 ક્લોરાઇડ (NaCl) લઈએ તો, તેના ઘટકકણો તરીકે ધનવીજભારિત સોડિયમ આયનો (Na^+) અને ઋણ વીજભારિત ક્લોરાઇડ આયનો (Cl^-) હોય છે. આયન એક વીજભારિત પરમાણુ અથવા ચોખ્ખો (net) વીજભાર ધરાવતા પરમાણુઓના સમૂહના બનેલા હોય છે.

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 તત્ત્વો	દળથી ગુણોત્તર
કેલ્શિયમ ઑક્સાઈડ	કેલ્શિયમ અને ઑક્સિજન	5 : 2
મૅગ્નેશિયમ સલ્ફાઈડ	મૅગ્નેશિયમ અને સલ્ફર	3 : 4
સોડિયમ ક્લોરાઈડ	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 તત્ત્વોની સંજ્ઞાઓ અને તેઓની સંયોજાવાની ક્ષમતા (સંયોજન-ક્ષમતા) (Combining Capacity)નો અભ્યાસ કરવો જરૂરી છે.

કોઈ પણ તત્ત્વની સંયોજાવાની શક્તિ (અથવા ક્ષમતા)ને તે તત્ત્વની સંયોજકતા કહેવાય છે. કોઈ એક તત્ત્વના પરમાણુઓ અન્ય તત્ત્વના પરમાણુ(ઓ) સાથે સંયોજાઈને કેવી રીતે રાસાયણિક સંયોજન બનાવે છે તે જાણવા માટે સંયોજકતાનો ઉપયોગ થાય છે. કોઈ પણ તત્ત્વના 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 ખરા ? શું તમે OH_4 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.

કોષ્ટક 3.6 : કેટલાંક આયનોનાં નામ અને સંજ્ઞાઓ

સંયોજકતા	આયનનું નામ	સંજ્ઞા	અધાત્વીય તત્ત્વ	સંજ્ઞા	બહુપરમાણ્વીય આયન	સંજ્ઞા
1.	સોડિયમ	Na^+	હાઈડ્રોજન	H^+	એમોનિયમ	NH_4^+
	પોટૅશિયમ	K^+	હાઈડ્રાઈડ	H^-	હાઈડ્રોક્સાઈડ	OH^-
	સિલ્વર	Ag^+	ક્લોરાઈડ	Cl^-	નાઈટ્રેટ	NO_3^-
	કૉપર(I)*	Cu^+	બ્રોમાઈડ	Br^-	હાઈડ્રોજન કાર્બોનેટ	HCO_3^-
			આયોડાઈડ	I^-		
2.	મૅગ્નેશિયમ	Mg^{2+}	ઑક્સાઈડ	O^{2-}	કાર્બોનેટ	CO_3^{2-}
	કેલ્શિયમ	Ca^{2+}	સલ્ફાઈડ	S^{2-}	સલ્ફાઈટ	SO_3^{2-}
	ઝિંક	Zn^{2+}			સલ્ફેટ	SO_4^{2-}
	આયર્ન(II)*	Fe^{2+}				
	કૉપર(II)*	Cu^{2+}				
3.	ઍલ્યુમિનિયમ	Al^{3+}	નાઈટ્રાઈડ	N^{3-}	ફૉસ્ફેટ	PO_4^{3-}
	આયર્ન(III)*	Fe^{3+}				

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

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, કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ (CaO), સોડિયમ ક્લોરાઇડ (NaCl), આયર્ન સલ્ફાઇડ (FeS), કૉપર ઑક્સાઇડ (CuO) વગેરે. અહીં ઑક્સિજન, 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 બનતાં સંયોજનોમાં આયનને કૌંસમાં દર્શાવી કૌંસની બહાર તેનો ગણોત્તર દર્શાવતી સંખ્યા લખાય છે. જો બહુપરમાણીય 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 સંયોજાતા પરમાણુઓની સંયોજકતાઓ ક્રૉસ કરીએ છીએ.

ઉદાહરણો

1. હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડનું સૂત્ર :

સંજ્ઞા H Cl
સંયોજકતા 1 1

તેથી હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડનું સૂત્ર HCl છે.

2. હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ અને પાણીનું સૂત્ર :

સંજ્ઞા H S
સંયોજકતા 1 2

સૂત્ર : H_2S છે.

સંજ્ઞા H O
સંયોજકતા 1 2

સૂત્ર : H_2O

3. કાર્બન ટેટ્રાક્લોરાઇડનું સૂત્ર :

સંજ્ઞા C Cl
સંયોજકતા 4 1

સૂત્ર : CCl_4

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

મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડનું 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.

4. મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડનું સૂત્ર :

સંજ્ઞા Mg Cl
વીજભાર +2 1–

તેથી મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડનું રાસાયણિક સૂત્ર $MgCl_2$ છે.

આમ, મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડના અણુમાં પ્રત્યેક (Mg^{2+}) આયન માટે બે ક્લોરાઇડ (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

(a) ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડનું સૂત્ર :

સંજ્ઞા Al O
વીજભાર 3+ 2–

સૂત્ર : Al_2O_3

(b) કૅલ્શિયમ ઑક્સાઈડનું સૂત્ર :

સંજ્ઞા Ca O
વીજભાર 2+ 2–

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 નાઈટ્રેટનું સૂત્ર :

સંજ્ઞા/સૂત્ર Na NO_3

વીજભાર 1+ 1–

સૂત્ર : $NaNO_3$

(d) કેલ્શિયમ હાઈડ્રૉક્સાઈડનું સૂત્ર :

સંજ્ઞા/સૂત્ર Ca OH

વીજભાર 2+ 1–

સૂત્ર : $Ca(OH)_2$

અત્રે નોંધનીય છે કે, કેલ્શિયમ હાઈડ્રૉક્સાઈડનું 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 હાઈડ્રૉક્સિલ (OH) સમૂહો જોડાયેલ છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ, તો કેલ્શિયમ હાઈડ્રૉક્સાઈડમાં ઑક્સિજન અને હાઈડ્રોજનના બે-બે પરમાણુઓ છે.

(e) સોડિયમ કાર્બોનેટનું સૂત્ર :

સંજ્ઞા/સૂત્ર Na CO_3

વીજભાર 1+ 2–

સૂત્ર : Na_2CO_3

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

(f) એમોનિયમ સલ્ફેટનું સૂત્ર :

સૂત્ર NH_4 SO_4

વીજભાર 1+ 2–

સૂત્ર : $(NH_4)_2SO_4$

પ્રશ્નો :

1. રાસાયણિક સૂત્રો લખો :

(i) સોડિયમ ઑક્સાઈડ

(ii) ઍલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઈડ

(iii) સોડિયમ સલ્ફાઈડ

(iv) મૅગ્નેશિયમ હાઈડ્રૉક્સાઈડ

2. નીચે દર્શાવેલ સૂત્રો ધરાવતાં સંયોજનોનાં નામ લખો :

(i) $Al_2(SO_4)_3$

(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) હાઈડ્રોજનનું પરમાણ્વીય દળ = 1 u અને

ઑક્સિજનનું પરમાણ્વીય દળ = 16 u છે.

આથી, બે હાઈડ્રોજન પરમાણુ અને એક ઑક્સિજન પરમાણુ ધરાવતા પાણીના અણુનું આણ્વીય દળ $= 2\times1 + 1 \times 16 = 18$ u થાય.

(b) HNO_3નું આણ્વીય દળ = Hનું પરમાણ્વીય દળ + Nનું પરમાણ્વીય દળ + 3 × Oનું 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 :

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

ઉદાહરણ 3.2 : $CaCl_2$ માટે એકમ સૂત્ર દળની ગણતરી કરો.

ઉકેલ :

(a) $CaCl_2$ નું એકમ સૂત્ર દળ = Ca નું પરમાણ્વીય દળ

+ 2(Cl નું પરમાણ્વીય દળ)

$= 40 + 2 \times 35.5 = 40 + 71 = 111$ u

પ્રશ્નો :

1. નીચેનાનાં આણ્વીય દળ ગણો :

   H_2, O_2, Cl_2, CO_2, CH_4, C_2H_6, C_2H_4, NH_3, CH_3OH

2. ZnO, Na_2O, K_2CO_3 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 મૉલ સંકલ્પના (Mole Concept)

એક ઉદાહરણ લઈએ કે જેમાં હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન વચ્ચે પ્રક્રિયા થઈ પાણી બને છે.

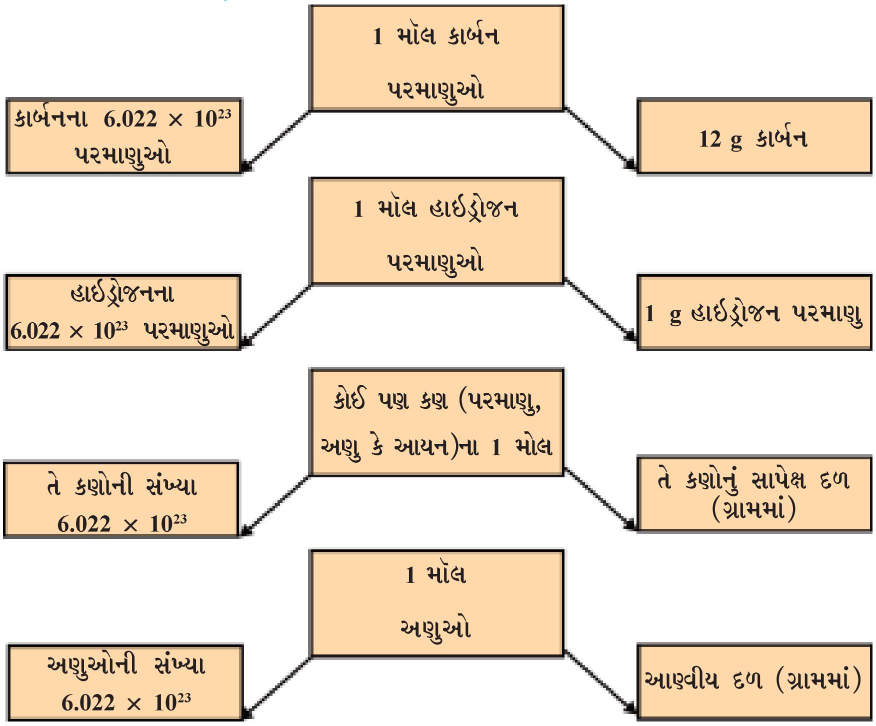
$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O.$$

ઉપર્યુક્ત પ્રક્રિયા સૂચવે છે કે,

(i) હાઇડ્રોજનના બે અણુ ઑક્સિજનના એક અણુ સાથે સંયોજાઈ પાણીના બે અણુ બનાવે છે અથવા

(ii) હાઇડ્રોજન અણુના 4u ઑક્સિજન 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 'મૉલ' રજૂ કરાયો. કોઈ પણ ઘટક (પરમાણુ, અણુ, આયન



આકૃતિ 3.5 *મોલ, એવોગેડ્રો અંક અને દળ વચ્ચેનો સંબંધ*

અથવા કણ)ના એક મૉલ-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 મૉલ 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 ઈટાલિયન વૈજ્ઞાનિક એમેડિયો એવોગેડ્રો (Amedeo Avogadro)ના માનમાં એવોગેડ્રો અચળાંક અથવા એવોગેડ્રો અંક (N_0 દ્વારા દર્શાવાય છે) કહેવાય છે.

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

કોઈ પણ પદાર્થના 1 મૉલ 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 મૉલ પરમાણુઓનું દળ કે જે મૉલર 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 ઑક્સિજન એ માત્ર એક જ ઑક્સિજન પરમાણુ ધરાવે છે જ્યારે 16 g ઑક્સિજન 1 મૉલ પરમાણુ એટલે કે 6.022×10^{23} જેટલા ઑક્સિજન 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 મૉલ પાણીના અણુ ધરાવે છે.

કે જે પાણીના 6.022×10^{23} અણુ હશે.

રસાયણશાસ્ત્રીઓને કોઈ પણ પ્રક્રિયા કરતી વખતે 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 મૉલ = 6.022×10^{23} સંખ્યા

= ગ્રામમાં સાપેક્ષ દળ

આમ, રસાયણશાસ્ત્રીઓએ દર્શાવેલ ગણતરીનો એકમ મૉલ છે.

ઈ.સ. 1896ની આસપાસ વિલ્હેમ ઓસ્વાલ્ડે (Wilhelm Oswald) ''મૉલ'' શબ્દનો પરિચય આપ્યો જે એક લૅટિન શબ્દ મૉલ્સ (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 મૉલની 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 મૉલ સંખ્યાની ગણતરી કરો :
   (1) 52 ગ્રામ He (દળ દ્વારા મૉલ શોધો)
   (ii) 12.044×10^{23} He પરમાણુઓ (કણોની સંખ્યા દ્વારા મૉલ શોધો)

ઉકેલ :

મૉલ-સંખ્યા = n

આપેલ દળ = m

મોલર દળ = M

આપેલ કણોની સંખ્યા = N

કણો માટે એવોગેડ્રો અંક = N_0

(i) Heનું પરમાણ્વીય દળ = 4u

Heનું મોલર દળ = 4 g

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

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

(ii) આપણે જાણીએ છીએ કે,

1 મૉલ = 6.022×10^{23}

$$\text{મૉલ-સંખ્યા} = \frac{\text{આપેલ કણોની સંખ્યા}}{\text{એવોગ્રેડ્રો અંક}}$$

$$\therefore n = \frac{N}{N_0} = \frac{12.044 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = 2$$

ઉદાહરણ 3.4 : નીચે દર્શાવેલા માટે દળની ગણતરી કરો :

(i) 0.5 મૉલ N_2 વાયુ (અણુના મૉલ માંથી દળ)

(ii) 0.5 મૉલ N પરમાણુ (પરમાણુના મૉલ માંથી દળ)

(iii) 3.011×10^{23} N પરમાણુ ની સંખ્યા (સંખ્યા માંથી દળ)

(iv) 6.022×10^{23} N_2 અણુ ની સંખ્યા (સંખ્યા માંથી દળ)

ઉકેલ :

(i) દળ = મૉલર દળ × મૉલ સંખ્યા

$m = M \times n = 28 \times 0.5 = 14$ g

(ii) દળ = મૉલર દળ × મૉલ સંખ્યા

$m = M \times n = 14 \times 0.5 = 7$ g

(iii) મૉલ સંખ્યા (n) = $\dfrac{\text{આપેલ કણોની સંખ્યા}}{\text{એવોગેડ્રો અંક}}$

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

$= 14 \times 0.5 = 7$ g

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

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

$= 28 \times 1 = 28$ g

ઉદાહરણ 3.5 : નીચે દર્શાવેલા દરેકમાં કણોની સંખ્યાની ગણતરી કરો :

(i) 46 g સોડિયમ પરમાણુ (દળમાંથી સંખ્યા)

(ii) 8 g ઑક્સિજન અણુ (દળમાંથી અણુ-સંખ્યા)

(iii) 0.1 મૉલ કાર્બન પરમાણુ (આપેલ મૉલમાંથી સંખ્યા)

ઉકેલ :

(i) પરમાણુની સંખ્યા = $\dfrac{\text{આપેલ દળ}}{\text{મૉલર દળ}}$ × એવોગેડ્રો અંક

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

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

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

(ii) અણુની સંખ્યા = $\dfrac{\text{આપેલ દળ}}{\text{મૉલર દળ}}$ × એવોગેડ્રો અંક

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

∴ ઑક્સિજન પરમાણુનું દળ = 16 u

∴ ઑક્સિજન અણુનું મૉલર દળ = $16 \times 2 = 32$ g

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

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

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

(iii) કણો (પરમાણુ)ની સંખ્યા

= કણની મૉલ-સંખ્યા × એવોગેડ્રો અંક

$N = n \times N_0$

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

$= 6.022 \times 10^{22}$

પ્રશ્નો :

1. જો એક મૉલ 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, Fe નું 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 તત્ત્વો હંમેશાં દળથી નિશ્ચિત પ્રમાણમાં જોડાયેલાં હોય છે, તેને નિશ્ચિત પ્રમાણનો નિયમ કહે છે.
- પરમાણુ તત્ત્વનો નાનામાં નાનો કણ છે, જે સ્વતંત્ર રીતે અસ્તિત્વ ધરાવે છે અને તેના તમામ રાસાયણિક ગુણધર્મો જાળવી રાખે છે.
- અણુ તત્ત્વ 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 તત્ત્વો અને સંયોજાતા દરેક તત્ત્વના 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 દરેક દરેક તત્ત્વની સંયોજકતા દ્વારા નક્કી થાય છે.
- આયનીય સંયોજનોમાં દરેક આયન પરના વીજભાર સંયોજનનું રાસાયણિક સૂત્ર નક્કી કરવામાં ઉપયોગી છે.
- વૈજ્ઞાનિકો જુદાં-જુદાં તત્ત્વોના પરમાણુઓના દળની સરખામણી કરવા માટે સાપેક્ષ પરમાણ્વીય દળ માપક્રમનો ઉપયોગ કરે છે. કાર્બન-12 સમસ્થાનિકના પરમાણુનું સાપેક્ષ પરમાણ્વીય દળ 12 નક્કી કરવામાં આવેલ છે, અને અન્ય તમામ તત્ત્વોના 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 મૉલ કહે છે.
- પદાર્થના એક મૉલ-જથ્થાનું દળ મૉલર દળ કહેવાય છે.

સ્વાધ્યાય (Exercises)

1. 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.
2. 8 g ઑક્સિજનમાં જ્યારે 3 g કાર્બનનું દહન કરવામાં આવે ત્યારે 11 g કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ બને છે. જ્યારે 3 g કાર્બનને 50 g ઑક્સિજનમાં દહન કરવામાં આવે ત્યારે કેટલા ગ્રામ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ 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) મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડ

   (b) કેલ્શિયમ ઑક્સાઇડ

   (c) કૉપર નાઇટ્રેટ

   (d) ઍલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડ

   (e) કેલ્શિયમ કાર્બોનેટ

5. નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોમાં હાજર રહેલ તત્ત્વોનાં નામ જણાવો :

   (a) ક્વિક લાઇમ

   (b) હાઇડ્રોજન બ્રોમાઇડ

   (c) બેકિંગ પાઉડર

   (d) પોટૅશિયમ સલ્ફેટ

6. નીચેના પદાર્થોના મોલર દળની ગણતરી કરો :

   (a) ઈથાઈન (C_2H_2)

   (b) સલ્ફર અણુ (S_8)

   (c) ફૉસ્ફરસ અણુ (P_4) (ફૉસ્ફરસનું પરમાણ્વીય દળ = 31)

   (d) હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ (HCl)

   (e) નાઇટ્રિક ઍસિડ (HNO_3)

7. નીચેનાનાં દળ શું હશે ?

   (a) 1 મૉલ નાઇટ્રોજન પરમાણુ ?

   (b) 4 મૉલ ઍલ્યુમિનિયમ પરમાણુ (ઍલ્યુમિનિયમનું પરમાણ્વીય દળ = 27)

   (c) 10 મૉલ સોડિયમ સલ્ફાઇટ (Na_2SO_3) ?

8. નીચેનાનું મૉલમાં રૂપાંતર કરો :

   (a) 12 g ઑક્સિજન વાયુ

   (b) 20 g પાણી

   (c) 22 g કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

9. નીચેનાનું દળ કેટલું થશે ?

   (a) 0.2 મૉલ ઑક્સિજન પરમાણુ

   (b) 0.5 મૉલ પાણીના અણુ

10. 16 g ઘન સલ્ફરમાં રહેલા સલ્ફર અણુ (S_8)ની સંખ્યા ગણો.

11. 0.051 g ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડમાં હાજર રહેલા ઍલ્યુમિનિયમ આયનની સંખ્યા ગણો.

    (સંકેત : કોઈ પણ આયનનું દળ તે જ તત્ત્વના પરમાણુના દળ જેટલું હોય છે. ઍલ્યુમિનિયમનું પરમાણ્વીય દળ = 27 u)

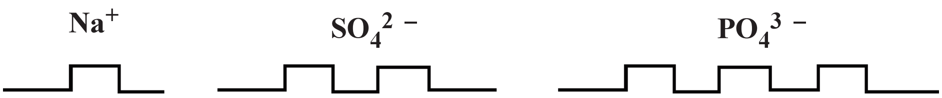
સામૂહિક પ્રવૃત્તિ (Group Activity)

સૂત્ર લખવા માટે નીચેની રમત રમો :

ઉદાહરણ 1 : તત્ત્વોની સંજ્ઞાઓ અને સંયોજકતાઓ દર્શાવતાં અલગ-અલગ પ્લેકાર્ડ (ગંજીફાનાં પત્તાં જેવાં) બનાવો. પ્રત્યેક વિદ્યાર્થી સંજ્ઞા દર્શાવતું કાર્ડ જમણા હાથમાં અને સંયોજકતા દર્શાવતું કાર્ડ ડાબા હાથમાં લેશે. વિદ્યાર્થીઓ તત્ત્વોની સંજ્ઞાઓને ધ્યાનમાં રાખીને તેની સંયોજકતાઓ પરસ્પર જોડીને (Criss-Cross) સંયોજનનું સૂત્ર બનાવશે.

ઉદાહરણ 2 : સૂત્ર લખવાનો ખૂબ જ ઓછી કિંમતનો નમૂનો : દવાઓના ખાલી થઈ ગયેલા ફૂલેલા (Blister) પૅકેટ્સ (જથ્થો) લો. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે તેને સંયોજક્તાના આધારે સમૂહોમાં કાપો. હવે તમે એક પ્રકારના આયનને અન્ય પ્રકારના આયન સાથે જોડીને સૂત્ર બનાવી શકો છો.

દા.ત. :



સોડિયમ સલ્ફેટનું સૂત્ર :

બે સોડિયમ આયન એક સલ્ફેટ આયન સાથે જોડાઈ શકે છે.

તેથી સૂત્ર : Na_2SO_4 થશે.

તમારી જાતે કરો : હવે સોડિયમ ફૉસ્ફેટનું સૂત્ર લખો.

પ્રકરણ 4

પરમાણુનું બંધારણ (Structure of The Atom)

પ્રકરણ 3માં આપણે શીખી ગયાં કે પરમાણુઓ અને અણુઓ દ્રવ્યના મૂળભૂત બંધારણીય ઘટકો છે. જુદા-જુદા પ્રકારનાં દ્રવ્યોનું અસ્તિત્વ તે દ્રવ્યોની રચના કરતાં જુદા-જુદા પરમાણુઓને કારણે હોય છે. હવે પ્રશ્નો એ ઉદ્ભવે કે (i) કોઈ એક તત્ત્વનો પરમાણુ બીજા તત્ત્વના પરમાણુ કરતાં જુદો શા માટે પડે છે ? (ii) ડાલ્ટને સૂચિત કર્યા મુજબ શું પરમાણુઓ ખરેખર અવિભાજ્ય (Indivisible) હોય છે ? અથવા શું પરમાણુની અંદર અન્ય નાના ઘટકો હોય છે ? આ પ્રકરણમાં આપણે આ પ્રશ્નોના ઉત્તર મેળવીશું. આપણે અવપરમાણ્વીય (Subatomic) કણો અને પરમાણુના અનેકવિધ નમૂનાઓ (Models) વિશે અભ્યાસ કરીશું કે જે, સૂચિત કરે છે કે આ કણો પરમાણુની અંદરની તરફ કેવી રીતે ગોઠવાય છે.

19મી સદીના અંતમાં વૈજ્ઞાનિકો સમક્ષ મુખ્ય પડકાર એ હતો કે, પરમાણુનું બંધારણ રજૂ કરવું તેમજ તેના મહત્ત્વના ગુણધર્મો સમજાવવા. અનેક પ્રયોગોના આધારે પરમાણુનું બંધારણ સ્પષ્ટ કરવામાં આવ્યું છે.

પરમાણુઓ અવિભાજ્ય ન હોવાના સંકેતો પૈકી એક સંકેત એ સ્થિર વિદ્યુત અને જુદા-જુદા પદાર્થોની વિદ્યુતના વહનની પરિસ્થિતિના અભ્યાસ દ્વારા મળ્યો.

4.1 દ્રવ્યમાં રહેલા વીજભારિત કણો (Charged Particles in Matter)

દ્રવ્યમાં રહેલા વીજભારિત કણોની પ્રકૃતિ સમજવા માટે ચાલો આપણે નીચે દર્શાવેલ પ્રવૃત્તિઓ કરીએ :

પ્રવૃત્તિ ____ 4.1

A. કોરા વાળમાં કાંસકો ફેરવો. શું હવે કાંસકો કાગળના નાના-નાના ટુકડાઓને આકર્ષિત કરે છે ?

B. કાચના સળિયાને રેશમના કાપડ પર ઘસો અને ત્યાર બાદ તે સળિયાને હવાભરેલા ફુગ્ગાની નજીક લઈ જાઓ. શું થાય છે, તેનું અવલોકન કરો.

આ પ્રવૃત્તિઓ પરથી શું આપણે એ તારણ કાઢી શકીએ કે બે વસ્તુઓને એકબીજા સાથે ઘસવાથી તેઓ વીજભારિત બને છે ? આ વીજભાર ક્યાંથી આવે છે ? આ પ્રશ્નનો ઉત્તર ત્યારે આપી શકાયો કે જ્યારે પરમાણુ વિભાજ્ય છે અને વીજભારિત કણોનો બનેલો છે તેવું જાણી શકાયું.

પરમાણુમાં રહેલા વીજભારિત કણોની હાજરીના રહસ્યને સ્પષ્ટ કરવામાં અનેક વૈજ્ઞાનિકોએ યોગદાન આપ્યું છે.

1900 સુધી એમ જાણી લેવાયું હતું કે, પરમાણુ સામાન્ય તેમજ અવિભાજ્ય નથી; પરંતુ તે ઓછામાં ઓછો એક અવપરમાણ્વીય કણ (Sub-Atomic Particle) ઇલેક્ટ્રૉન ધરાવે છે, જેની ઓળખ જે. જે. થોમસને (J. J. Thomson) આપી. ઇલેક્ટ્રૉનની ઓળખ થઈ તે પહેલાં ઇ. ગોલ્ડસ્ટીને (E. Goldstein) 1886માં વાયુવિભારમાં (Gas Discharge) નવા વિકિરણોની હાજરી શોધી કાઢી. આ વિકિરણોને કેનાલ કિરણો (Canal Rays) કહેવાયા. આ કિરણો ધનવીજભારિત વિકિરણો હતાં, જે આખરે અન્ય અવપરમાણ્વીય કણોની શોધ તરફ દોરી ગયા. આ અવપરમાણ્વીય કણોના વીજભારની તીવ્રતા ઇલેક્ટ્રૉન જેટલી પરંતુ ચિહ્ન તેનાથી વિરુદ્ધ હતું. તેનું દળ ઇલેક્ટ્રૉનના દળ કરતાં આશરે 2000 ગણું વધુ હતું. તેને પ્રોટોન નામ અપાયું. સામાન્ય રીતે ઇલેક્ટ્રૉનને 'e^-' અને પ્રોટોન 'p^+' દ્વારા દર્શાવાય છે. પ્રોટોનનું દળ એક એકમ અને તેનો વીજભાર +1 લેવાય છે. ઇલેક્ટ્રૉનનું દળ નહિવત્ (અવગણ્ય) અને વીજભાર −1 લેવામાં આવે છે.

પરમાણુ પ્રોટોન અને ઇલેક્ટ્રૉનનો બનેલો છે કે જે પરસ્પરના વીજભારને સમતોલિત કરે છે. એવું પણ જોવામાં આવ્યું કે પ્રોટોન પરમાણુના અંદરના ભાગમાં હોય છે. પરમાણુમાંથી ઇલેક્ટ્રૉનને સહેલાઈથી દૂર કરી શકાય છે; પરંતુ પ્રોટોનને દૂર કરી શકાતો નથી. હવે મોટો પ્રશ્ન એ હતો કે પરમાણુના આ કણોએ કયા પ્રકારનું બંધારણ રચ્યું ? આપણે આ પ્રશ્નનો ઉત્તર નીચે મુજબ મેળવીશું :

પ્રશ્નો :

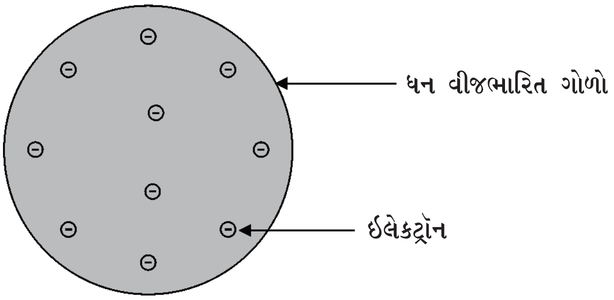
1. કેનાલ કિરણો શું છે ?
2. જો કોઈ પરમાણુમાં એક પ્રોટોન અને એક ઈલેક્ટ્રૉન હોય, તો તે વીજભાર ધરાવતો હશે કે નહિ ?

4.2 પરમાણુનું બંધારણ (The Structure of an Atom)

આપણે પ્રકરણ 3માં ડાલ્ટનના પરમાણુ સિદ્ધાંત વિશે અભ્યાસ કર્યો છે. જેના મત મુજબ પરમાણુ અવિભાજ્ય અને અવિનાશી (Indestructible) છે; પરંતુ પરમાણુમાં બે મૂળભૂત કણો (પ્રોટોન અને ઈલેક્ટ્રૉન)ની શોધે ડાલ્ટનના પરમાણુ સિદ્ધાંતની આ અભિધારણાને ખોટી સાબિત કરી. હવે એ જાણવું જરૂરી હતું કે પરમાણુની અંદર પ્રોટોન અને ઈલેક્ટ્રૉન કેવી રીતે ગોઠવાયેલ છે ? આ સમજાવવા માટે અનેક વૈજ્ઞાનિકોએ વિવિધ પરમાણ્વીય નમૂના રજૂ કર્યા. જે. જે. થોમસન પ્રથમ વૈજ્ઞાનિક હતા જેમણે પરમાણુના બંધારણ સંબંધિત નમૂનો રજૂ કર્યો.

4.2.1 થોમસનનો પરમાણુનો નમૂનો (Thomson's Model of an Atom)

થોમસને રજૂ કરેલ પરમાણ્વીય નમૂનો ક્રિસમસ કેકને મળતો આવે છે. તેમના મત મુજબ પરમાણુ ધનવીજભારિત ગોળો છે. જેમાં ક્રિસમસ કેકમાં ગોઠવાયેલ સૂકી દ્રાક્ષ (સૂકો મેવો)ની માફક ઈલેક્ટ્રૉન ગોઠવાયેલા છે. તરબૂચનું ઉદાહરણ પણ લઈ શકાય કે જેમાં ધનભારિત પ્રોટોન એ તરબૂચના લાલ ભાગની માફક (કે જે ખાઈ શકાય છે) સમગ્ર રીતે ફેલાયેલા હોય છે અને ઈલેક્ટ્રૉન એ તરબૂચના લાલ ભાગમાં રહેલા બીજની જેમ ગોઠવાયેલ છે (આકૃતિ 4.1).



આકૃતિ 4.1 : થોમસનનો પરમાણુનો નમૂનો

બ્રિટિશ ભૌતિકશાસ્ત્રી જે. જે. થોમસન (1856-1940)નો જન્મ 18 ડિસેમ્બર 1856માં માન્ચેસ્ટરના ઉપનગર ચિથમ હિલ (Cheetham Hill)માં થયો હતો. ઈલેક્ટ્રૉનની શોધ બદલ તેમને ઈ.સ. 1906માં નોબેલ પારિતોષિક દ્વારા સન્માનિત કરવામાં આવ્યા હતા. તેઓ 35 વર્ષ સુધી કેમ્બ્રિજની કેવેન્ડિશ પ્રયોગશાળામાં નિર્દેશન આપ્યું. પાછળથી તેમના સંશોધનમાં મદદ કરનારા સાત સહાયકોને પણ નોબેલ પારિતોષિક એનાયત થયા.

થોમસને સૂચવ્યું કે,

(i) પરમાણુ ધનભારિત ગોળાનો બનેલો છે અને ઈલેક્ટ્રૉન તેમાં જડિત થયેલા (Embedded) છે.

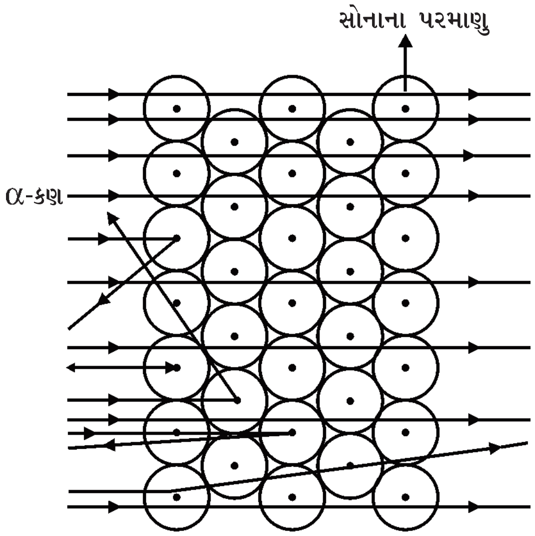
(ii) પરમાણુમાં ઋણભાર અને ધનભાર સમાન માત્રામાં હોય છે, તેથી પરમાણુ વીજભારની દૃષ્ટિએ તટસ્થ હોય છે.

થોમસનનો પરમાણુનો નમૂનો સમજાવે છે કે પરમાણુઓ વીજભારની દૃષ્ટિએ તટસ્થ હોય છે, તેમ છતાં અન્ય વૈજ્ઞાનિકો દ્વારા થયેલા પ્રયોગોનાં પરિણામો થોમસનના પરમાણ્વીય નમૂનાને સમજાવી શક્યા નહિ. જેને આપણે નીચે મુજબ જોઈ શકીએ.

4.2.2 રૂથરફોર્ડનો પરમાણુનો નમૂનો (Rutherford's Model of an Atom)

અર્નેસ્ટ રૂથરફોર્ડ (Ernest Rutherford) એ જાણવા માગતા હતાં કે પરમાણુમાં ઈલેક્ટ્રૉન કેવી રીતે ગોઠવાયેલ છે ? તે માટે રૂથરફોર્ડે એક પ્રયોગ કર્યો. તે પ્રયોગમાં સોનાના પાતળા વરખ પર ઝડપથી ગતિ કરતા આલ્ફા કણોનો મારો ચલાવ્યો.

- તેમણે શક્ય એટલું પાતળું સ્તર જોઈતું હતું તેથી તેમણે સોનાનો વરખ પસંદ કર્યો. સોનાનો આ વરખ 1000 પરમાણુઓ જેટલી જાડાઈ ધરાવતો હતો.
- આલ્ફા (α) કણો દ્વિવીજભારિત હિલિયમ આયનો છે. જોકે તેનું દળ 4u હોય છે. ઝડપથી ગતિ કરતા આલ્ફા કણો ગણનાપાત્ર માત્રા(Considerable Amount)માં ઊર્જા ધરાવે છે.
- એવી ધારણા કરવામાં આવી હતી કે, સોનાના પરમાણુઓમાં રહેલા અવપરમાણ્વીય કણો દ્વારા આલ્ફા કણો વિચલિત થશે. જોકે આલ્ફા કણો પ્રોટોન કરતાં ઘણા ભારે હોવાને કારણે તેઓને વધુપડતા વિચલન (Deflection)ની અપેક્ષા ન હતી.



આકૃતિ 4.2 : સોનાના વરખ દ્વારા આલ્ફા (α) કણોનું પ્રકીર્ણન

પરંતુ α-કણ પ્રકીર્ણન (Scattering)ના પ્રયોગે સંપૂર્ણ રીતે અણધાર્યાં પરિણામો આપ્યાં (આકૃતિ 4.2). નીચેનાં અવલોકનો નોંધવામાં આવ્યાં :

(i) ઝડપથી ગતિ કરતા મોટા ભાગના α-કણો સોનાના વરખમાંથી સીધેસીધા જ પસાર થઈ જાય છે.

(ii) કેટલાક α-કણો સોનાના વરખ દ્વારા ઓછા અંશને ખૂણે વિચલન પામે છે.

(iii) આશ્ચર્યજનક રીતે દર 12,000 α-કણો પૈકી એક કણ અથડાઈને પાછો ફરે છે.

રૂથરફૉર્ડના શબ્દોમાં ''આ પરિણામ એટલી હદે આશ્ચર્ય પમાડે તેવું હતું કે, તમે એક 15-ઇંચનો તોપગોળો લઈ તેનો અતિ પાતળા કાગળ (Tissue Paper) પર મારો કરો તો તે પાછો ફરીને તમને જ ઈજા પહોંચાડે.''

અર્નેસ્ટ રૂથરફૉર્ડ (1871-1937)નો જન્મ 30 ઑગસ્ટ, 1871માં સ્પ્રિંગગ્રોવમાં થયો હતો. તેમને કેન્દ્રિય (ન્યુક્લિઅર) ભૌતિકવિજ્ઞાનના પિતા માનવામાં આવે છે. સોનાના વરખના પ્રયોગ દ્વારા પરમાણુના કેન્દ્રની શોધ તેમજ રેડિયો સક્રિયતા (Radio Activity) પરના તેમના કાર્યને કારણે તે પ્રસિદ્ધ થયા. તેમણે 1908માં નોબેલ પારિતોષિક પ્રાપ્ત કર્યું.

આ પ્રયોગની અસરો સમજવા માટે ચાલો આપણે ખુલ્લા મેદાનમાં એક પ્રવૃત્તિ કરીએ. એક બાળકને તેની આંખો બંધ કરી એક દીવાલની સામે ઊભો રાખો અને તેને અમુક અંતરેથી દીવાલ પર પથ્થર મારવાનું કહો. દરેક વખતે જ્યારે પથ્થર દીવાલ પર અથડાશે ત્યારે તે બાળક પથ્થર અથડાવાનો અવાજ સાંભળશે. જો તે આ પ્રક્રિયા 10 વખત પુનરાવર્તિત કરશે તો તેને 10 વખત પથ્થર અથડાવવાનો અવાજ સંભળાશે; પરંતુ આ આંખો બંધ કરેલ બાળક કાંટાળી તારની વાડ પર પથ્થર ફેંકશે તો મોટા ભાગના પથ્થર તારની વાડને અથડાશે નહિ અને તેને કોઈ અવાજ સંભળાશે નહિ, કારણ કે તારની વાડમાં ખાલી જગ્યા ઘણી બધી હોય છે જે પથ્થરને આરપાર પસાર થઈ જવા દે છે.

આ જ તર્કના આધારે રૂથરફૉર્ડે આલ્ફા કણ પ્રકીર્ણનના પ્રયોગ દ્વારા તારણો આપ્યાં કે,

(i) સોનાના વરખમાંથી મોટા ભાગના કણો વિચલન પામ્યા સિવાય સીધા જ પસાર થઈ જતાં હોવાથી પરમાણુનો મોટા ભાગનો વિસ્તાર ખાલી હોવો જોઈએ.

(ii) ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં કણો પોતાના માર્ગમાંથી વિચલિત થાય છે. જે દર્શાવે છે કે, પરમાણુમાં ધનવીજભારિત ભાગ ખૂબ જ ઓછી જગ્યા રોકે છે.

(iii) ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં આલ્ફા કણો 180° ખૂણે વિચલિત થયા હતા. જે સૂચવે છે કે, સોનાના પરમાણુનો સંપૂર્ણ ધનવીજભારિત ભાગ અને દળ પરમાણુની અંદરના ભાગમાં ખૂબ જ ઓછી જગ્યામાં સંકેન્દ્રિત થયેલ છે.

માહિતીનાં આધારે તેણે તે પણ ગણતરી કરી કે પરમાણુની ત્રિજ્યા કરતાં તેના કેન્દ્રની ત્રિજ્યા 10^5 ગણી ઓછી હોય છે.

રૂથરફૉર્ડે તેના પ્રયોગના આધારે પરમાણુનો કેન્દ્રીય નમુનો રજુ કર્યો, જે નીચે મુજબની લાાક્ષણિકતાઓ ધરાવતો હતો.

(i) પરમાણુમાં રહેલ ધનભારીત કેન્દ્રને પરમાણુનું કેન્દ્ર (ન્યુક્લિયસ) કહે છે. પરમાણુનું મોટાભાગનું બધું જ દળ તેના કેન્દ્રમાં સમાયેલું હોય છે.

(ii) ઈલેક્ટ્રોન કેન્દ્રની આસપાસ નિશ્ચિત કક્ષાઓમાં ભ્રમણ કરે છે.

(iii) પરમાણુના કદની સાપેક્ષે તેના કેન્દ્રનું કદ ઘણું નાનું હોય છે.

રૂથરફૉર્ડના પરમાણુના નમૂનાની ખામીઓ

વર્તુળાકાર કક્ષામાં ઇલેક્ટ્રૉનનું પરિભ્રમણ સ્થાયી હોવાની અપેક્ષા કરી શકીએ નહિ. વર્તુળાકાર કક્ષામાં રહેલ કોઈ પણ કણ પ્રવેગિત થાય છે. તે દરમિયાન તે વિકિરણો સ્વરૂપે ઊર્જામુક્ત કરે છે. આ રીતે પરિભ્રમણ કરતો ઇલેક્ટ્રૉન ઊર્જા ગુમાવે છે અને અંતે કેન્દ્ર સાથે ટકરાય. જો આવું થતું હોત તો પરમાણુ અત્યંત અસ્થાયી હોત અને દ્રવ્ય એવા સ્વરૂપમાં અસ્તિત્વ ન ધરાવતું હોત કે જે સ્વરૂપમાં આપણે તેને જાણીએ છીએ. આપણે જાણીએ છીએ કે, પરમાણુઓ સર્વથા સ્થાયી હોય છે.