ગુજરાત રાજ્યના શિક્ષણવિભાગના પત્ર-ક્રમાંક
મશબ / 1211 / 415 / છ, તા. 12-1-2012– થી મંજૂર

વિજ્ઞાન અને ટેક્નોલૉજી

ધોરણ 10

પ્રતિજ્ઞાપત્ર

ભારત મારો દેશ છે.
બધાં ભારતીયો મારાં ભાઈબહેન છે.
હું મારા દેશને ચાહું છું અને તેના સમૃદ્ધ અને
વૈવિધ્યપૂર્ણ વારસાનો મને ગર્વ છે.
હું સદાય તેને લાયક બનવા પ્રયત્ન કરીશ.
હું મારાં માતાપિતા, શિક્ષકો અને વડીલો પ્રત્યે આદર રાખીશ
અને દરેક જણ સાથે સભ્યતાથી વર્તીશ.
હું મારા દેશ અને દેશબાંધવોને મારી નિષ્ઠા અર્પું છું.
તેમનાં કલ્યાણ અને સમૃદ્ધિમાં જ મારું સુખ રહ્યું છે.

કિંમત : ₹ 89.00

ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ
'વિદ્યાયન', સેક્ટર 10-એ, ગાંધીનગર – 382010

© ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, ગાંધીનગર
આ પાઠ્યપુસ્તકના સર્વ હક ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળને હસ્તક છે.
આ પાઠ્યપુસ્તકનો કોઈ પણ ભાગ કોઈ પણ રૂપમાં ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળના નિયામકની લેખિત પરવાનગી વગર પ્રકાશિત કરી શકાશે નહિ.

વિષય-સલાહકાર

ડૉ. પી. એન. ગજ્જર
ડૉ. આઇ. એમ. ભટ્ટ
ડૉ. એમ. આઇ. પટેલ

લેખન

ડૉ. બી. કે. જૈન (કન્વીનર)
ડૉ. વાય. એમ. દલાલ
ડૉ. અરુણ પી. પટેલ
ડૉ. એમ. એમ. જોટાણી
ડૉ. નિસર્ગ બી. ભટ્ટ
ડૉ. મયૂર સી. શાહ
શ્રી સી. આઇ. પટેલ

અનુવાદ

ડૉ. બી. કે. જૈન
ડૉ. વાય. એમ. દલાલ
ડૉ. અરુણ પી. પટેલ
ડૉ. એમ. એમ. જોટાણી
ડૉ. નિસર્ગ બી. ભટ્ટ
ડૉ. મયૂર સી. શાહ
શ્રી સી. આઇ. પટેલ

સમીક્ષા

શ્રી નીતિન ડી. દવે
શ્રીમતી ચંદ્રિકાબહેન એસ. પટેલ
શ્રીમતી સોનલ ટી. ભાટિયા
શ્રી વિજયકુમાર સી. રાવલ
શ્રી નિમેષ જે. ભટ્ટ
શ્રી હરેશ એ. પટેલ
શ્રી જીગ્નેશકુમાર એમ. બ્રહ્મભટ્ટ
શ્રી અશરફ અબ્દુલગની દરવાન
ડૉ. દિનેશભાઈ કલસરીયા
શ્રી પરવેઝઆલમ આર. કુરેશી

ચિત્રાંકન

શીલ્પ ગ્રાફિક્સ

સંયોજન

શ્રી ચિરાગ એચ. પટેલ
(વિષય-સંયોજક : ભૌતિકવિજ્ઞાન)

નિર્માણ-આયોજન

શ્રી હરેશ એસ. લીમ્બાચીયા
(નાયબ નિયામક : શૈક્ષણિક)

મુદ્રણ-આયોજન

શ્રી હરેશ એસ. લીમ્બાચીયા
(નાયબ નિયામક : ઉત્પાદન)

પ્રસ્તાવના

કોર-કરિક્યુલમ અને એન.સી.ઈ.આર.ટી. દ્વારા એન.સી.એફ. 2005 મુજબ તૈયાર કરવામાં આવેલા નવા રાષ્ટ્રીય અભ્યાસક્રમોના અનુસંધાનમાં ગુજરાત રાજ્ય માધ્યમિક અને ઉચ્ચતર માધ્યમિક શિક્ષણ બોર્ડે નવા અભ્યાસક્રમો તૈયાર કર્યા છે. આ અભ્યાસક્રમો ગુજરાત સરકાર દ્વારા મંજૂર કરવામાં આવે છે.

ગુજરાત સરકાર દ્વારા મંજૂર થયેલા **ધોરણ 10ના વિજ્ઞાન અને ટેક્નોલૉજી** વિષયના નવા અભ્યાસક્રમ અનુસાર તૈયાર કરવામાં આવેલું આ પાઠ્યપુસ્તક વિદ્યાર્થીઓ સમક્ષ મૂકતાં મંડળ આનંદ અનુભવે છે.

આ પાઠ્યપુસ્તક પ્રસિદ્ધ કરતાં પહેલાં એની હસ્તપ્રતની આ સ્તરે શિક્ષણકાર્ય કરતા શિક્ષકો અને તજ્જ્ઞો દ્વારા સર્વાંગી સમીક્ષા કરાવવામાં આવી છે તથા તેમનાં સૂચનો અનુસાર હસ્તપ્રતમાં યોગ્ય સુધારાવધારા કર્યા પછી આ પાઠ્યપુસ્તક પ્રસિદ્ધ કરવામાં આવ્યું છે.

મૂળ અંગ્રેજીમાં લખાયેલ પાઠ્યપુસ્તકનો આ ગુજરાતી અનુવાદ છે. ગુજરાતી અનુવાદની વિષય અને ભાષાના નિષ્ણાતો દ્વારા સમીક્ષા કરાવવામાં આવી છે.

પ્રસ્તુત પાઠ્યપુસ્તકને વિષયવસ્તુલક્ષી, રસપ્રદ અને ક્ષતિરહિત બનાવવા માટે મંડળે પૂરતી કાળજી લીધી છે. તેમ છતાં શિક્ષણમાં રસ ધરાવનાર વ્યક્તિઓ પાસેથી પુસ્તકની ગુણવત્તા વધારે તેવાં સૂચનો આવકાર્ય છે.

ડૉ. ભરત પંડિત
નિયામક
તા.3-3-2015

ડૉ. નીતિન પેથાણી
કાર્યવાહક પ્રમુખ
ગાંધીનગર

પ્રથમ આવૃત્તિ : 2012, પુનઃમુદ્રણ : 2012, 2013, 2014
પ્રકાશક : ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, 'વિદ્યાયન', સેક્ટર 10-એ, ગાંધીનગર વતી
ડૉ. ભરત પંડિત, નિયામક
મુદ્રક :

મૂળભૂત ફરજો

ભારતના દરેક નાગરિકની ફરજ નીચે મુજબ રહેશે :*

(ક) સંવિધાનને વફાદાર રહેવાની અને તેના આદર્શો અને સંસ્થાઓનો, રાષ્ટ્રધ્વજનો અને રાષ્ટ્રગીતનો આદર કરવાની;

(ખ) આઝાદી માટેની આપણી રાષ્ટ્રીય લડતને પ્રેરણા આપનારા ઉમદા આદર્શોને હૃદયમાં પ્રતિષ્ઠિત કરવાની અને અનુસરવાની;

(ગ) ભારતનાં સાર્વભૌમત્વ, એકતા અને અખંડિતતાનું સમર્થન કરવાની અને તેમનું રક્ષણ કરવાની;

(ઘ) દેશનું રક્ષણ કરવાની અને રાષ્ટ્રીય સેવા બજાવવાની હાકલ થતાં, તેમ કરવાની;

(ચ) ધાર્મિક, ભાષાકીય, પ્રાદેશિક અથવા સાંપ્રદાયિક ભેદોથી પર રહીને, ભારતના તમામ લોકોમાં સુમેળ અને સમાન બંધુત્વની ભાવનાની વૃદ્ધિ કરવાની, સ્ત્રીઓના ગૌરવને અપમાનિત કરે તેવા વ્યવહારો ત્યજી દેવાની;

(છ) આપણી સમન્વિત સંસ્કૃતિના સમૃદ્ધ વારસાનું મૂલ્ય સમજી તે જાળવી રાખવાની;

(જ) જંગલો, તળાવો, નદીઓ અને વન્ય પશુપક્ષીઓ સહિત કુદરતી પર્યાવરણનું જતન કરવાની અને સુધારણા કરવાની અને જીવો પ્રત્યે અનુકંપા રાખવાની;

(ઝ) વૈજ્ઞાનિક માનસ, માનવતાવાદ અને જિજ્ઞાસા તથા સુધારણાની ભાવના કેળવવાની;

(ટ) જાહેર મિલકતનું રક્ષણ કરવાની અને હિંસાનો ત્યાગ કરવાની;

(ઠ) રાષ્ટ્ર પુરુષાર્થ અને સિદ્ધિનાં વધુ ને વધુ ઉન્નત સોપાનો ભણી સતત પ્રગતિ કરતું રહે એ માટે, વૈયક્તિક અને સામૂહિક પ્રવૃત્તિનાં તમામ ક્ષેત્રે શ્રેષ્ઠતા હાંસલ કરવાનો પ્રયત્ન કરવાની;

(ડ) માતા-પિતાએ અથવા વાલીએ 6 વર્ષથી 14 વર્ષ સુધીની વયના પોતાના બાળક અથવા પાલ્યને શિક્ષણની તકો પૂરી પાડવી.

* ભારતનું સંવિધાન : કલમ 51-क

અનુક્રમણિકા

1.	નેનોટેક્નોલૉજીનો પરિચય	1
2.	પ્રકાશ : પરાવર્તન અને વક્રીભવન	12
3.	પ્રકાશનું વિભાજન અને કુદરતી પ્રકાશીય ઘટનાઓ	48
4.	વિદ્યુત	63
5.	વિદ્યુતપ્રવાહની ચુંબકીય અસરો	89
6.	બ્રહ્માંડ	105
7.	ઍસિડ, બેઇઝ અને ક્ષાર	122
8.	ધાતુઓ	153
9.	અધાતુઓ	173
10.	ખનિજ કોલસો અને ખનિજ તેલ	192
11.	કાર્બનિક સંયોજનો	215
12.	પોષણ અને શ્વસન	233
13.	સજીવોમાં વહન, પરિવહન અને ઉત્સર્જન	246
14.	સજીવોમાં નિયંત્રણ અને સંકલન (સહનિયમન)	252
15.	સજીવોમાં પ્રજનન	264
16.	આનુવંશિકતા અને ઉત્ક્રાંતિ	276
17.	આપણું પર્યાવરણ	286
18.	નૈસર્ગિક સ્રોતોની જાળવણી	295

એકમ

1

નેનોટેક્નોલોજીનો પરિચય
(Introduction to Nanotechnology)

1.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

''નેનોટેક્નોલોજી'' શબ્દ એ બે શબ્દોનો બનેલો છે : નેનો અને ટેક્નોલોજી. ''નેનો'' ગ્રીક ભાષાનો શબ્દ છે જેનો અર્થ વામણું અર્થાત્ સૂક્ષ્મ થાય છે. 'નેનોમીટર'નો ગાણિતિક અર્થ એક મીટરનો 1,000,000,000મો અંશ છે. એટલે કે,

$$1 \text{ નેનોમીટર (nm)} = \frac{1}{1,000,000,000} = 10^{-9} \text{ મીટર (m)}$$

વર્તમાન સંદર્ભમાં ''ટેક્નોલોજી'' એટલે વિજ્ઞાનના સિદ્ધાંતો અને ટેક્નિકના અવનવા પદાર્થો, સાધનો, ઉપકરણો અને પદ્ધતિઓ વિકસાવીને માનવીની સમૃદ્ધિ અને સુખાકારી વધારવી તેમજ માનવજીવનને ઉત્કૃષ્ટ બનાવવા માટેની પ્રક્રિયા. વળી, તે કોઈ પણ વૈજ્ઞાનિક ઘટનાના મૂળમાં રહેલ સિદ્ધાંતને શોધવા અને સમજવામાં પણ ઉપયોગી છે.

જ્યારે ઘણા પદાર્થોનું પરિમાણ 100 nm કરતાં નાનું કરવામાં આવ્યું ત્યારે તેઓએ તેમના મોટા કદના ગુણધર્મો (bulk properties) કરતાં તદ્દન જુદા જ ગુણધર્મો દર્શાવ્યા અને ત્યારે આપણને ''નેનો દુનિયા''નું કલ્પનાચિત્ર સમજાયું. ઉદાહરણ-રૂપે વધેલી યાંત્રિક તાકાત, વધુ ઉષ્મીય અને વિદ્યુતકીય વાહકતા, બદલાયેલા પ્રકાશીય ગુણધર્મો વગેરે. અલબત્ત, આ સુધારેલા ગુણધર્મો આવનાર ટેક્નોલોજી અને ઇજનેરી વિકાસ માટે હંમેશા આવકાર્ય છે. કેલિફોર્નિયા ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ ટેક્નોલોજી સંસ્થાના નોબેલ પારિતોષિક વિજેતા અને ભૌતિકશાસ્ત્રી, પ્રૉ. રિચાર્ડ પી. ફેઇનમેન(1959)નાં શબ્દોમાં કહીએ તો, "There is Plenty of Room at the Bottom" અર્થાત્ તળિયે હજુ ઘણી જગ્યા છે. તેમણે ભારપૂર્વક સૂચવ્યું કે જો કોઈ પદાર્થ કે સાધનની કાર્યક્ષમતા વધારવી હોય તો તેની સૂક્ષ્મ કૃતિ(અલ્પાકૃતિ)નો વિચાર કરવો પડશે. પરંતુ, ''નેનોટેક્નોલોજી'' શબ્દનો પ્રથમ વખત પ્રયોગ ક. એરિક ડ્રેક્સલરે, 1980ના દશકામાં કર્યો હતો.

માત્ર જાણકારી માટે

રિચાર્ડ પી. ફેઇનમેન

- **જન્મ** : મે 11, 1918. ફાર રૉકવે, ક્વીન્સ, ન્યૂયોર્ક, યુ.એસ.
- **મૃત્યુ** : ફેબ્રુઆરી 15, 1988. લૉસ એન્જલિસ, કેલિફોર્નિયા, યુ.એસ.
- **રાષ્ટ્રીયતા** : અમેરિકન
- **ક્ષેત્ર** : સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકશાસ્ત્ર
- **ઉપાધિ** : B.S. (મૅસેચ્યુટ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ ટેક્નોલોજી), Ph.D (પ્રિન્સ્ટોન યુનિવર્સિટી)
- **પારિતોષ** : આલ્બર્ટ આઇન્સ્ટીન એવૉર્ડ (1954), ઈ.ઓ. લૉરેન્સ એવૉર્ડ (1962), નોબેલ પારિતોષિક (1965), ઓર્સ્ટેડ મૅડલ (1972), નૅશનલ મૅડલ ઑફ સાયન્સ (1979)

1.2 નેનોટેક્નોલૉજી અને નેનોસાયન્સ (Nanotechnology and Nano Science)

હવે આપણને એવો સવાલ થાય કે "નેનોટેકનોલૉજી હકીકતમાં છે શું ?" CRN(Centre for Responsible Nanotechnology)ની વ્યાખ્યા મુજબ તે **આણ્વિક કે પરમાણ્વિક સ્તરે કાર્યદક્ષ તંત્રની પુનઃ ગોઠવણીનું એન્જિનિયરિંગ (ઍટોમિક - એન્જિનિયરિંગ) એટલે જ નેનોટેક્નોલૉજી.** નેનોટેક્નોલૉજીનો ઊંડાણપૂર્વકનો અભ્યાસ કરતા પહેલાં ચાલો આપણે નેનોસાયન્સ શું છે તે સમજીએ.

નેનોસાયન્સ એટલે જેનું એકાદ પરિમાણ 1nm – 100 nm કે તેથી ઓછું હોય તેવા પદાર્થ અને તેના ગુણધર્મો અંગેની સમજણ આપતું વિજ્ઞાન. તેથી જ તો કુદરતે નેનો કે તેથી ઓછા પરિમાણે મંજૂર કરેલા મૂળભૂત સિદ્ધાંત, ક્વૉન્ટમ યંત્રશાસ્ત્રનો અભ્યાસ સૂચવે છે.

માત્ર જાણકારી માટે

નેનો જેટલા સૂક્ષ્મ સ્તરે, ન્યૂટન યંત્રશાસ્ત્રના ગતિના નિયમો નિષ્ફળ જાય છે અને તેથી અણુઓ અને પરમાણુઓ વચ્ચે પ્રવર્તતા આંતરક્રિયા બળોની સમજૂતી માટે ક્વૉન્ટમ યંત્રશાસ્ત્ર(કે જેનો અભ્યાસ તમે ઉપરના ધોરણમાં કરશો)નો ઉપયોગ કરવો પડે છે.

નેનોટેક્નોલૉજીમાં નેનોસાયન્સ દ્વારા મેળવેલી સમજૂતીનો ઉપયોગ કરી ઉન્નત પદાર્થો કે સાધનોનું નિર્માણ કરવામાં આવે છે. પ્રો. ફેઇનમેને આ પ્રકારના પરમાણ્વિક સ્તરે થતાં સંયોજન(એકીકરણ)ની પ્રક્રિયાને પ્રચલિત **"top-down"** અભિગમથી વિરુદ્ધ, **"bottom-up"** અભિગમ કહ્યો છે.

માત્ર જાણકારી માટે

"પરમાણ્વિક સ્તર પર અવનવા ફેરફારો કરવાની સંભાવનાને ભૌતિકશાસ્ત્રના નિયમો નકારતા નથી એમ હું માનું છું. એનાથી કોઈ નિયમનું ખંડન નહીં થાય. સૈદ્ધાંતિક રીતે આ થઈ શકે તેવું છે. પણ વ્યવહારમાં આ થયું નથી, કારણ કે આપણે ઘણા મોટા છીએ."

- આર. પી. ફેઇનમેન : 29 ડિસેમ્બર, 1959

ઉપકરણોના ઉત્પાદનનાં bottom-up અભિગમમાં, અણુથી અણુ કે પરમાણુથી પરમાણુનાં સ્થાનનિયંત્રિત (possitionally controlled) ફેરફારો કરી જોઈતા ગુણધર્મો ધરાવતા નેનોબંધારણ કે નેનોકણ બનાવવામાં આવે છે. નેનોટેક્નોલૉજીની ભાષામાં "કણ" (particle) એટલે એવો સૂક્ષ્મ પદાર્થ કે જે તેના પરિવહન અને અન્ય ભૌતિક ગુણધર્મો માટે સમગ્રતયા એક ઘટક તરીકે વર્તતો હોય. આ દૃષ્ટિકોણથી નેનોકણનું કદ 1-100 nmની વચ્ચે હોય છે. મોટાભાગના અણુઓનું પરિમાણ આ હદમાં આવતું હોવા છતાં તેમને સામાન્ય રીતે નેનોકણ કહેવામાં આવતા નથી.

ભલેને નેનોટેક્નોલૉજીને આધુનિક વિજ્ઞાનની દેન માનવામાં આવે પણ તેની ઓળખ તો લાંબા ભૂતકાળથી છે. ઉદાહરણ-રૂપે નવમા સૈકામાં શિલ્પકાર દ્વારા નેનોકણનો ઉપયોગ વાસણોની સપાટી પર ચમક ઉત્પન્ન કરવા માટે થતો હતો. ગ્રીક અને રોમન્સ દ્વારા 2000 વર્ષ પૂર્વે વપરાતી હેર-ડાઈની બનાવટમાં સૂક્ષ્મ નેનોકણોનો ઉપયોગ થતો હતો. પુરાતન કાળમાં ઇજિપ્શિયન લોકો નેનો લેડનો ઉપયોગ આંખના મેકઅપ માટે કરતા હતા. ટીપુ સુલ્તાનની તલવાર (આકૃતિ 1.1) કે જે દમશકશ સ્ટીલમાંથી બનેલી હતી તેની સપાટી પર પણ કાર્બનના નેનોકણ જોવા મળ્યા હતા. "ભષ્મ" - આયુર્વેદિક દવા - એ પણ ધાતુ ખનિજની જૈવિક પ્રક્રિયાથી બનેલા નેનોકણ જ છે અને ઇતિહાસ તો ઘણો લાંબો છે - એ તો માઇકલ ફેરાડે(1857)એ પ્રથમ વખત વર્ણવ્યું કે કેવી રીતે નેનો પરિમાણ ધરાવતો પદાર્થ તદ્દન જુદાં અને અદ્વિતીય ગુણધર્મો ધરાવે છે.

જેમ વિદ્યુત અને ટ્રાન્ઝિસ્ટરની શોધે ટેક્નોલૉજીને નવો પથ દર્શાવ્યો તે જ રીતે નેનોટેક્નોલૉજી પણ લગભગ દરેક વૈજ્ઞાનિક તથા ટેક્નોલૉજીનાં ક્ષેત્રે તદ્દન નવી જ અને અકલ્પ્ય વસ્તુ (ઘટના) હાથવગી કરાવી શકશે. પછી તે સંદેશાવ્યવહાર

હોય કે પરિવહનને લગતા પ્રશ્નો, ખેતી કે ઉદ્યોગ, એન્જિનિયરિંગ કે રક્ષણનો મુદ્દો (હથિયારો વગેરે), મેડિકલ કે સૌંદર્ય-પ્રસાધન, અવકાશીય એન્જિનિયરિંગ કે ઘરગથ્થુ હેતુઓ, અર્થતંત્રને લગતા કે પર્યાવરણને લગતા મુદ્દાઓ, નિર્મળ અને વિપુલ ઊર્જાના પ્રશ્નો કે પછી તમે ગમે તે નામ આપો તે. આમ, ચોક્કસપણે કહી શકાય કે નેનોટેક્નોલૉજી એ ''બહુહેતુક'' (general purpose) ટેક્નોલૉજી છે. ઊંચી કાર્યક્ષમતા એટલે કે ઊંચી કાર્યરીતિને કારણે સાચે જ તેને Green Technology પણ કહેવામાં આવે છે.

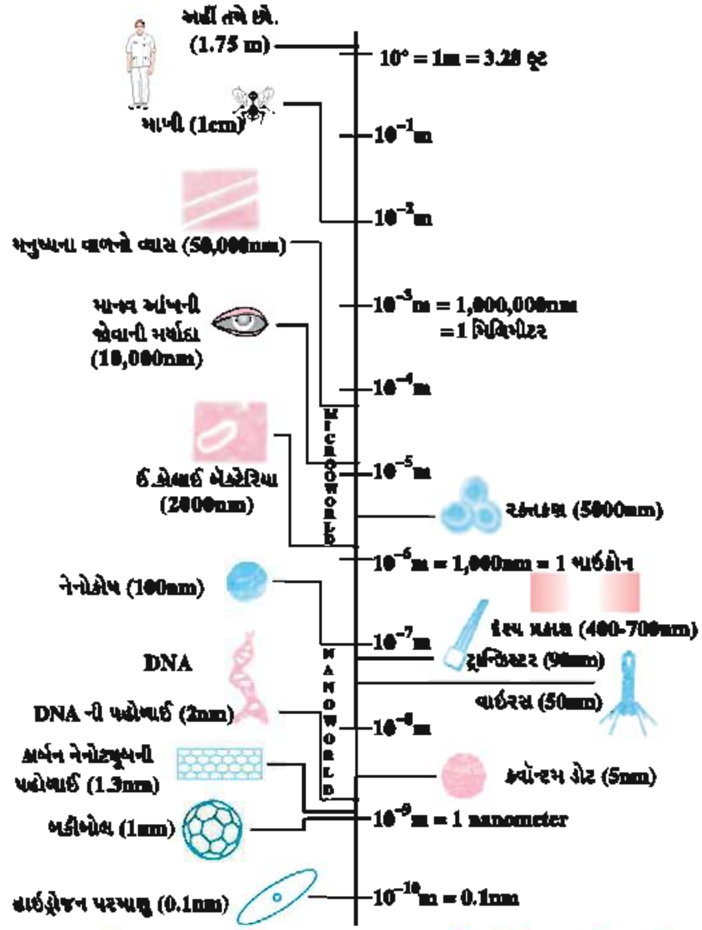
આકૃતિ 1.1 : દમશકશ સ્ટીલમાંથી બનેલી ટીપુ સુલતાનની તલવાર

વૈજ્ઞાનિકો અને પ્રૌદ્યોગિક વિજ્ઞાનશાસ્ત્રીઓ(technocrets)ના મત અનુસાર 2025ની સાલ સુધીમાં નેનોટેક્નોલૉજી સંપૂર્ણ રીતે કાર્યરત થઈ જશે.

વ્હાલા વિદ્યાર્થીઓ, આવા વિજ્ઞાન અને ટેક્નોલૉજીનાં ક્ષેત્રે આપને કારકિર્દી બનાવવાની પૂરતી તક છે.

1.3 ભૌતિક ચીજવસ્તુઓના પરિમાણનો ખ્યાલ (Dimensions of the Physical World)

જુદા જુદા ભૌતિક પદાર્થોનાં કદ / પરિમાણ, મોટા(ગુરુ)તંત્ર - સૂક્ષ્મતંત્ર - નેનોતંત્રનો ખ્યાલ મેળવવા માટે આકૃતિ 1.2માં સરખામણી દર્શાવી છે.



આકૃતિ 1.2 આપણી આસપાસના પદાર્થો અને વસ્તુઓના પરિમાણ

1 nmને સંદર્ભ તરીકે લઈ જુદા જુદા પદાર્થોનું કદ આકૃતિ 1.2માં દર્શાવેલ છે. માણસની સામાન્ય ઊંચાઈ(1.75 m)એ 1750,000,000 nm એ તેના વાળના વ્યાસ 50,000 nmની સરખામણીમાં અત્યંત વિશાળ ગણી શકાય. રુધિરમાંના રક્તકણ અને ઈ.કોલાઈ (E.Coli) બેક્ટેરિયાનું કદ અનુક્રમે 5000 nm અને 2000 nm જેટલું હોય છે. IC(Integrated Circuit)માં મુદ્રિત (printed) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની જાડાઈ લગભગ 90 nm જેટલી હોય છે, જ્યારે વાઈરસનું કદ લગભગ 50 nm જેટલું હોય

છે. પરંતુ સાચા અર્થમાં નેનોતંત્ર તો કાર્બન નેનોટ્યૂબ્સ (Nanotubes) અને બકીબૉલ્સ (Bucky-balls) છે. તેઓ લગભગ 1 nmનું પરિમાણ ધરાવે છે. ચોક્કસ પ્રકારના DNAની પહોળાઈ 2 nm જેટલી હોય છે, જ્યારે હાઇડ્રોજન પરમાણુનો વ્યાસ 0.1 nm જેટલો હોય છે.

મનુષ્યના વાળ, બૅક્ટેરિયા, રક્તકણ અને શ્વેતકણ, ઊડતી રાખનું કદ હજારો nm કે તેથી વધારે હોવાથી તેમને માઇક્રોમીટર (10^{-6} m = 1 micrometer (μm)) જેવા અનુકૂળ એકમમાં લખવામાં આવે છે.

માનવીની આંખની જોવાની મર્યાદા 10,000 nm = 10 μm છે અને તેથી સ્વાભાવિક છે કે અણુ કે પરમાણુને યોગ્ય સ્થાને ગોઠવી ચોક્કસ નેનોબંધારણ બનાવવા જરૂરી માઇક્રોસ્કોપની મોટવણી અત્યંત વધારે હોવી જોઈએ. હકીકતમાં હવે સ્કૅનિંગ ટનલિંગ માઇક્રોસ્કોપ (STM) અને ઍટોમિક ફોર્સ માઇક્રોસ્કોપ(AFM)ની મદદથી અણુઓ કે પરમાણુઓની કાર્યક્ષમ રીતે ગોઠવણી કરી ઇચ્છિત નેનોબંધારણ રચી શકાય છે.

1.4 નેનોટેક્નોલૉજીને પોતાના આગવા નિયમો છે (Nano Technology Plays by Different Rules)

નેનોટેક્નોલૉજીનો મુખ્ય હેતુ ઇચ્છિત ઉપયોગ માટે નેનોબંધારણ કે નેનોકણ બનાવવાનો છે. આમ, તે મોટા પદાર્થો અને આણ્વિક કે પરમાણ્વિક બંધારણ ધરાવતા સૂક્ષ્મ પદાર્થો વચ્ચે સેતુ પૂરો પાડે છે. પ્રણાલિગત top-down અભિગમમાં ઉપકરણો તથા યાંત્રિક ભાગ બનાવવા માટે કોતરણી (carving), કાપવું (cutting) અને વાળવું (moulding) જેવી પદ્ધતિઓ વપરાય છે, પરંતુ નેનો પદાર્થ બનાવવા માટે ચોક્કસ પદ્ધતિઓની જરૂર પડે છે. નેનો પદાર્થમાં સંકળાયેલા અણુઓ કે પરમાણુઓને ધ્યાનમાં રાખીને તેમને બનાવવાની જુદી જુદી રીતો પ્રાપ્ત છે. જેમ કે ગ્રાઇન્ડિંગ(ball-mill)ની રીત, ઉષ્મીય પ્લાઝ્માની રીત, નિષ્ક્રિય વાયુના ઘનીકરણ(condensation)ની રીત, વેટ કેમિકલ ટેક્નિક અથવા કેમિકલ સૉલ્યુશન ડિપોઝિશનની રીત વગેરે.

નેનોબંધારણની બીજી અગત્યની લાક્ષણિકતા તેમના કદ અને આકાર આધારિત ભૌતિક ગુણધર્મો છે. તેનાથી વિરુદ્ધ, મોટા કદના પદાર્થો માટે આપેલ પરિસ્થિતિમાં ભૌતિક ગુણધર્મો તેમના કદ અને આકારથી સ્વતંત્ર હોય છે. નેનો પદાર્થની કાર્યક્ષમતા નક્કી કરતો પ્રાચલ (parameter) તેની સપાટી ક્ષેત્રફળ (surface area) અને કદ(volume)નો ગુણોત્તર છે. આપણને ખબર છે કે રાસાયણિક પ્રક્રિયા પદાર્થની સપાટી પર જ થાય છે. તેથી, જેમ પદાર્થની સપાટી મોટી તેમ તેની રાસાયણિક પ્રક્રિયતા વધારે. નેનોબંધારણ ધરાવતા પદાર્થો માટે SA અને Vનો ગુણોત્તર (SA / V) ખૂબ જ મોટો હોવાથી તેમની રાસાયણિક પ્રક્રિયતા ઘણી પ્રબળ હોય છે અને આ જ કારણ છે કે જે-તે પદાર્થ તેના નેનો કદે તદ્દન જુદા જ ભૌતિક ગુણધર્મો ધરાવે છે.

પ્રવૃત્તિ 1

1 એકમ અને 10 એકમ લંબાઈ ધરાવતા બે સમઘન ધ્યાનમાં લો. આપેલા સૂત્રનો ઉપયોગ કરી નીચે મુજબની રાશિઓ ગણો.

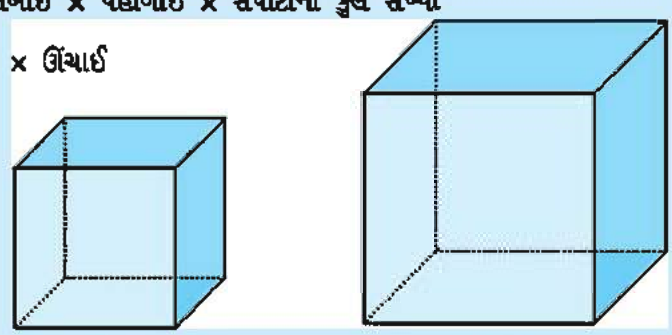
(i) કુલ સપાટીનું ક્ષેત્રફળ (SA) = લંબાઈ × પહોળાઈ × સપાટીની કુલ સંખ્યા

(ii) કદ (V) = લંબાઈ × પહોળાઈ × ઊંચાઈ

(iii) ગુણોત્તર = $\frac{SA}{V}$

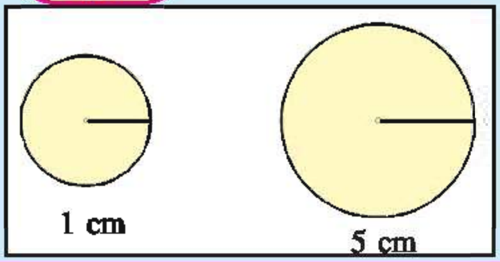
પ્રશ્ન :

કયા સમઘન માટે $\frac{SA}{V}$ ગુણોત્તર મોટો છે ?



← 1 એકમ → ← 10 એકમ →

પ્રવૃત્તિ 2



1 cm અને 5 cm ત્રિજ્યા ધરાવતા બે ગોળાઓ માટે $\frac{SA}{V}$ ગણો. તમારું તારણ જણાવો.

પ્રવૃત્તિ 3

શા માટે ખાંડના નાનાં કણો અથવા દળેલી ખાંડ, ખાંડના મોટા ટુકડા (sugar cube) કરતાં પાણીમાં ઝડપથી ઓગળી જાય છે ?

કેવી રીતે નાના આંતરડામાં રહેલા હજારો ફોલ્ડ્સ પાચન પ્રક્રિયામાં ઉપયોગી છે ?

વળી, નેનો પદાર્થમાં SA / V ગુણોત્તર મોટો હોવાને કારણે ચોંટી જવાનો (sticking) ગુણધર્મ અને ઘર્ષણ(friction)ની અસરો પણ ખૂબ અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. એકસરખું પરિમાણ ધરાવતા પણ જુદું જુદું બંધારણ ધરાવતા નેનો પદાર્થો જુદા જુદા ભૌતિક ગુણધર્મો દર્શાવે છે. વળી, આગળ સૂચવ્યું તેમ નેનોકણ વચ્ચે પ્રવર્તતા બળો એ પ્રચલિત ન્યૂટનના ગતિના નિયમોને અનુસરવાને બદલે ક્વોન્ટમ યંત્રશાસ્ત્રના નિયમોનું પાલન કરે છે.

સાચે જ "નેનોટેક્નોલોજી એ જુદા જ નિયમોને અનુસરે છે."

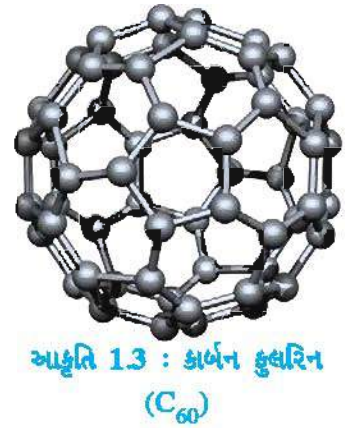
1.5 કાર્બન આધારિત મૂળભૂત નેનોબંધારણ (Carbon based Fundamental Nanostructures)

કાર્બન એ પૃથ્વી પરના જીવનનો આધારસ્તંભ છે. તે ઑક્સિજન, હાઇડ્રોજન અને નાઇટ્રોજન(દા.ત. ન્યુક્લિક ઍસિડ, ઉત્સેચકો, પ્રોટીન, કાર્બોહાઇડ્રેટ વગેરે)ના જટીલ બંધારણ સ્વરૂપે જોવા મળે છે. વળી, તે પ્રણાલિગત ઊર્જાસ્રોતનો મુખ્ય ઘટક છે. વધારામાં, કાર્બન ધરાવતા પદાર્થો અનેકવિધ ભૌતિક ગુણધર્મો ધરાવે છે કે જે નીચે મુજબના મૂળભૂત કારણોને આધિન છે.

પ્રથમ, કાર્બન પરમાણુ બીજા વિવિધ પ્રકારના પરમાણુઓ સાથે એકસાથે સહસંયોજક બંધ (covalent bonds) રચી શકે છે, જેની મદદથી પરમાણુઓની લાંબી સાંકળ રચી શકાય છે. આ ગુણધર્મને કારણે કાર્બનનાં ઘણાં સ્વરૂપો (વિવિધ રૂપો) જેમ કે હીરો (ડાયમન્ડ), ગ્રેફાઇટ, ગ્રાફિન (એકસ્તરીય ગ્રેફાઇટ), એમોર્ફસ, ગ્લાસી કાર્બન અને ફુલરિન કે જેઓ બધા જ જુદા ગુણધર્મો ધરાવે છે. બીજું અને સૌથી અગત્યનું કારણ એ છે કે કાર્બન સિવાય બીજું કોઈ તત્ત્વ આવી મજબૂતાઈથી તેમજ જુદી જુદી સંખ્યાનાં ઇલેક્ટ્રોનની ભાગીદારીથી સહસંયોજક બંધ રચી જોડાણ કરી શકતું નથી. હકીકતમાં આ જ પ્રબળ સંશક્તિ (cohesion) એ લગભગ બધા જ જીવન ઉપયોગી જૈવરાસાયણિક સંયોજનો માટે જવાબદાર છે. આ જ કારણથી કાર્બનને જીવનનાં રસાયણનો મૂળભૂત આધાર ગણવામાં આવે છે.

આવી વિવિધ લાક્ષણિકતાઓને કારણે આપણે કાર્બનના નેનો-સ્તરે રહેલા સ્વરૂપોની ચર્ચા કરીશું.

ફુલરિન



આકૃતિ 1.3 : કાર્બન ફુલરિન (C_{60})

કાર્બન આધારિત નેનોબંધારણનું સામાન્ય નામ ફુલરિન છે. પોલા ગોળા, લંબવૃત્ત કે નળાકારના સ્વરૂપમાં રહેલ કાર્બનના બનેલા અણુને ફુલરિન કહે છે. ફુલરિનનું બંધારણ ગ્રેફાઇટ જેવું જ હોય છે કે જેમાં પંચકોણીય, ષષ્ટકોણીય અને ઘણી વખત સપ્તકોણીય આંતરગૂંથેલી રિંગોનાં બનેલા ગ્રાફિન (એકસ્તરીય ગ્રેફાઇટ)ની

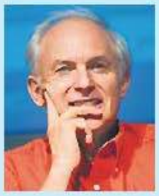
થપ્પીઓ જેવું હોય છે. 1985માં રોબર્ટ એફ કર્લ, હેરોલ્ડ ડબલ્યુ ક્રોટો (જુનિયર), જેમ્સ હીથ, રિચાર્ડ ઈ. સ્મૉલીએ અને શેન ઓ બ્રાયે mass spectrographના પ્રયોગની મદદથી ફુલરિનની શોધ કરી હતી. ફુલરિન એ કાર્બનના 60 પરમાણુઓ(C_{60})નું ડોમ (ઘુમ્મટ) આકારનું પોલા ગોળા જેવું બંધારણ ધરાવે છે (આકૃતિ 1.3). ફુલરિન (Fullerene) શબ્દમાં અવતો પ્રત્યય એન (ene) સૂચવે છે કે પ્રત્યેક કાર્બન પરમાણુ બીજા ત્રણ કાર્બન પરમાણુઓ સાથે એક દ્વિબંધ હોય તે રીતે સહસંયોજક બંધ રચે છે.

માત્ર જાણકારી માટે

એચ. ડબલ્યુ. ક્રોટો (જુનિયર), આર. એફ. કર્લ અને આર. ઈ. સ્મૉલીને 1996માં રસાયણશાસ્ત્રમાં તેમની ફુલરિનની શોધ બદલ નોબેલ પારિતોષિકથી સન્માનિત કરવામાં આવ્યા હતા.

આર. એફ. કર્લ

આર. ઈ. સ્મૉલી


એચ. ડબલ્યુ. ક્રોટો

બકીબૉલ

ફુલરિન નામ એક આર્કિટેક્ચર બકમિનિસ્ટર ફુલરની યાદમાં રાખવામાં આવ્યું છે. તેઓએ પ્રખ્યાત જિયોડેસિક ડોમ (Geo desic dome) કે જેનું બંધારણ પણ C_{60}ના બંધારણ જેવું જ છે તેની રચના કરી હતી. વળી, ગોળીય ફુલરિનનો દેખાવ "અસોશિએશન ફૂટબૉલ"ના ફૂટબૉલ જેવો જ હોવાથી તેને બકીબૉલ પણ કહેવામાં આવે છે (આકૃતિ 1.3). તેમનો વ્યાસ લગભગ 1 nm જેટલો હોય છે.

આવા ફુલરિન્સનું અસ્તિત્વ કુદરતી રીતે મીણબત્તીની મેશમાં અને અવકાશીય વિદ્યુત(lighting discharge of atmosphere)માં પણ જોવા મળે છે. હાલ, 2010માં NASAના વૈજ્ઞાનિકોએ 6500 પ્રકાશવર્ષ દૂર આવેલા તારાના ઘેરાયેલા cosmic dustમાં પણ C_{60}નું અસ્તિત્વ શોધી કાઢ્યું છે. તેથી, એક માન્યતા અનુસાર પૃથ્વી પરના જીવન માટેના બીજ આવા બકીબૉલ્સ દ્વારા પૂરા પાડવામાં આવ્યા હશે !

જુદી જુદી સંખ્યાના કાર્બન પરમાણુઓ ધરાવતા C_{60}, C_{70}, C_{76}, C_{86} બકીબૉલ્સ પણ નોંધાયા છે. જેમાં C_{20} એ સૌથી નાનું અને C_{540} એ સૌથી મોટું કાર્બનનું ઝૂમખું છે.

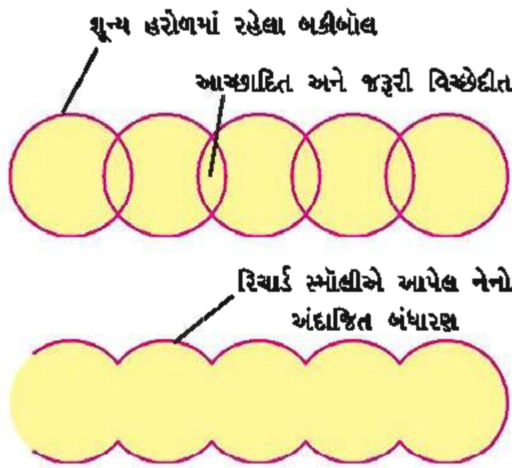
બકીબૉલ ખૂબ જ વધારે યાંત્રિક તાકાત (ક્ષમતા) ધરાવે છે. પરંતુ તેમાં ચોક્કસ પ્રકારના કાર્બન-પરમાણુઓ વચ્ચેના બંધના કારણે તેઓ સહેલાઈથી બીજા અણુ કે પરમાણુઓને પોતાનામાં આંતરી લે છે અને એટલે જ તેમનું શુદ્ધીકરણ વૈજ્ઞાનિકો માટે મોટો કોયડો છે અને તેઓની બનાવટ મોંઘી છે.

માત્ર જાણકારી માટે

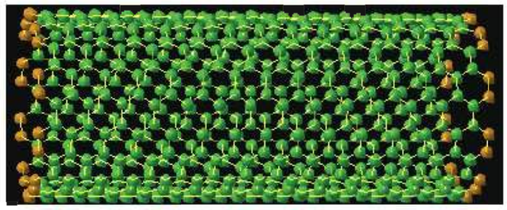
- 2007ની સાલમાં બોરોન પરમાણુઓનો બનેલો B_{80} બકીબૉલ નોંધાયો છે.
- અત્યંત સૂક્ષ્મ પ્રમાણમાં ધાતુ ઉમેરેલા C_{80} બકીબૉલ પણ બનાવવામાં આવ્યા છે કે જેને મેટાલો ફુલરિન્સ (metallo fullerenes) કહે છે.

કાર્બન નેનોટ્યૂબ

નળાકારીય ફુલરિનને કાર્બન નેનોટ્યૂબ કહે છે. આ અર્થમાં કાર્બન નેનોટ્યૂબ એક છેડેથી જોડ્યા વગરના બકીબૉલ્સનું જ લંબાવેલ નળાકારીય સ્વરૂપ છે. માઇક્રોમીટર અને મિલિમીટર લંબાઈની નેનોટ્યૂબ પણ બનાવી શકાય છે. કાર્બન બકીબૉલમાંથી આમ બનાવેલ કાર્બન નેનોટ્યૂબને બકીટ્યૂબ પણ કહેવામાં આવે છે. 1991માં NEC લેબોરેટરીના વિજ્ઞાની સુમીઓ ટીજીમાએ કાર્બન નેનોટ્યૂબની રચના અને સમજૂતી આપી હતી. બકીબૉલને સીવીને કાર્બન નેનોટ્યૂબ કેવી રીતે બનાવી શકાય તે આકૃતિ 1.4 સમજાવે છે.

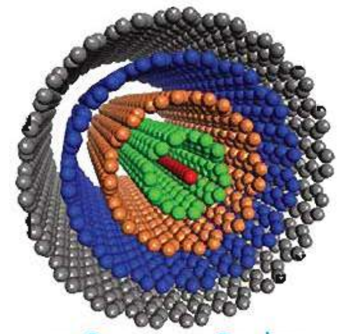


આકૃતિ 1.4 : રિચાર્ડ સ્મૉલીએ આપેલ નેનોટ્યૂબનું અંદાજિત બંધારણ

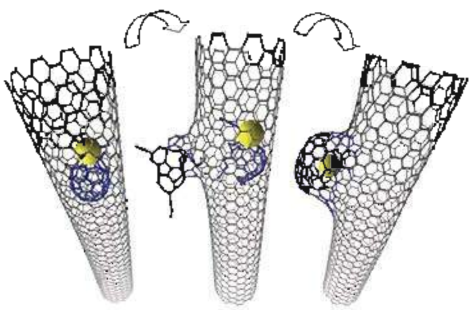


આકૃતિ 1.5 : સિંગલ વૉલ્ડ નેનોટ્યૂબ (SWNT)

બંધ છેડા અથવા ખુલ્લા છેડા ધરાવતી નેનોટ્યૂબ પણ બનાવી શકાય છે. કોઈ એક છેડા તરફ ઘટતા જતા વ્યાસવાળી નેનોટ્યૂબની પણ રચના કરવામાં આવી છે. સિંગલ વૉલ્ડ નેનોટ્યૂબ (SWNT) (આકૃતિ 1.5) અને મલ્ટિવૉલ્ડ નેનોટ્યૂબ (MWNT) પણ હોય છે. MWNTમાં જુદા જુદા વ્યાસવાળી અનેક એકકેન્દ્રીય નેનોટ્યૂબ આવેલી હોય છે (આકૃતિ 1.6).



આકૃતિ 1.6 : મલ્ટિ-વૉલ્ડ નેનોટ્યૂબ (MWNT)



આકૃતિ 1.7 : કાર્બન નેનોટ્યૂબ – નેનોબડ્સ

કાર્બન નેનોબડ્સ

કાર્બન નેનોબડ્સ એ કાર્બનનું નવું શોધાયેલું સ્વરૂપ છે, જેમાં ફુલરિન 'bud' ને કાર્બન નેનોટ્યૂબના બહારના ભાગમાં સહસંયોજક બંધથી જોડવામાં આવે છે. આ સંકર (hybrid) રચના ફુલરિન અને નેનોટ્યૂબ એમ બંનેના મિશ્ર ગુણધર્મો ધરાવે છે. (આકૃતિ 1.7)

1.6 કાર્બન નેનોટ્યૂબના ગુણધર્મો (Properties of Nanotube)

આ નળાકારીય કાર્બન અણુઓ વિશિષ્ટ ગુણધર્મો ધરાવતા હોવાથી તેમની આ ક્ષમતા મૂળભૂત સંશોધન (basic research) અને ટેક્નોલોજીમાં ખૂબ જ ઉપયોગી છે. તેથી કાર્બન નેનોટ્યૂબના કેટલાક ગુણધર્મો નીચે દર્શાવ્યા છે.

(1) તાણ અને દાબીય ક્ષમતા : તેમની તાણક્ષમતા (tensile strength) એ સ્ટીલ અને તેના જેવા મોટા કદ ધરાવતા પદાર્થો કરતાં ઘણી વધારે હોય છે. આ તાકાત કાર્બન-કાર્બન વચ્ચે sp^2 સંકરણ ધરાવતા સહસંયોજક બંધને કારણે છે. દાખલા તરીકે MWNTની તાણક્ષમતા 63×10^9 પાસ્કલ (Pa), 1 mm^2 આડછેદ ધરાવતા તાર પર 6422 kg દળ લટકાવતા ઉત્પન્ન થતા તાણ જેટલી હોય છે ! પરંતુ ઘણી વધારે તાણ લગાવતા નેનોટ્યૂબમાં કાયમી વિકૃતિ ઉત્પન્ન થાય છે. તેની તાણક્ષમતાની સરખામણીમાં દાબીય ક્ષમતા (compressive strength) ઓછી હોય છે. વળી, નેનોટ્યૂબ તેની ત્રિજ્યાવર્તી દિશામાં દબનીય (soft) હોવાથી તેને રબર ટ્યૂબની જેમ વાળી શકાય છે.

(2) હાર્ડનેસ : પ્રમાણભૂત SWNTની હાર્ડનેસ લગભગ 25×10^9 Pa હોય છે, જ્યારે તેનો બલ્ક મોડ્યુલસ એ હીરા કરતાં પણ વધારે હોય છે. ફુલરાઇટસ(Fullrites)ના નામે ઓળખાતા સ્ફટિકમય C_{60}ને ઊંચા દબાણે અને ઊંચા તાપમાને

બનાવવામાં આવે છે. આવા ફુલરાઇટ્સના યાંત્રિક ગુણધર્મો અને ક્ષમતા અત્યંત વધારે હોય છે તેથી તેમને અલ્ટ્રાહાર્ડ ફુલરાઇટસ પણ કહેવામાં આવે છે.

(3) વિદ્યુતકીય : ધાતુ નેનોટ્યૂબના 1 cm^2 જેટલા આડછેદમાંથી 10^{-9} ઍમ્પિયર (A) જેટલો વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરી શકાય છે કે જે સુવાહક કૉપર ધાતુમાંથી પસાર કરી શકાતા પ્રવાહ કરતાં 1000 ગણો વધારે હોય છે. વળી, MWNT 12 K તાપમાન સુધી અતિવાહકતા (સુપરકન્ડક્ટિવિટિ) ધરાવે છે.

(4) ઉષ્મીય : લંબાઈની દિશામાં કાર્બન નેનોટ્યૂબ વધારે ઉષ્મીય વાહકતા ધરાવે છે. જેમ કે SWNTની ઓરડાના તાપમાને ઉષ્મીય વાહકતા 3500 $\frac{\text{Watt}}{\text{m}\cdot\text{K}}$ છે જ્યારે આ જ તાપમાને કૉપર ધાતુ માટે તે ફક્ત 385 $\frac{\text{Watt}}{\text{m}\cdot\text{K}}$ છે. નેનોટ્યૂબ તેની ત્રિજ્યાવર્તી દિશામાં અવાહક છે. શૂન્યાવકાશમાં તેમની તાપીય સ્થિરતા 3100 K સુધી જોવા મળે છે પરંતુ હવામાં તે ઘટીને 1000 K જેટલી હોય છે.

1.7 નેનોટેક્નોલૉજીને કારણે માનવજાતિને થનારા ફાયદાની ઝાંખી

(Glimpses of the Benefits of Nano Technology to Mankind)

સૌપ્રથમ ફુલરિનની બનાવટ પછી તેના બંધારણ અને ડિઝાઈનિંગનું વિજ્ઞાન નાટકીય રીતે વિકસિત થયું છે. જેના પરિણામ સ્વરૂપે નેનોટેક્નોલૉજીથી આપણને નીચે દર્શાવ્યા મુજબના ફાયદાઓ થયા છે અને ભવિષ્યમાં હજુ ઘણા ફાયદાઓ થશે.

નેનોટેક્નોલૉજી દ્વારા માનવજીવનમાં ક્રાંતિ લાવી શકે તેવા મુખ્ય ક્ષેત્રો નીચે મુજબ છે :

આરોગ્ય :

નેનો ઉપકરણોની ઉચ્ચ ક્ષમતાને પરિણામે વધુ સારું, સસ્તું, ઝડપી નિદાન અને દવાનો ઉપયોગ શક્ય બન્યો છે. સચોટ નિદાન ક્ષમતાને કારણે મેડિકલ ટ્રીટમેન્ટની ગુણવત્તા સુધરશે. શરીરના ફક્ત ઈજાગ્રસ્ત ભાગ પર જ અસર કરે તેવી નેનો-ડ્રગ બનાવવાનું શક્ય બનશે, જેથી શરીરની બીજી મેટાબોલીક (metabolic) પ્રક્રિયા પરની આડઅસરો નિવારી શકાશે. ઉદાહરણરૂપે એવી નેનો ડ્રગ તૈયાર કરી શકાય કે જે ફક્ત કૅન્સરગ્રસ્ત કોષો પર જ અસર કરે અને આ કોષોને લેસર (LASER) કિરણો વડે ઉત્તેજિત કરી નાશ કરી શકાશે. કાર્બન નેનોટ્યૂબ અને તેનાં નેનો સંયુક્ત સમઘટકો હાડકાના કોષની વૃદ્ધિ અને તેની બનાવટને આધાર આપવા માટે યોગ્ય પદાર્થ છે.

ઊર્જા :

તેમના બદલી શકાય તેવા વિદ્યુતકીય અને પ્રકાશીય ગુણધર્મોને કારણે ચોક્કસ રીતે તૈયાર કરેલા નેનો પદાર્થો ઓછામાં ઓછા ઊર્જા વ્યય સાથે વિદ્યુત અને પ્રકાશનું એકબીજામાં રૂપાંતરણ કરી શકે છે. તેમની કાર્યક્ષમતા કોઈ પણ પ્રચલિત ઉપકરણ કરતાં વધારે હોય છે. કાર્બનિક સોલર સેલ અને હાઇડ્રોજન બળતણ સેલ (કોષ) ટૂંક સમયમાં જ બજારમાં આવી જશે. વધારે કાર્યક્ષમ વાહનોની ડિઝાઇન બનાવી શકાશે. કાગળની જાડાઈ જેટલા સેલ્યુલોઝના પાતળા સ્તરને કાર્બન નેનોટ્યૂબ સાથે જોડી ખૂબ ઊંચી કાર્યક્ષમતા ધરાવતી બૅટરી બનાવી શકાય છે.

સંરક્ષણ :

વજનમાં હલકા પરંતુ મજબૂત યાંત્રિક ગુણધર્મોને કારણે નેનો પદાર્થોનો ઉપયોગ સંરક્ષણ ક્ષેત્રે ખૂબ બહોળા પ્રમાણમાં જોવા મળે છે. તેઓનો ઉપયોગ હલકી અને મજબૂત ટૅન્ક, સ્પેસક્રાફ્ટ, બંધ (પુલ), ક્રૅન્ક વગેરે બનાવવામાં થાય છે. તેમને કપડાંની જેમ ગૂંથીને બૂલેટપ્રૂફ વસ્ત્રો પણ બનાવી શકાય છે. નેનોકણનું ગલન બિંદુ (melting point) તેમનાં કદ પર આધારિત હોવાને કારણે ઉદ્યોગોમાં બહોળા પ્રમાણમાં તેમનો ઉપયોગ ઉષ્મીય સલામતી (thermal security) ઉપકરણ તરીકે થાય છે. કાર્બન નેનોટ્યૂબના મોટા બંધારણોનો ઉપયોગ ઇલેક્ટ્રૉનિક પરિપથમાં ઉષ્મીય નિયંત્રક તરીકે થાય છે.

અન્ય :

સંશોધન દર્શાવે છે કે નેનોટેક્નોલૉજીની મદદથી અત્યંત ઝડપી computing (ગણક) તંત્રો શક્ય છે. કરોડો જુદા જુદા અણુઓમાંથી કોઈ એક ચોક્કસ અણુને શોધી શકે તેવા અત્યંત સંવેદનશીલ રાસાયણિક સંવેદકો (sensors) હવે શક્ય બનશે. નેનો એલ્યુમિનમના અણુઓ રાસાયણિક રીતે એટલા બધા સંવેદનશીલ છે કે તેમનો ઉપયોગ વિસ્ફોટકોના નિયંત્રણમાં કરવામાં આવે છે કે જેથી કરીને વિસ્ફોટકોથી આજુબાજુના વિસ્તારને ઓછામાં ઓછું નુકસાન થાય. હાલમાં પાણી શુદ્ધ કરવાની પદ્ધતિઓની સરખામણીમાં નેનોટેક્નોલૉજીનો ઉપયોગ ઘણો ફાયદાકારક છે. સૌંદર્ય-પ્રસાધનની ઘણી બનાવટો હવે નેનોટેક્નોલૉજી આધારિત છે.

1.8 નેનોટેક્નોલૉજીનું મહત્ત્વ (Importance of Nano Technology)

નેનો ક્રમના પદાર્થોના વિદ્યુતીય, ઉષ્મીય, યાંત્રિક, પ્રકાશીય અને રાસાયણિક ગુણધર્મો ખૂબ જ ઊંચી ગુણવત્તા ધરાવે છે. તેથી નેનો ઉપકરણો દ્વારા અકલ્પનીય કાર્યક્ષમતા પ્રાપ્ત કરી શકાય છે. બદલી શકાય તેવા રાસાયણિક ગુણધર્મો બાયોલૉજી અને મેડિકલ વિજ્ઞાનક્ષેત્રે ખૂબ જ મોટું પ્રોત્સાહન છે. જીવનના લગભગ દરેક પાસામાં નેનોટેક્નોલૉજીના મહત્ત્વના ઉપયોગો છે. છતાં અમુક મુદ્દાઓ વિચારવા જેવા પણ છે. નેનો ડ્રગનો વધારે પ્રમાણમાં ઉપયોગ રંગસૂત્રોનાં કાર્યને નુકસાન પહોંચાડે છે. વધારે મારકક્ષમતા ધરાવતા શસ્ત્રો બનાવવામાં થતો નેનોટેક્નોલૉજીનો ઉપયોગ અટકાવવો જોઈએ.

1.9 નેનોટેક્નોલૉજીથી નજીકના ભવિષ્યમાં થનારા સુધારાઓ (Improvement Expected in Future due to Nano Technology)

નેનોટેક્નોલૉજીથી નીચે દર્શાવેલા ક્ષેત્રોમાં નજીકના ભવિષ્યમાં ઘણા સુધારાઓ થવાની શક્યતા છે :

(1) **બાયોટેક્નોલૉજી :** વૃદ્ધત્વ અટકાવતી દવા, જીનેટિક એન્જિનિયરિંગ, જીન-થેરાપી, રીજનરેટિવ દવાઓ, રંગસૂત્રોની બનાવટ.

(2) **ઊર્જા :** બાયો ફ્યુઅલ, સંકેન્દ્રિત સૌર-ઊર્જા, સંલયન ઊર્જા જેવા પુનઃપ્રાપ્ય (renewable) ઊર્જાસ્રોત, ગ્રીડ ઊર્જાસંગ્રહ, નેનો વાયર બૅટરી, વાયરલેસ ઊર્જા રૂપાંતરણ.

(3) **ઈન્ફર્મેશન ટેક્નોલૉજી :** ત્રિપરિમાણીય (3D), મુદ્રણ (printing), 3D પ્રકાશીય સંગ્રાહક, હોલોગ્રાફિક સંગ્રાહક, પ્રકાશીય કૉમ્પ્યૂટિંગ (ગણક), ક્વૉન્ટમ કૉમ્પ્યૂટિંગ, ક્વૉન્ટમ ક્રીપ્ટોગ્રાફી (quantum cryptography), સ્પિન્ટ્રોનિક્સ, 3D IC (integrated circuit).

(4) **પદાર્થ વિજ્ઞાન :** ઊંચા તાપમાને અતિવાહકતા (superconductivity), ઊંચા તાપમાને પ્રવાહીતા (fluidity), બહુહેતુક બંધારણો, પ્રોગ્રામેબલ પદાર્થો, ક્વૉન્ટમ ડૉટ્સ.

(5) **રોબોટિક્સ :** નેનો રોબોટિક્સ, આણ્વિય રોબોટ (self-reconfiguring), સ્વાર્મ (swarm) રોબોટ્રિક્સ

(6) **અન્ય :** પ્રોજેક્ટર ફોન, સ્વયંસંચાલિત રેલવે વ્યવહાર, ચાલક વગરની કાર, સુપરસોનિક પરિવહન, ચુંબકીય રેફ્રિજરેશન.

1.10 નેનોટેક્નોલૉજીને સ્પર્શતાં અગત્યનાં ક્ષેત્રો (Some Important Areas of Nano Technology)

- નેનોટ્યૂબ્સ અને બકીબૉલ્સ
- બનાવટ અને ગુણધર્મો
- નેનો કમ્પોઝાઈટ્સ (Nano composites)
- ધાતુ નેનોટ્યૂબ (Metal nanotube)
- જૈવિક અને કાર્બનિક નેનો સેન્સર્સ
- નેનો ઊર્જા સંગ્રાહકો

1.11 નેનોટેક્નોલૉજીથી ભાવિ પડકારોનો સામનો (Future Challenges using Nano Technology)

- પર્યાવરણને લગતા પ્રશ્નોનું નિરાકરણ.
- પુનઃપ્રાપ્ય (renewable) ઊર્જાસ્રોતોની કાર્યક્ષમતા ઘણી વધારી શકાશે.
- બાહ્ય ગ્રહો અને અવકાશમાં જીવન શક્ય બનાવવા માટે ઉપયોગી થશે.
- આવતી પેઢી માટે પૃથ્વીને સાચવી રાખવામાં મદદ કરશે.

તમે શું શીખ્યા ?

- 1 nm = 10^{-9} m
- નેનો પદાર્થનું નિર્માણ bottom-up અભિગમ દ્વારા કરવામાં આવે છે કે જેમાં સ્થાન નિયંત્રિત અણુથી અણુ ફેરફારો કરી જોઈતા ગુણધર્મો ધરાવતા નેનોબંધારણ બનાવવામાં આવે છે.
- નેનો કણનું કદ 1-100 nm જેટલું હોય છે.
- મોટા કદ ધરાવતા પદાર્થોની સરખામણીમાં નેનો પદાર્થો તેમનાં નિર્માણ, બનાવવાની રીતમાં, પ્રક્રિયતામાં, કણો વચ્ચે પ્રવર્તતા બળોને સમજવામાં, વગેરેમાં તદ્દન ભિન્નતા દર્શાવે છે.
- ફુલરિન, બકીબૉલ, ગ્રાફિન, મેટાલોફુલરિન્સ, નેનોટ્યૂબ, નેનોબડ્સ કેટલાક નેનોબંધારણનાં સ્વરૂપો છે.
- કાર્બન નેનોબંધારણ ખૂબ જ ભિન્ન ભૌતિક ગુણધર્મો જેવા કે ઉચ્ચ તાણ અને દાબીય ક્ષમતા, ચોક્કસ પ્રકારની વિદ્યુતકીય અને ઉષ્મીય વાહકતા વગેરે ધરાવે છે.
- નેનોટેક્નોલોજી દ્વારા ઊર્જાક્ષેત્રે, સંરક્ષણ ક્ષેત્રે, બાયોટેક્નોલૉજી, ઇન્ફર્મેશન ટેક્નોલૉજી, રોબોટિક્સ વગેરેમાં ઘણા સુધારાની સંભાવના છે.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) 10 નેનોમીટર = ... મીટર

(A) 10^{-8} (B) 10^{-7} (C) 10^{-9} (D) 10^{-10}

(2) નેનોકણનું કદ .... nmની વચ્ચે હોય છે.

(A) 100 થી 1000 (B) 0.1 થી 10 (C) 1 થી 100 (D) 0.01 થી 1

(3) હાઇડ્રોજન પરમાણુનો વ્યાસ .... nm જેટલો હોય છે.

(A) 1 (B) 10 (C) 0.1 (D) 0.01

(4) કાર્બન અણુઓ બીજા કાર્બન અણુઓ સાથે .... પ્રકારનો બંધ બનાવે છે.

(A) સહસંયોજક (B) આયનીય (C) ધાત્વિક (D) હાઇડ્રોજન

(5) ફુલરિન અથવા બકીબૉલ .... કાર્બન અણુઓનો બનેલો હોય છે.

(A) 100 (B) 20 (C) 75 (D) 60

(6) પ્રમાણિત SWNTની તેની લંબાઈની દિશામાં ઉષ્મીય વાહકતા .... $\frac{\text{watt}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ જેટલી હોય છે.

(A) 3500 (B) 385 (C) 35,000 (D) 35

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) નેનોસાયન્સ એટલે શું ?

(2) પદાર્થ બનાવવા માટેના bottom-up અને top-down અભિગમો વચ્ચેનો તફાવત આપો.

(3) ઇતિહાસમાં નેનોબંધારણના ઉપયોગો દર્શાવતા બે ઉદાહરણો આપો.

(4) નેનોબંધારણમાં વપરાતા બે માઇક્રોસ્કોપ(સૂક્ષ્મદર્શક)ના નામ આપો.

(5) કાર્બન નેનોબડ્સ વિશે ટૂંકમાં સમજાવો.

(6) કાર્બન નેનોટ્યૂબના વિદ્યુતકીય ગુણધર્મો સમજાવો.

(7) જ્યાં નેનોટેક્નોલૉજી ઉપયોગી હોય તેવા કોઈ પણ ચાર ઊર્જા ક્ષેત્રોનાં નામ લખો.

(8) નેનોટેક્નોલૉજીને સ્પર્શતા અગત્યનાં ક્ષેત્રોનાં નામ આપો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :

(1) સપાટી ક્ષેત્રફળ અને કદનો ગુણોત્તર નેનોબંધારણ ધરાવતા પદાર્થો માટે કેવી રીતે અગત્યનો છે તે સમજાવો.

(2) ''કાર્બન એ પૃથ્વી પરના જીવનનો આધારસ્તંભ છે.'' સમજાવો.

(3) કાર્બન નેનોટ્યૂબની તાકાત વિશે વિસ્તૃત નોંધ લખો.

(4) કાર્બન નેનોટ્યૂબના ઉષ્મીય ગુણધર્મો પર નોંધ લખો.

(5) આરોગ્યક્ષેત્રે કેવી રીતે નેનોટેક્નોલૉજી ઉપયોગી છે તે સમજાવો.

4. નીચેના પ્રશ્નોના મુદ્દાસર ઉત્તર આપો :

(1) વિધાન સમજાવો : ''નેનોટેક્નોલૉજીને પોતાના આગવા નિયમો છે.''

(2) બકીબૉલ વિશે વિસ્તૃત નોંધ લખો.

(3) નેનોટ્યૂબ વિશે ટૂંક નોંધ લખો.

(4) નેનોટેક્નોલૉજી આપણને કેવી રીતે ઉપયોગી છે ?

એકમ

2

પ્રકાશ : પરાવર્તન અને વક્રીભવન (Light : Reflection and Refraction)

2.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

વિશ્વમાં રહેલા આપણી આસપાસના વિવિધ પદાર્થો તેમના પરથી થતા પ્રકાશના પરાવર્તન (reflection) બાદ આપણી આંખમાં પ્રવેશવાના કારણે દેખાય છે. સંપૂર્ણ અંધકારમય સ્થાનમાં આપણે કોઈ જ વસ્તુને જોઈ શકીએ નહીં.

તો પછી આપણને એકદમ પ્રશ્નો ઉદ્ભવશે કે –

"પ્રકાશ એટલે શું ? વસ્તુ પરથી પરાવર્તિત થઈ તે આપણી આંખમાં કેવી રીતે પ્રવેશે છે ?"

પ્રકાશ એ આપણી આંખમાં સંવેદના ઉપજાવતું વીજચુંબકીય વિકિરણ છે. તે પારદર્શક માધ્યમમાં પ્રસરણ પામી આપણી આંખમાં પ્રવેશે છે.

અગાઉના ધોરણમાં તમે પ્રકાશના પરાવર્તન અને વક્રીભવન (refraction) વિશે થોડું શીખ્યા છો. આ પ્રકરણમાં તમે આ ગુણધર્મોનો થોડો વધુ અભ્યાસ કરશો.

2.2 પ્રકાશનું સ્વરૂપ અને તેના મૂળભૂત ગુણધર્મો (Nature of Light and its Basic Properties)

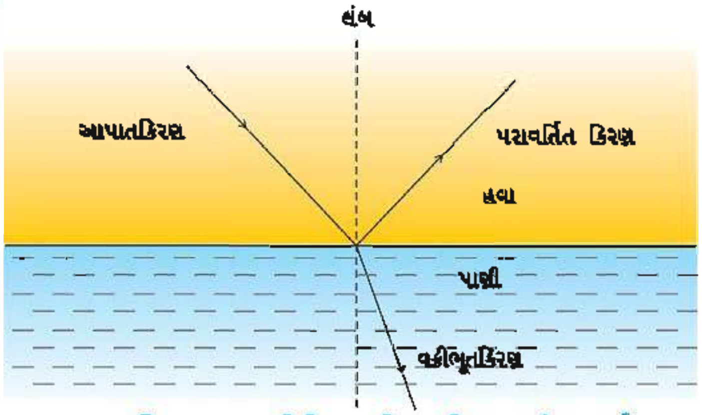
વ્હાલા વિદ્યાર્થીઓ,

અગાઉ જણાવ્યા મુજબ હવે તમે જાણો છો કે પ્રકાશ એ આપણી આંખમાં સંવેદના ઉપજાવતું વીજચુંબકીય વિકિરણ (electromagnetic radiation) છે. વીજચુંબકીય તરંગો તરીકે ઓળખાતા પ્રકાશના તરંગોને દ્રવ્ય (material) માધ્યમની જરૂર નથી હોતી (આથી જ તેમને **બિનયાંત્રિક (non-mechanical) તરંગો** પણ કહેવામાં આવે છે.) અને તેઓ શૂન્યાવકાશ(vaccum)માં $3 \times 10^8\ ms^{-1}$ જેટલી ઝડપે ગતિ કરે છે. જ્યારે આવું તરંગ પારદર્શક માધ્યમમાં ગતિ કરે ત્યારે તેની ઝડપમાં નોંધપાત્ર ઘટાડો થાય છે, જે માધ્યમ પર આધારિત હોય છે. સામાન્ય પદાર્થના કદની સરખામણીમાં 4×10^{-7} m થી 8×10^{-7} વિસ્તાર ધરાવતી દશ્યપ્રકાશની તરંગલંબાઈનું મૂલ્ય ઘણું નાનું હોય છે. આ પરિસ્થિતિમાં પ્રકાશના તરંગો એક બિંદુથી બીજા બિંદુને જોડતા સુરેખ માર્ગ પર ગતિ કરે છે તેમ ગણી શકાય.

એક બિંદુથી બીજા બિંદુને જોડતાં પ્રકાશના સુરેખ માર્ગને પ્રકાશનું કિરણ (ray of light) કહે છે અને પ્રકાશના આવા કિરણોના સમૂહને પ્રકાશનું કિરણપુંજ (beam of light) કહે છે.

માત્ર જાણકારી માટે

જ્યારે પ્રકાશના ગતિમાર્ગમાં કોઈ અડચણ હોય ત્યારે પ્રકાશનું કિરણ તેની પાસેથી વાંકું વળવાની વૃત્તિ ધરાવે છે, જેને પ્રકાશના વિવર્તન તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. પ્રકાશની આ ઘટના સમજાવવા તેનું તરંગસ્વરૂપ ધ્યાનમાં લેવામાં આવે છે જેનો તમે આગળના ધોરણમાં અભ્યાસ કરશો.



આકૃતિ 2.1 : પાણીની સપાટી પરથી પ્રકાશનું પરાવર્તન, વક્રીભવન અને શોષણ

આકૃતિ 2.1માં દર્શાવ્યા મુજબ જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ બે પારદર્શક માધ્યમોને છૂટી પાડતી સપાટી (દા.ત., હવા અને પાણી) પર આપાત થાય છે ત્યારે સામાન્ય રીતે તેનું આંશિક પરાવર્તન, વક્રીભવન અને શોષણ થાય છે.

સંપૂર્ણ પોલિશ કરેલી ચળકતી સમતલ સપાટી પરથી આપાત થતા પ્રકાશનું વધુ પ્રમાણમાં પરાવર્તન થાય છે જ્યારે પારદર્શક માધ્યમ પર આપાત થતા પ્રકાશનું મુખ્યત્વે વક્રીભવન થાય છે. અરીસા પરાવર્તક (reflecting) સપાટી પરથી પ્રકાશના પરાવર્તન દ્વારા જ્યારે લેન્સ પારદર્શક (transparent) માધ્યમમાં વક્રીભવન દ્વારા પ્રકાશના કિરણોને કેન્દ્રિત કરે છે.

જ્યારે કોઈ એક બિંદુથી શરૂ કરી ઘણા બધા કિરણો પરાવર્તન અથવા વક્રીભવન પામી બીજા કોઈ એક બિંદુએ મળે છે ત્યારે પ્રથમ બિંદુનું આ બિંદુ આગળ પ્રતિબિંબ રચાય છે તેમ કહેવાય છે. જો કિરણો વાસ્તવમાં કોઈ બિંદુ આગળ મળતા હોય તો તેમના વડે રચાતું પ્રતિબિંબ વાસ્તવિક (real) હોય છે. જો કિરણો વાસ્તવમાં કોઈ બિંદુ આગળ મળતા ન હોય પરંતુ તેમને પાછળના ભાગમાં વિસ્તારવાથી મળતા હોય તેવો ભાસ થતો હોય તો આભાસી (virtual) પ્રતિબિંબ મળે છે. વસ્તુનું વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ પડદા પર ઝીલી શકાય છે, જ્યારે આભાસી પ્રતિબિંબ પડદા પર ઝીલી શકાતું નથી.

આમ, નિયત પરિમાણની વિસ્તૃત વસ્તુના ભિન્ન બિંદુઓને અનુરૂપ પ્રતિબિંબ બિંદુઓ મેળવી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ મેળવી શકાય છે.

2.3 પ્રકાશનું પરાવર્તન : પ્રકાશનું નિયમિત અને અનિયમિત પરાવર્તન

(Reflection of light : Regular and Irregular Reflection of Light)

વ્હાલા વિદ્યાર્થીમિત્રો,

અગાઉ જણાવ્યા મુજબ આપણી આસપાસની વસ્તુઓને તેમના પરથી થતા પ્રકાશના પરાવર્તનને કારણે જ આપણે જોઈ શકીએ છીએ.

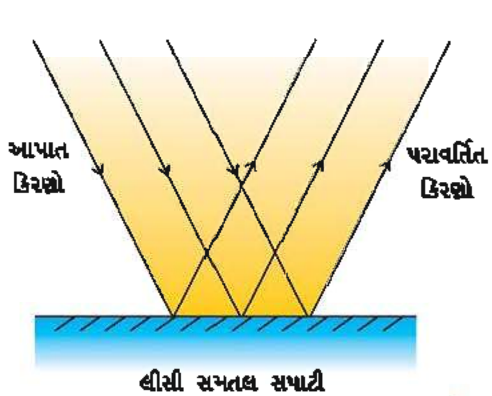
જો આમ ન થતું હોત તો પ્રકાશના ઉદ્‌ગમો સિવાય સમગ્ર દુનિયા અંધકારમય હોત !

સોળે કળાએ ખીલતો ચંદ્ર પણ આપણને દેખાતો ન હોત !

આમ, કોઈ વસ્તુ પર પ્રકાશ આપાત કરતા વસ્તુની સપાટી પરથી પ્રકાશના પાછા વળવાની ઘટના એ પ્રકાશનું પરાવર્તન છે.

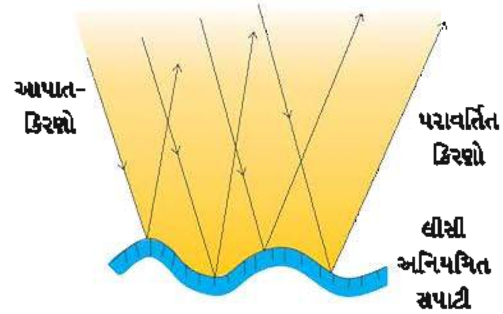
પ્રકાશનું પરાવર્તન બે પ્રકારે થાય છે : (i) નિયમિત પરાવર્તન (ii) અનિયમિત પરાવર્તન.

(1) નિયમિત પરાવર્તન : જ્યારે પ્રકાશનું સમાંતર કિરણપુંજ ચળકતી સમતલ અથવા લીસી સપાટી પર આપાત થાય છે ત્યારે પરાવર્તિત પ્રકાશનું કિરણપુંજ ચોક્કસ દિશામાં સમાંતર રહે છે. પ્રકાશના આ પ્રકારના પરાવર્તનને નિયમિત પરાવર્તન કહે છે. અરીસા વડે થતું પ્રકાશનું પરાવર્તન નિયમિત પરાવર્તનનું ઉદાહરણ છે. (આકૃતિ 2.2)



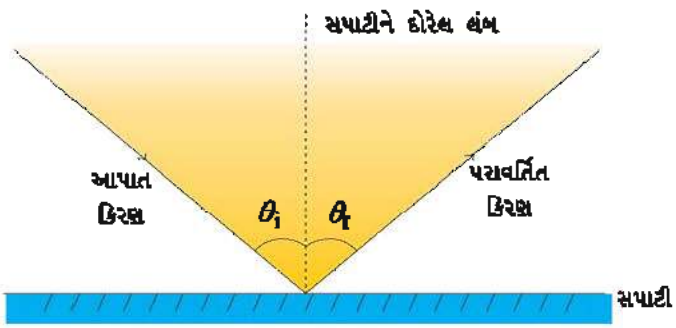
આકૃતિ 2.2 : પ્રકાશનું નિયમિત પરાવર્તન

(ii) અનિયમિત પરાવર્તન : જ્યારે પ્રકાશનું સમાંતર કિરણપુંજ અનિયમિત કે ખરબચડી સપાટી પર આપાત થાય છે ત્યારે પરાવર્તિત પ્રકાશનું કિરણપુંજ સમાંતર રહેતું નથી પરંતુ સમગ્ર વિસ્તારમાં ફેલાય છે. પ્રકાશના આવા પ્રકારના પરાવર્તનને અનિયમિત પરાવર્તન કહે છે. (આકૃતિ 2.3) આપણી આસપાસની વસ્તુઓ જેવી કે પુસ્તક, ખુરશી, ટેબલ વગેરેથી થતું પ્રકાશનું પરાવર્તન એ અનિયમિત પરાવર્તનના ઉદાહરણો છે જેને લીધે આપણે આ વસ્તુઓ જોઈ શકીએ છીએ.



આકૃતિ 2.3 : પ્રકાશનું અનિયમિત પરાવર્તન

2.4 પરાવર્તનના નિયમો (Laws of Reflection)



આકૃતિ 2.4 : પ્રકાશનું પરાવર્તન

પ્રકાશના પરાવર્તનના નિયમો રજૂ કરતા પહેલાં આપણે તેમની સાથે સંકળાયેલા પદોની વ્યાખ્યા ફરી યાદ કરીએ.

આપાતકોણ (θ_i) (Angle of incidence (θ_i)) : આપાતકિરણે, આપાતબિંદુએ સપાટીને દોરેલા લંબ સાથે બનાવેલ કોણને આપાતકોણ કહે છે.

પરાવર્તનકોણ (θ_r) (Angle of reflection (θ_r) : પરાવર્તિત કિરણે, આપાતબિંદુએ સપાટીને દોરેલા લંબ સાથે બનાવેલ કોણને પરાવર્તનકોણ કહે છે.

આકૃતિ 2.4માં θ_i આપાતકોણ અને θ_r પરાવર્તનકોણ દર્શાવે છે.

ઉપર્યુક્ત સંજ્ઞા પ્રણાલી અનુસાર પરાવર્તનના નિયમો નીચે મુજબ છે :

(1) આપાતકોણ (θ_i) અને પરાવર્તનકોણ (θ_r) સમાન હોય છે, એટલે કે $\theta_i = \theta_r$

(2) આપાતકિરણ, આપાતબિંદુએ સપાટીને દોરેલા લંબ અને પરાવર્તિત કિરણ બધા જ એક સમતલમાં હોય છે.

પરાવર્તનના નિયમો સમતલ અને ગોલીય અરીસા બંને માટે સમાન રીતે લગાડી શકાય છે. તદ્ઉપરાંત પરાવર્તનના નિયમો નિયમિત અને અનિયમિત સપાટી માટે પણ સમાન છે.

2.5 સમતલ અરીસા વડે થતું પરાવર્તન (Reflection by A Plane Mirror)

આકૃતિ 2.5માં દર્શાવ્યા મુજબ, તીર વડે દર્શાવેલ h ઊંચાઈની વિસ્તૃત વસ્તુ (extended object) સમતલ અરીસા MM'-ની સામે u અંતરે રાખેલી છે.

અહીં અરીસાની સામે રહેલ વિસ્તૃત વસ્તુનો પ્રત્યેક ભાગ બિંદુવત્ ઉદ્ગમ તરીકે વર્તે છે. આ રીતે મળતા પ્રતિબિંબનું સ્થાન નીચે મુજબ નક્કી કરવામાં આવે છે :

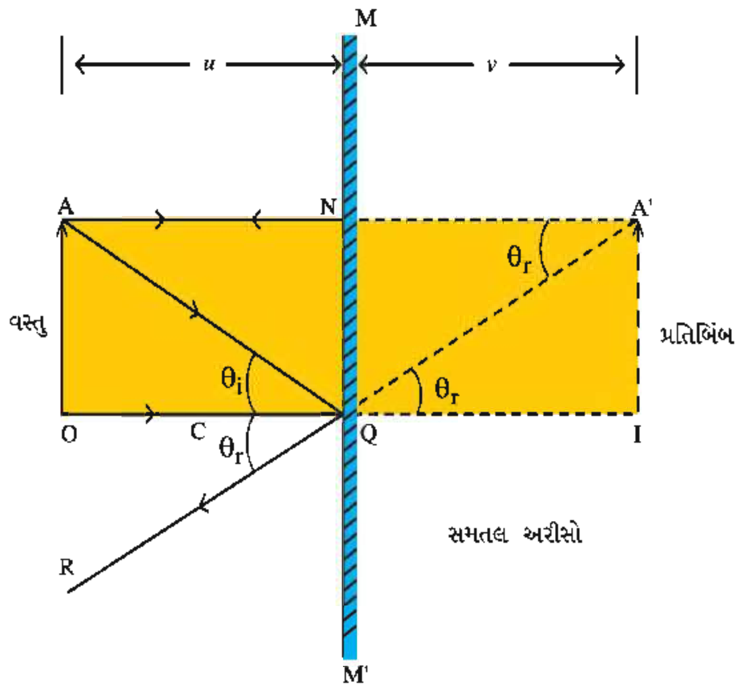
વસ્તુના A બિંદુ પરથી આપાતકિરણો AN અને AQ દોરવામાં આવે છે.

પરાવર્તનના નિયમોનો ઉપયોગ કરીને તેને અનુરૂપ કિરણો NA અને QR દોરવામાં આવે છે.

પરાવર્તિત કિરણો NA અને QR અપસારી હોવાથી તે પડદાની સામેના ભાગમાં નહીં મળે, પણ તેમને અરીસાના પાછળના ભાગમાં લંબાવવાથી A' બિંદુએ છેદે છે, જે આકૃતિ 2.5માં દર્શાવેલ છે.

આમ, બિંદુ Aનું આભાસી પ્રતિબિંબ A' સ્થાને મળે છે. આવી રીતે, A અને O વચ્ચેના બધા જ બિંદુવત્ ઉદ્ગમસ્થાનોને અનુરૂપ A' અને I વચ્ચે પ્રતિબિંબ રચાય છે.

પરિણામે સમતલ અરીસા વડે તેની પાછળના ભાગમાં વસ્તુ AOનું પ્રતિબિંબ A'I પ્રાપ્ત થાય છે.



આકૃતિ 2.5 : સમતલ અરીસા વડે થતું પરાવર્તન

આકૃતિ 2.5 પરથી સ્પષ્ટ છે કે,

(1) સમતલ અરીસો તેનાથી v અંતરે આભાસી અને ચત્તું પ્રતિબિંબ A'I રચે છે.

(2) અરીસાની સામે જેટલા અંતરે વસ્તુ AO રાખેલી હોય તેટલા જ અંતરે અરીસાની પાછળના ભાગમાં તેનું પ્રતિબિંબ A'I રચાય છે.

(3) પ્રતિબિંબનું કદ, વસ્તુના કદ (ઊંચાઈ) જેટલું જ હોય છે પરંતુ તે ઊલટાયેલી પાર્શ્વીય વ્યુત્ક્રમણ (laterally inverted) બાજુ દર્શાવે છે.

પ્રવૃત્તિ 1

તમારા ઘરમાં સમતલ અરીસાની સામે ઊભા રહી મળતા પ્રતિબિંબનું અવલોકન કરો. હવે તમારો ડાબો હાથ ઊંચો કરો અને અરીસામાં અવલોકન કરો.

સમતલ અરીસા વડે વસ્તુનું આભાસી, ચત્તું અને વસ્તુ જેટલા જ કદનું પ્રતિબિંબ અરીસાની પાછળના ભાગમાં વસ્તુ અંતર જેટલા જ અંતરે મળે છે. જ્યારે તમારો ડાબો હાથ ઊંચો કરો છો ત્યારે પ્રતિબિંબમાં જમણો હાથ ઊંચો થયો હોય તેમ દેખાય છે. સમતલ અરીસા વડે મળતા આ પ્રકારના પ્રતિબિંબને **પાર્શ્વીય વ્યુત્ક્રમિત** (laterally inverted) પ્રતિબિંબ કહે છે.

2.6 ગોલીય અરીસા વડે થતું પરાવર્તન (Reflection by Spherical Mirror)

ગોળાકાર કવચનો અમુક ભાગ વર્તુળાકાર છેદમાં કાપીને ગોલીય અરીસા બનાવવામાં આવે છે, જેની અંદરની અથવા બહારની વક્રસપાટી પરાવર્તક હોય છે.

જે ગોળાકાર અરીસાની અંદરની વક્રસપાટી પરાવર્તક હોય તે અરીસા અંતર્ગોળ અરીસા (concave mirror) તરીકે ઓળખાય છે.

જે ગોળાકાર અરીસાની બહારની વક્રસપાટી પરાવર્તક હોય તે અરીસા બહિર્ગોળ અરીસા (convex mirror) તરીકે ઓળખાય છે.

ગોલીય અરીસા વડે પ્રકાશના પરાવર્તનનો અભ્યાસ કરવા માટે કેટલાક જરૂરી પદોની વ્યાખ્યા સમજીએ.

આ માટે ગોલીય અરીસા વડે થતું પ્રકાશનું પરાવર્તન દર્શાવતી આકૃતિ 2.6 ધ્યાનમાં લો.

અરીસાની વક્રતાત્રિજ્યા (R) (Radius of curvature (R)) અને વક્રતા કેન્દ્ર (C) (Centre of curvature (C)) : જે ગોળાકાર કવચમાંથી અરીસો તૈયાર કરવામાં આવે છે તેની ત્રિજ્યાને અરીસાની વક્રતાત્રિજ્યા (R) અને તે ગોળાકાર કવચના કેન્દ્રને અરીસાના વક્રતાકેન્દ્ર (C) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

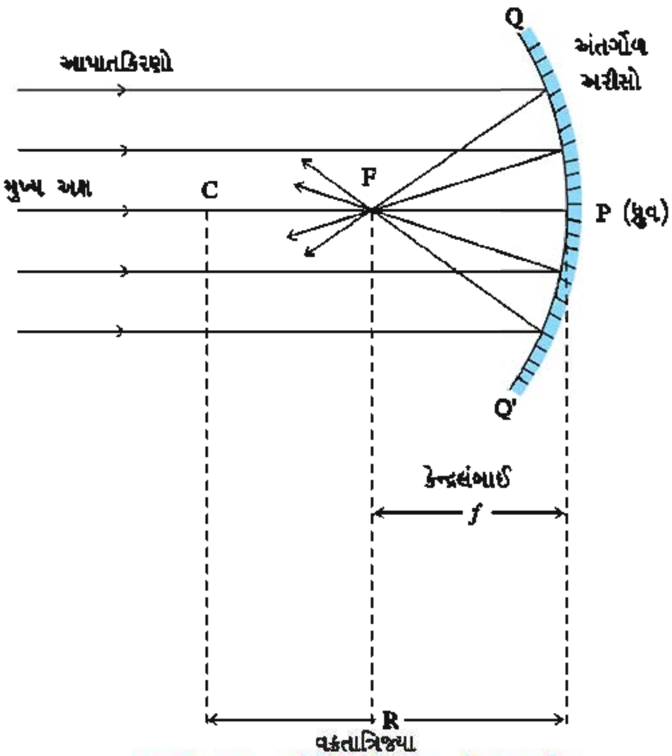
યાદ રાખો કે અરીસાનું વક્રતાકેન્દ્ર એ ગોલીય અરીસાનો ભાગ નથી.

ધ્રુવ (Pole) : ગોલીય અરીસાની પરાવર્તક સપાટીના કેન્દ્રને અરીસાનું ધ્રુવ (P) કહે છે.

મુખ્ય અક્ષ (Principal axis) : અરીસાના ધ્રુવ (P) અને વક્રતાકેન્દ્ર (C) માંથી પસાર થતી કાલ્પનિક રેખાને અરીસાની મુખ્ય અક્ષ કહે છે.

દર્પણમુખ (Aperture) : અરીસાની પરાવર્તક સપાટીના વ્યાસને અરીસાનું દર્પણમુખ કહે છે.

મુખ્ય કેન્દ્ર (Principal focus) : મુખ્ય અક્ષ પરનું બિંદુ જ્યાં અંતર્ગોળ અરીસા પર આપાત થતા પ્રકાશના સમાંતર કિરણો પરાવર્તન પામી કેન્દ્રિત થાય અથવા બહિર્ગોળ અરીસા વડે પરાવર્તન પામી મુખ્ય અક્ષ પરના જે બિંદુએથી વિકેન્દ્રિત થતા હોય તેવો ભાસ થતો હોય તે બિંદુને અરીસાનું મુખ્ય કેન્દ્ર (F) કહે છે.

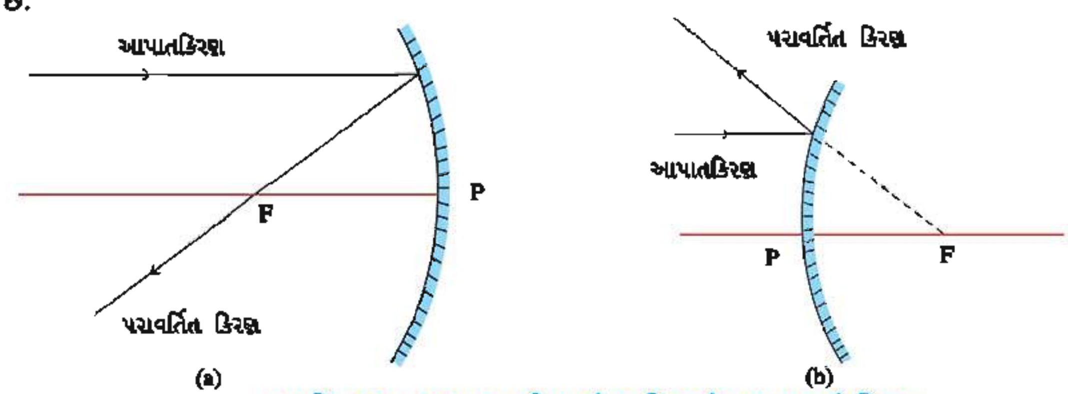


આકૃતિ 2.6 : ગોલીય અરીસા વડે પરાવર્તન

કેન્દ્રલંબાઈ (Focal length) : અરીસાના ધ્રુવ (P) અને મુખ્ય કેન્દ્ર (F) વચ્ચેના અંતરને અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ (*f*) કહે છે.

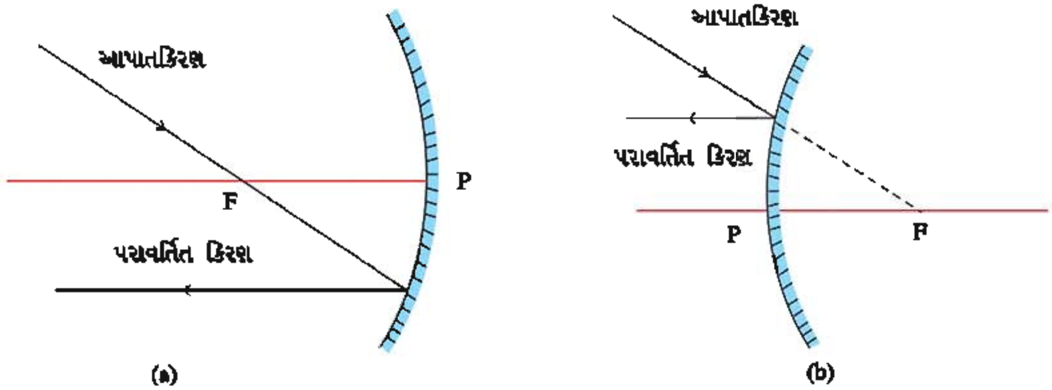
ગોલીય અરીસા વડે રચાતા વસ્તુના પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવા માટે કિરણાકૃતિ (ray diagram) દોરવામાં આવે છે. આ માટે આપણે કોઈ બિંદુ પરથી નીકળતા કિરણો મોટી સંખ્યામાં લઈ શકીએ, પરંતુ સ્પષ્ટ કિરણાકૃતિ દોરવા માટે ફક્ત બે જ કિરણો લઈએ છીએ કારણ કે બિંદુવત્ વસ્તુનું પ્રતિબિંબ મેળવવા માટે ઓછામાં ઓછા બે કિરણોની જરૂર પડે છે.

ગોલીય અરીસા પરથી વિવિધ પ્રકારે થતું પ્રકાશના કિરણોનું પરાવર્તન આકૃતિઓ 2.7થી 2.10 દ્વારા દર્શાવવામાં આવેલ છે.



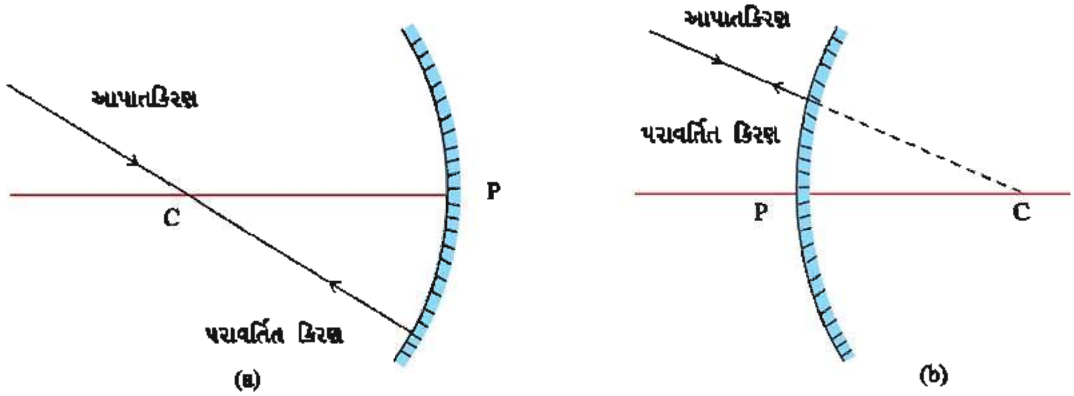
આકૃતિ 2.7 : મુખ્ય અક્ષની સમાંતર દિશામાં આપાત થતું કિરણ

મુખ્ય અક્ષની સમાંતર દિશામાં આપાત થતું કિરણ અંતર્ગોળ અરીસા પરથી પરાવર્તન પામી તેના મુખ્ય કેન્દ્ર (F)માંથી પસાર થાય છે અથવા બહિર્ગોળ અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્ર (F) પરથી વિકેન્દ્રિત થતું હોય તેવો ભાસ થાય છે. (આકૃતિ 2.7)



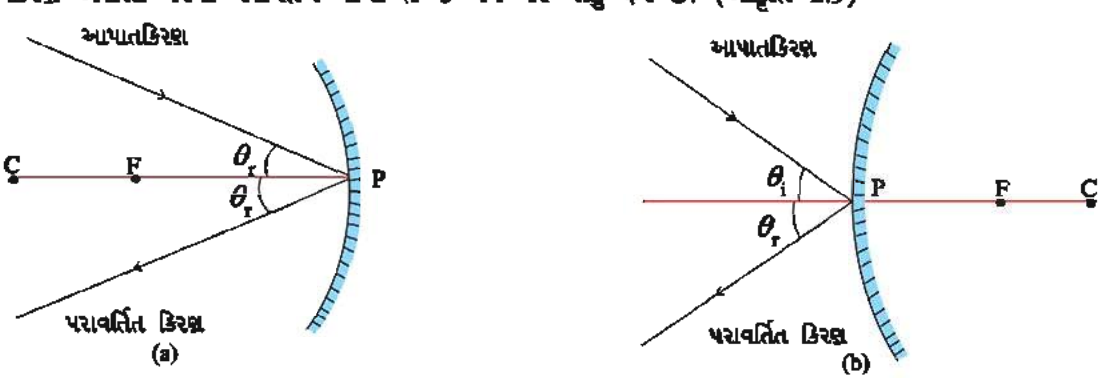
આકૃતિ 2.8 : (a) અંતર્ગોળ અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી પસાર થતું કિરણ
(b) બહિર્ગોળ અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્ર તરફ ગતિ કરતું કિરણ

જો પ્રકાશનું કિરણ અંતર્ગોળ અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્ર (F)માંથી પસાર થતું હોય અથવા બહિર્ગોળ અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્ર (F) તરફ ગતિ કરતું હોય તો કિરણ પરાવર્તન પામી મુખ્ય અક્ષને સમાંતર દિશામાં પરાવર્તિત થાય છે. (આકૃતિ 2.8)



આકૃતિ 2.9 : (a) અંતર્ગોળ અરીસાના વક્રતાકેન્દ્ર (C) માંથી પસાર થતું કિરણ
(b) બહિર્ગોળ અરીસાના વક્રતાકેન્દ્ર (C) તરફ ગતિ કરતું કિરણ

અંતર્ગોળ અરીસાના વક્રતાકેન્દ્ર (C)માંથી પસાર થતું અથવા બહિર્ગોળ અરીસાના વક્રતાકેન્દ્ર (C)ની દિશામાં ગતિ કરતું પ્રકાશનું કિરણ અરીસા પરથી પરાવર્તન પામી તે જ પથ પર પાછું ફરે છે. (આકૃતિ 2.9)



આકૃતિ 2.10 : અરીસાના મુખ્ય અક્ષ સાથે નિશ્ચિત કોણ બનાવતી દિશામાં આપાત થતું કિરણ

અરીસાના મુખ્ય અક્ષ સાથે નિશ્ચિત કોણ બનાવતી દિશામાં ધ્રુવ (P) પર આપાત થતું કિરણ અંતર્ગોળ અથવા બહિર્ગોળ અરીસા પરથી પરાવર્તનના નિયમો જળવાય તે રીતે મુખ્ય અક્ષ સાથે નિશ્ચિતકોણ બનાવતી દિશામાં પરાવર્તન પામે છે.

2.7 અંતર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ (Image Formation by Concave Mirror)

નાના દર્પણમુખવાળા અંતર્ગોળ અરીસા MM' વડે રચાતાં વસ્તુ ABના જુદા જુદા સ્થાન માટેના પ્રતિબિંબ ટેબલ 2.1માં દર્શાવ્યા છે :

ટેબલ 2.1 : અંતર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ

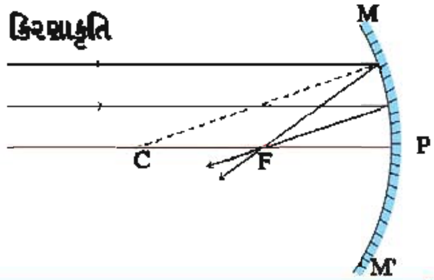
(1) વસ્તુનું સ્થાન : અનંત અંતરે

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : મુખ્ય કેન્દ્ર F પર

પ્રકાર : વાસ્તવિક અને ઊલટું

પરિમાણ : અત્યંત નાનું (બિંદુવત્)

કિરણાકૃતિ



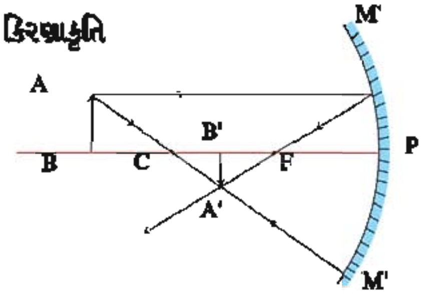
(2) વસ્તુનું સ્થાન : વક્રતાકેન્દ્ર (C)થી દૂર

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : મુખ્ય કેન્દ્ર (F) અને વક્રતાકેન્દ્ર (C)ની વચ્ચે

પ્રકાર : વાસ્તવિક અને ઊલટું

પરિમાણ : નાનું

કિરણાકૃતિ



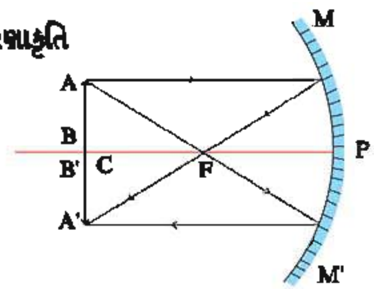
(3) વસ્તુનું સ્થાન : વક્રતાકેન્દ્ર (C) પર

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : વક્રતાકેન્દ્ર (C) પર

પ્રકાર : વાસ્તવિક અને ઊલટું

પરિમાણ : વસ્તુના કદ જેવડું

કિરણાકૃતિ



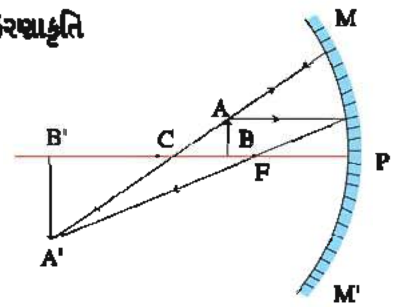
(4) વસ્તુનું સ્થાન : મુખ્ય કેન્દ્ર (F) અને વક્રતાકેન્દ્ર (C)ની વચ્ચે

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : વક્રતાકેન્દ્ર (C)થી દૂર

પ્રકાર : વાસ્તવિક અને ઊલટું

પરિમાણ : વસ્તુ કરતાં મોટું

કિરણાકૃતિ



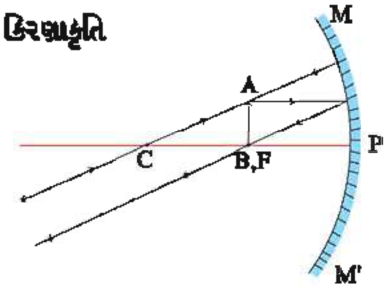
(5) વસ્તુનું સ્થાન : મુખ્ય કેન્દ્ર (F) પર

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : અનંત અંતરે

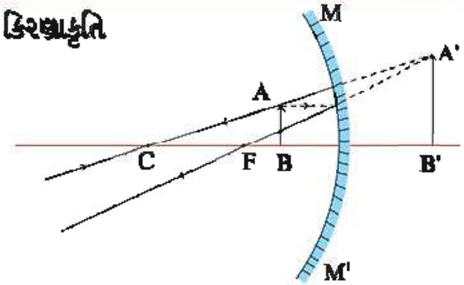
પ્રકાર : વાસ્તવિક અને ઊલટું

પરિમાણ : ઘણું મોટું

કિરણાકૃતિ



કિરણાકૃતિ



(6) વસ્તુનું સ્થાન : ધ્રુવ (P) અને મુખ્ય કેન્દ્ર (F)ની વચ્ચે

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : અરીસાની પાછળ

પ્રકાર : આભાસી અને ચત્તું

પરિમાણ : વસ્તુ કરતાં મોટું

પ્રવૃત્તિ 2

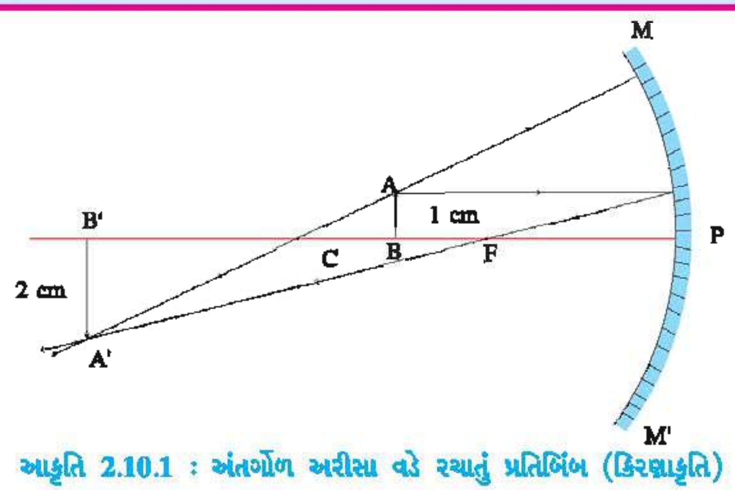
અંતર્ગોળ અરીસાને તમારા હાથમાં પકડો અને તેની પરાવર્તક સપાટી સૂર્ય તરફ ગોઠવો. ત્યારબાદ અરીસા વડે પરાવર્તિત થતો પ્રકાશ તેની નજીક રાખેલા કાગળના ટુકડા પર ઝીલો. કાગળના ટુકડાને આગળ-પાછળ ખસેડી તેના પર તીવ્ર પ્રકાશિત બિંદુ મેળવો. તમે શું અવલોકન કર્યું ?

કાગળનો ટુકડો અંતર્ગોળ અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્ર પર હોવાથી સૂર્યમાંથી આવતો પ્રકાશ અરીસાના મુખ્યકેન્દ્ર પર કેન્દ્રિત થઈ તીવ્ર પ્રકાશિત બિંદુ ઉત્પન્ન કરશે. સૂર્યપ્રકાશ કાગળના ટુકડા પર કેન્દ્રિત થવાથી ઉષ્મા ઉત્પન્ન થતા કાગળનું દહન કરે છે. અંતર્ગોળ અરીસાથી કાગળ પરના પ્રકાશિત બિંદુ સુધીનું અંતર તેની કેન્દ્રલંબાઈનું નિકટતમ મૂલ્ય દર્શાવે છે.

પ્રવૃત્તિ 3

1 સેમી ઊંચાઈની વસ્તુને 4 સેમી કેન્દ્રલંબાઈવાળા અંતર્ગોળ અરીસાથી 6 સેમી દૂર મૂકેલ હોય તો તેના માટે કિરણાકૃતિ દોરો. વિભાગ 2.6માં દર્શાવેલ કિરણો પૈકી બે કિરણો દ્વારા પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરો. પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર અને કદ શોધો. તમારી કિરણાકૃતિને ટેબલ 2.1ની કિરણાકૃતિ સાથે સરખાવો.

તમને વસ્તુનું વાસ્તવિક, ઊલટું અને વસ્તુની ઊંચાઈ કરતાં બમણી ઊંચાઈનું પ્રતિબિંબ અરીસાથી 12 સેમી અંતરે મળશે. (આકૃતિ 2.10.1)



આકૃતિ 2.10.1 : અંતર્ગોળ અરીસા વડે રચાતું પ્રતિબિંબ (કિરણાકૃતિ)

2.8 બહિર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ (Image Formation by Convex Mirror)

નાના દર્પણમુખવાળા બહિર્ગોળ અરીસા MM' વડે વસ્તુ ABના જુદા જુદા સ્થાન માટે રચાતાં પ્રતિબિંબ ટેબલ 2.2માં દર્શાવ્યા છે.

ટેબલ 2.2 : બહિર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ

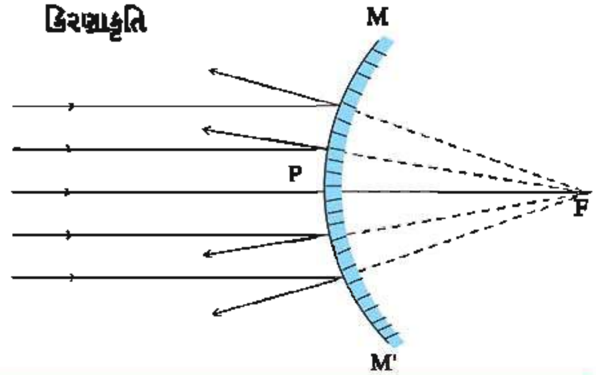
(1) વસ્તુનું સ્થાન : અનંત અંતરે

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : અરીસાની પાછળ મુખ્ય કેન્દ્ર (F) પર

પ્રકાર : આભાસી અને ચત્તું

પરિમાણ : અત્યંત નાનું (બિંદુવત્)

કિરણાકૃતિ



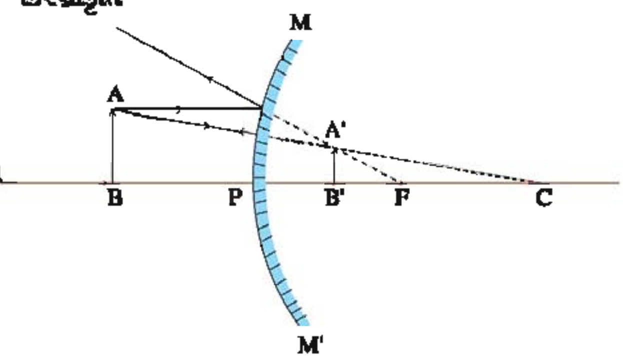
(2) વસ્તુનું સ્થાન : અનંત અંતર અને ધ્રુવ (P) વચ્ચે ગમે ત્યાં

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : અરીસાની પાછળ ધ્રુવ (P) અને મુખ્ય કેન્દ્ર (F)ની વચ્ચે

પ્રકાર : આભાસી અને ચત્તું

પરિમાણ : નાનું

કિરણાકૃતિ



પ્રવૃત્તિ 4

એક હાથમાં બહિર્ગોળ અરીસાને પકડો અને બીજા હાથમાં પેન્સિલને તેની અણી ઉપરની તરફ રહે તેમ સીધી પકડો. અરીસામાં તેનું પ્રતિબિંબ જુઓ. પ્રતિબિંબ ચત્તું છે કે ઊંધું ? તેનું કદ નાનું છે કે મોટું ? હવે જ્યારે પેન્સિલને અરીસાથી દૂર લઈ જવામાં આવે ત્યારે પ્રતિબિંબના કદ અને સ્થાનમાં શો ફેર પડશે ?

બહિર્ગોળ અરીસા વડે પેન્સિલનું ચત્તું અને નાનું પ્રતિબિંબ મળે છે. પેન્સિલને અરીસાથી દૂર લઈ જતા પ્રતિબિંબનું કદ નાનું બનતું જાય છે તેમજ પ્રતિબિંબ મુખ્યકેન્દ્ર તરફ ગતિ કરે છે.

બહિર્ગોળ અરીસા વડે ઊંચી ઈમારત અથવા વૃક્ષનું વસ્તુની સંપૂર્ણ લંબાઈનું પ્રતિબિંબ જોઈ શકાય છે. આવો એક અરીસો આગ્રાના કિલ્લાની દીવાલ પર લગાડેલો છે. તમે જ્યારે આ કિલ્લાની મુલાકાત લો ત્યારે દૂરના અંતરે રહેલી ઈમારતનું સંપૂર્ણ પ્રતિબિંબ જોવાનું ભૂલતા નહિ.

2.9 ગોલીય અરીસા વડે થતા પરાવર્તન માટે કાર્તેઝિયન સંજ્ઞા પદ્ધતિ (Cartesian Sign Convention for Reflection by Spherical Mirror)

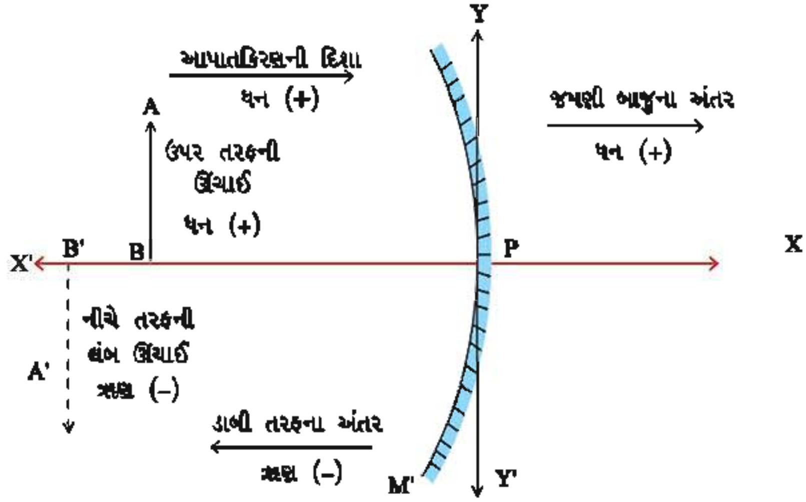
આકૃતિ 2.11માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે અરીસાના ધ્રુવ (P) ને કાર્તેઝિયન યામ પદ્ધતિના ઉગમબિંદુ તરીકે લેવામાં આવે છે. અરીસાના મુખ્ય અક્ષને X-અક્ષ અને અરીસાના ધ્રુવ (P) પર મુખ્ય અક્ષને દોરેલા લંબને Y-અક્ષ ગણવામાં આવે છે.

ગોલીય અરીસા વડે થતા પરાવર્તન સાથે સંકળાયેલ અંતર રજૂ કરવા માટે નીચે મુજબની સંજ્ઞા પ્રણાલી વપરાય છે.

(1) વસ્તુ અરીસાની ડાબી બાજુએ છે. એટલે કે પ્રકાશનું કિરણ અરીસાની ડાબી તરફથી આપાત થાય છે.

(2) બધા જ અંતરો અરીસાના ધ્રુવ (P)થી મુખ્ય અક્ષને સમાંતર માપવામાં આવે છે.

(3) આપાતકિરણની દિશામાં (જમણી તરફ) માપવામાં આવતા અંતર ધન લેવામાં આવે છે.



આકૃતિ 2.11 : ગોલીય અરીસા માટેની કાર્તેઝિયન સંજ્ઞા પદ્ધતિ

(4) આપાતકિરણની વિરુદ્ધ દિશામાં (ડાબી તરફ) માપવામાં આવતા અંતર ઋણ લેવામાં આવે છે.

(5) મુખ્ય અક્ષની ઉપર તરફની અને મુખ્ય અક્ષને લંબ માપેલી ઊંચાઈ ધન લેવામાં આવે છે.

(6) મુખ્ય અક્ષની નીચે તરફની અને મુખ્ય અક્ષને લંબ માપેલી ઊંચાઈ ઋણ લેવામાં આવે છે.

2.10 અરીસાનું સૂત્ર અને પ્રતિબિંબની મોટવણી (Mirror Formula and Magnification of Image)

અરીસાના વસ્તુ અંતર (u), પ્રતિબિંબ અંતર (v) અને કેન્દ્રલંબાઈ (f) વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવતા સમીકરણને અરીસાનું સૂત્ર કહે છે.

આકૃતિ 2.12માં દર્શાવ્યા મુજબ, h ઊંચાઈની વસ્તુ ABને નાના દર્પણમુખવાળા અંતર્ગોળ અરીસાની સામે વક્રતાકેન્દ્ર (C)થી દૂર, ધ્રુવથી u જેટલા અંતરે રાખેલ છે. આથી તેનું વસ્તુની ઊંચાઈ કરતાં ઓછી ઊંચાઈ h' નું અરીસાની સામે v જેટલા અંતરે પ્રતિબિંબ A'B' મળે છે.

કાર્તેઝિયન સંજ્ઞા પ્રણાલી મુજબ,

વસ્તુ અંતર (AB) = $-u$

પ્રતિબિંબ અંતર (A'B') = $-v$

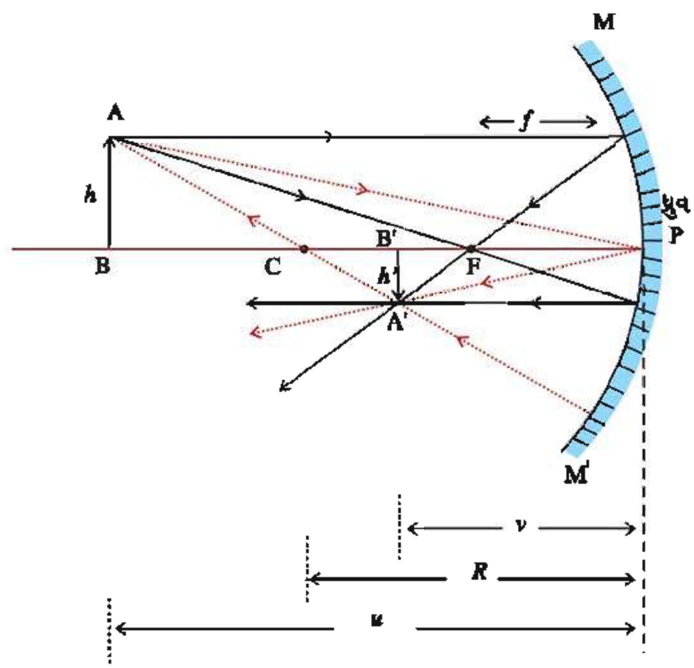
કેન્દ્રલંબાઈ (PF) = $-f$

અને વક્રતાત્રિજ્યા (PC) = $-$ R

આકૃતિ 2.12ની ભૂમિતિ પરથી સ્પષ્ટ છે કે,

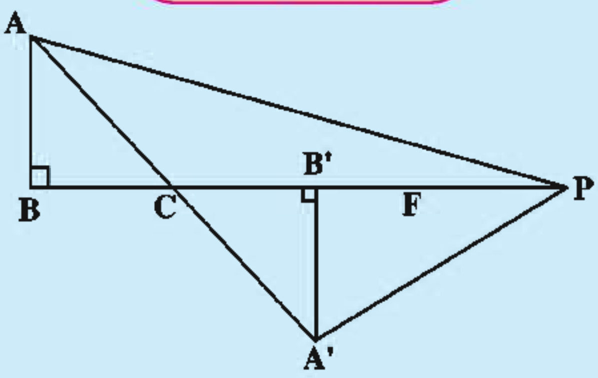
કાટકોણ Δ ABP અને Δ A'B'P સમરૂપ ત્રિકોણો છે.

(સમજવા માટે નીચેની આકૃતિ જુઓ.)



આકૃતિ 2.12 : અંતર્ગોળ અરીસા વડે થતું પરાવર્તન

માત્ર જાણકારી માટે



$$\therefore \frac{A'B'}{AB} = \frac{PB'}{PB} = \frac{-v}{-u}$$

$$\therefore \frac{A'B'}{AB} = \frac{v}{u} \quad \text{... ... ... (2.10.1)}$$

આ જ પ્રમાણે કાટકોણ ΔABC અને $\Delta A'B'C$ સમરૂપ ત્રિકોણો છે.

$$\therefore \frac{A'B'}{AB} = \frac{CB'}{CB} \quad \text{... ... (2.10.2)}$$

આકૃતિ 2.12 પરથી,

$CB' = PC - PB' = -R - (-v) = -R + v$ (સંજ્ઞા પદ્ધતિ વાપરવાનું ભૂલશો નહિ.)

અને $CB = PB - PC = -u - (-R) = -u + R$

$\therefore$ સમીકરણ (2.10.2) પરથી,

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{-R + v}{-u + R} \quad \text{... ... ... (2.10.3)}$$

સમીકરણ (2.10.1) અને (2.10.3) સરખાવતાં,

$$\frac{v}{u} = \frac{-R + v}{-u + R}$$

$$\therefore -uv + Rv = -Ru + vu$$

$$\therefore Rv + Ru = 2uv$$

$$\therefore R(v + u) = 2uv \quad \text{... ... ... (2.10.4)}$$

સમીકરણ (2.10.4)ને બંને બાજુએ uvR વડે ભાગતાં, $\frac{v + u}{uv} = \frac{2}{R}$

$$\therefore \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{R} \quad \text{... ... ... (2.10.5)}$$

હવે જ્યારે વસ્તુને અનંત અંતરે રાખવામાં આવે ત્યારે તેનું પ્રતિબિંબ મુખ્ય કેન્દ્ર (F) પર રચાય છે.

$\therefore$ વસ્તુ અંતર $u = \infty$ અને પ્રતિબિંબ અંતર $v = f$

આ મૂલ્યો સમીકરણ (2.10.5)માં મૂકતાં,

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{\infty} = \frac{2}{R}$$

$$\therefore \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \quad \left(\because \frac{1}{\infty} = 0\right)$$

$$\therefore f = \frac{R}{2} \quad \text{... ... ... (2.10.6)}$$

જે દર્શાવે છે કે **અરીસાનું મુખ્ય કેન્દ્ર (F), અરીસાના મુખ્ય અક્ષ પરનું ધ્રુવ (P) અને વક્રતાકેન્દ્ર (C)નું મધ્યબિંદુ છે.**

સમીકરણ (2.10.6)માંથી Rનું મૂલ્ય સમીકરણ (2.10.5)માં મૂકતાં,

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f} \qquad \text{... ... ... (2.10.7)}$$

સમીકરણ (2.10.7)ને **અરીસાનું સૂત્ર** કહે છે.

અરીસાનું આ સૂત્ર બંને પ્રકારના ગોલીય અરીસા માટે બધા જ સ્થાન માટે સાચું છે.

પ્રતિબિંબની મોટવણી (Magnification of an image)

પ્રતિબિંબ ઊંચાઈ અને વસ્તુ ઊંચાઈના ગુણોત્તરને પ્રતિબિંબની મોટવણી કહે છે, જેને m વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

$$m = \frac{\text{પ્રતિબિંબ ઊંચાઈ}}{\text{વસ્તુ ઊંચાઈ}} = \frac{h'}{h} \qquad \text{... ... ... (2.10.8)}$$

આકૃતિ 2.12 પરથી

$\frac{A'B'}{AB}=\frac{PB'}{PB}$ જ્યાં; A'B' = પ્રતિબિંબ ઊંચાઈ (h'), AB = વસ્તુ ઊંચાઈ (h)

PB = વસ્તુ અંતર (u), PB' = પ્રતિબિંબ અંતર (v)

$$\therefore \frac{h'}{h}=\frac{-v}{-u}=\frac{v}{u} \qquad \text{... ... ... (2.10.9)}$$

સમીકરણ (2.10.8) અને (2.10.9) પરથી, $m=\frac{v}{u}$

હવે કાર્તેઝિયન સંજ્ઞા પ્રણાલી અનુસાર, A'B' = $-h'$ અને AB = h

$$\therefore \text{ મોટવણી } \quad m=\frac{-h'}{h} \qquad \text{... ... ... (2.10.10)}$$

અત્રે નોંધવું જરૂરી છે કે વસ્તુ ઊંચાઈ (h) હંમેશા ધન હોય છે.

ચત્તા પ્રતિબિંબના કિસ્સામાં પ્રતિબિંબ ઊંચાઈ (h') ધન બનવાથી પ્રતિબિંબની મોટવણી ધન બનશે.

મોટવણીનું ધન મૂલ્ય વસ્તુનું આભાસી પ્રતિબિંબ રજૂ કરે છે.

ઊલટા પ્રતિબિંબના કિસ્સામાં પ્રતિબિંબ ઊંચાઈ (h') ઋણ બનવાથી પ્રતિબિંબની મોટવણી ઋણ બનશે.

મોટવણીનું ઋણ મૂલ્ય વસ્તુનું વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ રજૂ કરે છે.

હવે સમતલ અરીસાનો કિસ્સો વિચારો.

આ કિસ્સામાં પ્રતિબિંબ ઊંચાઈ (h') = વસ્તુ ઊંચાઈ (h)

$$\therefore m = +1$$

માટે સમતલ અરીસા વડે રચાતું પ્રતિબિંબ આભાસી, ચત્તું અને વસ્તુ જેટલા જ કદનું હોય છે.

ઉપરાંત, મોટવણી $m = -\frac{v}{u}$ પરથી,

$$+1 = -\frac{v}{u}$$

$$\therefore v = -u$$

જે દર્શાવે છે કે સમતલ અરીસા વડે રચાતું પ્રતિબિંબ અરીસાથી વસ્તુ જેટલા જ અંતરે પરંતુ અરીસાની પાછળના ભાગમાં રચાય છે.

સમતલ અરીસાના કિસ્સામાં અરીસાના સૂત્ર પરથી પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવાનો પ્રયત્ન કરી જુઓ.

ટેબલ 2.3 મોટવણી (*m*)ના મૂલ્યને અનુલક્ષીને પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, કદ અને અરીસાનો પ્રકાર દર્શાવે છે.

ટેબલ 2.3 : મોટવણીનું મૂલ્ય, પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, કદ અને અરીસાનો પ્રકાર

ક્રમ	મોટવણી (*m*)	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર અને કદ	અરીસાનો પ્રકાર
1.	+ 1	આભાસી, ચત્તું અને વસ્તુના કદ જેટલું	સમતલ
2.	− 1	વાસ્તવિક, ઊલટું અને વસ્તુના કદ જેટલું	અંતર્ગોળ
3.	> 1 અને ઋણ	વાસ્તવિક, ઊલટું અને મોટું	અંતર્ગોળ
4.	< 1 અને ઋણ	વાસ્તવિક, ઊલટું અને નાનું	અંતર્ગોળ
5.	> 1 અને ધન	આભાસી, ચત્તું અને મોટું	અંતર્ગોળ
6.	< 1 અને ધન	આભાસી, ચત્તું અને નાનું	બહિર્ગોળ

આ ટેબલને અંતર્ગોળ અને બહિર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબના ટેબલ 2.1 અને 2.2 સાથે સરખાવી, ચકાસણી કરો.

ઉદાહરણ 1 :

પ્રતિબિંબની મોટવણીના મૂલ્યો + 1, − 1, + 0.5, − 0.5, + 5 અને − 5 પરથી અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબના પ્રકાર, કદ તેમજ અરીસાનો પ્રકાર નક્કી કરો.

ટેબલ 2.3 પરથી નીચે મુજબ ઉકેલ મળશે :

ક્રમ	મોટવણી (*m*)	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર અને કદ	અરીસાનો પ્રકાર
1.	+ 1	આભાસી, ચત્તું અને વસ્તુના કદ જેટલું	સમતલ
2.	− 1	વાસ્તવિક, ઊલટું અને વસ્તુના કદ જેટલું	અંતર્ગોળ
3.	+ 0.5	આભાસી, ચત્તું અને નાનું	બહિર્ગોળ
4.	− 0.5	વાસ્તવિક, ઊલટું અને નાનું	અંતર્ગોળ
5.	+ 5.0	આભાસી, ચત્તું અને મોટું	અંતર્ગોળ
6.	− 5.0	વાસ્તવિક, ઊલટું અને મોટું	અંતર્ગોળ

ઉદાહરણ 2 :

4 સેમી ઊંચાઈવાળી વસ્તુને 12 સેમી કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતા અંતર્ગોળ અરીસાની સામે 18 સેમી અંતરે મૂકવામાં આવે છે. તો પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર અને ઊંચાઈ શોધો.

ઉકેલ : વસ્તુ અંતર $u = -18$ સેમી, વસ્તુ ઊંચાઈ $h = 4$ સેમી, કેન્દ્રલંબાઈ $f = -12$ સેમી

અરીસાના સૂત્ર પરથી, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

$$\therefore \frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u}$$

$$\therefore \frac{1}{v} = -\frac{1}{12} + \frac{1}{18}$$

$$\therefore \frac{1}{v} = -\frac{1}{36}$$

$\therefore v = -36$ સેમી

મોટવણી $m = -\frac{v}{u} = -\left(\frac{-36}{-18}\right) = -2$

$\therefore m = \frac{h'}{h}$ પરથી,

$h' = m \times h = -2 \times 4 = -8$ સેમી

વસ્તુનું વક્રતાકેન્દ્રથી દૂર ધ્રુવથી 36 સેમી અંતરે વાસ્તવિક, ઊલટું અને મોટું પ્રતિબિંબ રચાય છે તથા ઊંચાઈ 8 સેમી છે.

ઉદાહરણ 3 :

3 મીટર કેન્દ્રલંબાઈવાળો એક બહિર્ગોળ અરીસો વાહનમાં લગાડેલો છે. જો તેનાથી 5 m પાછળ એક વાહન ઊભું હોય તો પ્રતિબિંબનું સ્થાન અને તેનો પ્રકાર શોધો.

ઉકેલ : વસ્તુ અંતર $u = -5\ m$

કેન્દ્રલંબાઈ $f = 3\ m$

અરીસાના સૂત્ર પરથી,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore \frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = \frac{1}{3} + \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{8}{15}$$

$$v = \frac{15}{8} = 1.875 \text{ m}$$

અહીં v ધન છે તેમજ $v < u$ હોવાથી $m < 1$. માટે વસ્તુનું આભાસી અને ચત્તું પ્રતિબિંબ અરીસાની પાછળ 1.875m અંતરે વસ્તુ કરતા નાનું મળશે.

2.11 પ્રકાશનું વક્રીભવન અને તેના નિયમો (Refraction of Light and its Laws)

તમે ધોરણ 8માં પ્રિઝમ અને લંબઘન કાચના ટુકડા વડે પ્રકાશના વક્રીભવનનો અભ્યાસ કરી ગયા છો.

જ્યારે પ્રકાશનું ત્રાંસું કિરણ એક પારદર્શક માધ્યમમાંથી બીજા પારદર્શક માધ્યમમાં પ્રવેશે છે ત્યારે તેના વેગમાં ફેરફાર થાય છે, જેથી તે બે માધ્યમોને જુદી પાડતી સપાટી આગળ મૂળ દિશાથી વિચલિત થાય છે. આ ઘટનાને પ્રકાશનું વક્રીભવન છે.

પ્રાયોગિક પરિણામો અનુસાર, પ્રકાશનું વક્રીભવન ચોક્કસ નિયમોને અનુસરે છે, જે નીચે મુજબ દર્શાવેલ છે :

(1) આપાતકિરણ, વક્રીભૂતકિરણ અને બે માધ્યમોને છૂટી પાડતી સપાટી પર આપાત બિંદુએ દોરેલો લંબ એક જ સમતલમાં હોય છે.

(2) ચોક્કસ પરિસ્થિતિને અનુલક્ષીને આપાતકોણના સાઈન અને વક્રીભૂતકોણના સાઈનનો ગુણોત્તર અચળ રહે છે. આ નિયમને સ્નેલનો નિયમ (Snell's law) કહે છે.

યાદ રાખો કે આ નિયમ આપેલ રંગ(તરંગલંબાઈ)ના પ્રકાશ તેમજ પારદર્શક માધ્યમની જોડ માટે જળવાય છે.

આકૃતિ 2.13માં બતાવ્યા મુજબ, પ્રકાશનું કિરણ PQ માધ્યમ 1 અને માધ્યમ 2ને છૂટી પાડતી સપાટી AB પર Q બિંદુએ આપાત થાય છે. સપાટી AB પરથી વક્રીભવન પામતું કિરણ QR છે. AB અને સપાટી પર Q બિંદુએ દોરેલો લંબ MQN વડે દર્શાવેલ છે.

આકૃતિ 2.13 પરથી,

$\angle$ PQM = આપાત કોણ (θ_1)

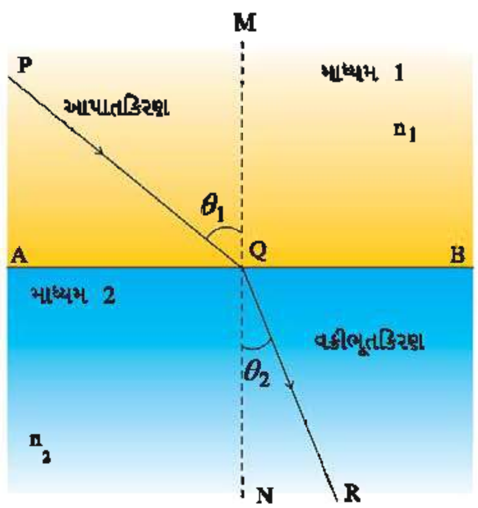
અને $\angle$ RQN = વક્રીભવન કોણ (θ_2)

સ્નેલના વક્રીભવનના નિયમ અનુસાર,

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \text{અચળ} \qquad \text{... ... ... (2.11.1)}$$

સમીકરણ (2.11.1)માંના અચળાંકને માધ્યમ 1ની સાપેક્ષે માધ્યમ2નો વક્રીભવનાંક (refractive index) કહે છે અને તેને n_{21} વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

$$\therefore n_{21} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} \qquad \text{... ... ... (2.11.2)}$$



આકૃતિ 2.13 : પ્રકાશનું વક્રીભવન

પ્રકાશના વક્રીભવનાંકને તેના બે માધ્યમમાંના પ્રકાશના વેગના ગુણોત્તરના સ્વરૂપે નીચે મુજબ રજૂ કરી શકાય :

પ્રકાશના માધ્યમ 1ના વેગ v_1 અને માધ્યમ 2ના વેગ v_2ના ગુણોત્તરને માધ્યમ 2નો માધ્યમ 1ની સાપેક્ષે વક્રીભવનાંક કહે છે.

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} \qquad \text{... ... ... (2.11.3)}$$

શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશનો વેગ $3 \times 10^8 ms^{-1}$ જેટલો હોય છે. જ્યારે હવામાં પ્રકાશની ઝડપ આ મૂલ્યથી નજીવો ઘટાડો ધરાવે છે. આથી વ્યવહારમાં હવામાં પ્રકાશની ઝડપ તેના શૂન્યાવકાશમાંની ઝડપ જેટલી જ ગણવામાં આવે છે.

શૂન્યાવકાશની સાપેક્ષમાં માધ્યમના વક્રીભવનાંકને **માધ્યમનો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક (absolute refractive index)** કહે છે. જોકે માધ્યમના નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંકને સામાન્ય રીતે વક્રીભવનાંક તરીકે જ ઓળખવામાં આવે છે.

ધારો કે, n_1 = માધ્યમ 1નો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક n_2 = માધ્યમ 2નો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક

v_1 = માધ્યમ 1માં પ્રકાશનો વેગ v_2 = માધ્યમ 2માં પ્રકાશનો વેગ

અને c = શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશનો વેગ હોય તો,

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \text{ અને } n_2 = \frac{c}{v_2}$$

$$\therefore \quad n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c/v_2}{c/v_1}$$

$$\therefore \quad n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \qquad \text{... ... ... (2.11.4)}$$

સમીકરણો (2.11.2) અને (2.11.4) પરથી,

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

$$\therefore \; n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \qquad \text{... ... ... (2.11.5)}$$

સમીકરણ (2.11.5)ને **સ્નેલના નિયમ**નું વ્યાપક સ્વરૂપ કહે છે.

કેટલાક જરૂરી દ્રવ્ય માધ્યમોના નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક ટેબલ 2.4માં દર્શાવ્યા છે.

ટેબલ 2.4 : કેટલાંક દ્રવ્ય માધ્યમોના નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક

(માત્ર જાણકારી માટે જ)

દ્રવ્ય માધ્યમ (Material medium)	વક્રીભવનાંક (Refractive index)	દ્રવ્ય માધ્યમ (Material medium)	વક્રીભવનાંક (Refractive index)
હવા	1.0003	ક્રાઉન કાચ	1.52
બરફ	1.31	મોતી	1.53
પાણી	1.33	ખડક ક્ષાર	1.54
આલ્કોહોલ	1.36	ઘટ્ટ ફ્લિન્ટ કાચ	1.65
કેરોસીન	1.44	નીલમ	1.71
ગ્લિસરીન	1.47	માણેક	1.77
સામાન્ય કાચ અને બેન્ઝિન	1.50	હીરો	2.42

જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ પ્રકાશીય પાતળા (optically rarer) માધ્યમમાંથી પ્રકાશીય ઘટ્ટ (optically denser) માધ્યમમાં જાય ત્યારે લંબ તરફ ગતિ કરે છે અને જ્યારે તે પ્રકાશીય ઘટ્ટ માધ્યમમાંથી પ્રકાશીય પાતળા માધ્યમમાં જાય ત્યારે લંબથી દૂર જાય છે.

યાદ રાખો કે માધ્યમની પ્રકાશીય ઘટ્ટતા કે માધ્યમનું પ્રકાશીય પાતળાપણું તેના વક્રીભવનાંક સાથે સંકળાયેલ હોય છે. પ્રકાશીય ઘટ્ટ માધ્યમનો વક્રીભવનાંક પ્રકાશીય પાતળા માધ્યમની સરખામણીમાં વધુ હોય છે.

અત્રે નોંધશો કે વધુ દળ ઘનતા (mass density) ધરાવતું માધ્યમ પ્રકાશીય ઘટ્ટ હોવું જરૂરી નથી. ઉદાહરણ તરીકે કેરોસીનની દળ ઘનતા પાણીની દળ ઘનતા કરતાં ઓછી હોવા છતાં તેની પ્રકાશીય ઘનતા પાણીની પ્રકાશીય ઘનતા કરતાં વધુ છે. (વ્યવહારમાં પદાર્થની દળ ઘનતાને આપણે તેની ઘનતા તરીકે જ લઈએ છીએ.)

ઉદાહરણ 4 :

પ્રકાશનું કિરણ હવામાંથી 1.50 વક્રીભવનાંક ધરાવતા કાચના માધ્યમમાં દાખલ થાય છે. કાચના માધ્યમમાં પ્રકાશનો વેગ કેટલો હશે ?

હવામાં પ્રકાશનો વેગ 3×10^8 m s^{-1} છે.

ઉકેલ :

કાચનો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક

$$n = \frac{c}{v} \text{ અને } c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

કાચનો વક્રીભવનાંક $n = 1.50$

$$\therefore v = \frac{c}{n}$$

$$= \frac{3 \times 10^8}{1.5} \text{ m s}^{-1} = 2 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

ઉદાહરણ 5 :

પ્રકાશનું કિરણ હવામાંથી 1.33 જેટલો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક ધરાવતા પાણીના માધ્યમમાં પ્રવેશે છે. જો પાણીમાં પ્રકાશનો વક્રીભવનકોણ 17° 30' હોય, તો બે માધ્યમોને છૂટી પાડતી સપાટી પર પ્રકાશનો આપાતકોણ કેટલો હશે ?

હવાનો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક 1.00 લો.

ઉકેલ :

હવાને માધ્યમ 1 અને પાણીને માધ્યમ 2 તરીકે લેતાં,

$$n_1 = 1, n_2 = 1.33, \theta_2 = 17° 30'$$

સ્નેલના નિયમ અનુસાર,

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_1 = 1.33 \times \sin 17° 30'$$

$\sin 17^0 30'$નું મૂલ્ય પ્રાકૃતિક સાઈન(natural sine)ના કોષ્ટકમાંથી શોધવું.

કોષ્ટક પરથી,

$\sin 17^0 30' = 0.3$

$\therefore \sin \theta_1 = 1.33 \times 0.3 = 0.4$

$\therefore$ પ્રાકૃતિક સાઈન (Natural sine)ના કોષ્ટક પરથી,

$\sin 23° 36' = 0.4007$

$\therefore \theta_1 = 23° 36'$

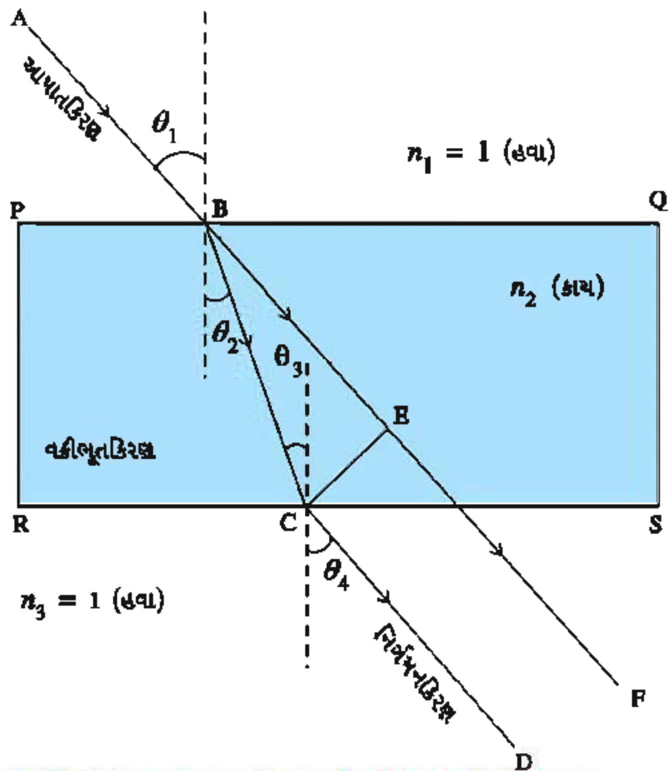
$\therefore$ આપાતકોણ $= 23° 36'$

2.12 કાચના લંબઘન વડે પ્રકાશનું વક્રીભવન (Refraction of Light through Rectangular Glass Slab)

જો કાગળ પર દોરેલી રેખા પર કાચનો લંબઘન મૂકવામાં આવે તો તે રેખા ઉપર તરફ સ્થાનાંતરિત થયેલી જણાય છે. આ જ રીતે પાણીથી ભરેલા સ્વિમિંગ પુલના તળિયે રહેલી કોઈ વસ્તુ ઉપર હોય તેમ દેખાય છે. પ્રકાશના વક્રીભવનને લીધે આવો ભ્રમ થાય છે.

આકૃતિ 2.14માં દર્શાવ્યા મુજબ,

પ્રકાશનું કિરણ AB લંબઘનની સપાટી PQ પર B બિંદુએ θ_1 જેટલા કોણે આપાત થાય છે. બિંદુ B પરથી વક્રીભવન પામી વક્રીભૂતકિરણ BC, સપાટી RS પર C બિંદુએ θ_3 કોણે આપાત થઈ કિરણ CD સ્વરૂપે લંબઘન કાચમાંથી નિર્ગમન પામે છે.



આકૃતિ 2.14 : કાચના લંબઘન વડે થતું પ્રકાશનું વક્રીભવન

વક્રીભવનના નિયમોનો ઉપયોગ કરીને આપણે નિર્ગમન કિરણ(emergent ray)ની દિશા શોધીએ.

અહીં હવાના માધ્યમ માટે સપાટી PQ આગળ $n_1 = 1$

માટે, સ્નેલના નિયમ પ્રમાણે, $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

$$\therefore \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \qquad (\because n_1 = 1) \qquad \dots \dots \dots (2.12.1)$$

આ જ પ્રમાણે PQને સમાંતર સપાટી RS માટે,

$$n_2 \sin \theta_3 = n_3 \sin \theta_4$$

$$\therefore n_2 \sin \theta_3 = \sin \theta_4 \ (\text{હવા માટે } n_3 = 1)$$

$$\therefore n_2 \sin \theta_2 = \sin \theta_4; \ (\text{યુગ્મકોણો હોવાથી } \theta_2 = \theta_3) \dots \dots \dots (2.12.2)$$

સમીકરણો (2.12.1) અને (2.12.2) પરથી,

$$\sin \theta_1 = \sin \theta_4$$

$$\therefore \ \theta_1 = \theta_4 \qquad \dots \dots \dots (2.12.3)$$

આકૃતિ 2.14 અને સમીકરણ (2.12.3) પરથી સ્પષ્ટ છે કે નિર્ગમનકિરણ CD આપાતકિરણ ABની દિશામાં જ ગતિ કરે છે, પરંતુ તે CE જેટલા લંબ અંતરે સ્થાનાંતરિત થાય છે.

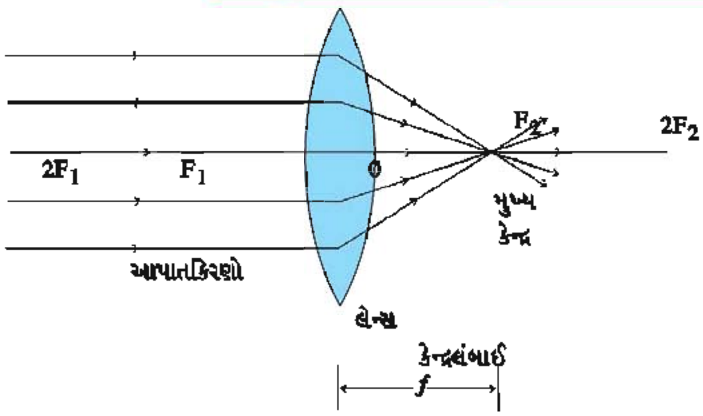
આમ, જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ બે સમાંતર વક્રીભવનકારક (refracting) સપાટીઓ પરથી વક્રીભવન પામે ત્યારે નિર્ગમનકિરણનું આપાતકિરણની દિશામાંથી સ્થાનાંતર થાય છે. પ્રકાશના આવા પ્રકારના સ્થાનાંતરને **પાર્શ્વીય સ્થાનાંતર (lateral shift)** કહે છે. આ પ્રકારના સ્થાનાંતરનું પ્રમાણ બે સમાંતર વક્રીભવનકારક સપાટીઓ વચ્ચેના લંબ અંતર તેમજ આપાતકોણ અને માધ્યમના વક્રીભવનાંક પર પણ આધાર રાખે છે.

પ્રવૃત્તિ 5

કાચના લંબઘનને કાગળના ટુકડા પર મૂકીને તેની આસપાસ પેન્સિલ વડે તેનું સ્થાન અંકિત કરો. લંબઘનની એક બાજુએ કાગળ પર બે ટાંકણી ખોસો. લંબઘનની બીજી બાજુએ કાગળ પર બે ટાંકણી એવી રીતે ખોસો કે જેથી આ ચારેય ટાંકણીઓ સીધી રેખામાં દેખાય. હવે ટાંકણી અને કાચનો લંબઘન દૂર કરી કિરણપથ દોરો. આ જ રીતે જુદા જુદા માપના લંબઘન લઈ સાબિત કરો કે કાચના લંબઘન વડે ઉદ્ભવતું પાર્શ્વીય સ્થાનાંતર બે સમાંતર વક્રીભવનકારક સપાટીઓ વચ્ચેના લંબ અંતર પર આધાર રાખે છે.

2.13 બહિર્ગોળ અને અંતર્ગોળ લેન્સથી રચાતાં પ્રતિબિંબ

(Image Formation by Convex and Concave Lens)



આકૃતિ 2.15 : બહિર્ગોળ લેન્સથી રચાતું પ્રતિબિંબ

લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબની સમજૂતી મેળવવા માટે તેની સાથે સંકળાયેલ કેટલાક પદોની વ્યાખ્યા તાજી કરી લઈએ.

આ માટે બહિર્ગોળ લેન્સ વડે રચાતું પ્રતિબિંબ દર્શાવતી આકૃતિ 2.15 ધ્યાનમાં લો.

લેન્સની દરેક સપાટી જે જે ગોળાના ભાગ ગણી શકાય તે તે કેન્દ્રને તે તે સપાટીનાં વક્રતાકેન્દ્રો કહે છે.

વક્રતા ત્રિજ્યા (R)

લેન્સની વક્રસપાટી જે ગોળાના ભાગ રૂપે હોય તેવા ગોળાની ત્રિજ્યાને લેન્સની તે સપાટીઓની વક્રતાત્રિજ્યા કહે છે. બે સપાટીઓની વક્રતાત્રિજ્યાઓને R_1 અને R_2 વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

લેન્સનો મુખ્ય અક્ષ (Principal Axis of a Lens) : લેન્સના વક્રતાકેન્દ્રોમાંથી પસાર થતી કાલ્પનિક રેખાને લેન્સના મુખ્ય અક્ષ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

પ્રકાશીય કેન્દ્ર (Optical Centre) : લેન્સના મુખ્ય અક્ષ પર આવેલ લેન્સના કેન્દ્રને તેનું પ્રકાશીય કેન્દ્ર કહે છે. તેને O વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

મુખ્ય કેન્દ્ર (Principal Focus) : બહિર્ગોળ લેન્સ પર તેના મુખ્ય અક્ષને સમાંતર આપાત થતા પ્રકાશના કિરણો લેન્સ પરથી વક્રીભવન પામી તેના મુખ્ય અક્ષ પરના જે બિંદુએ કેન્દ્રિત થાય તે બિંદુને બહિર્ગોળ લેન્સનું મુખ્ય કેન્દ્ર કહે છે. બહિર્ગોળ લેન્સને તેની બંને બાજુએ એક-એક એમ બે મુખ્ય કેન્દ્રો F_1 અને F_2 હોય છે.

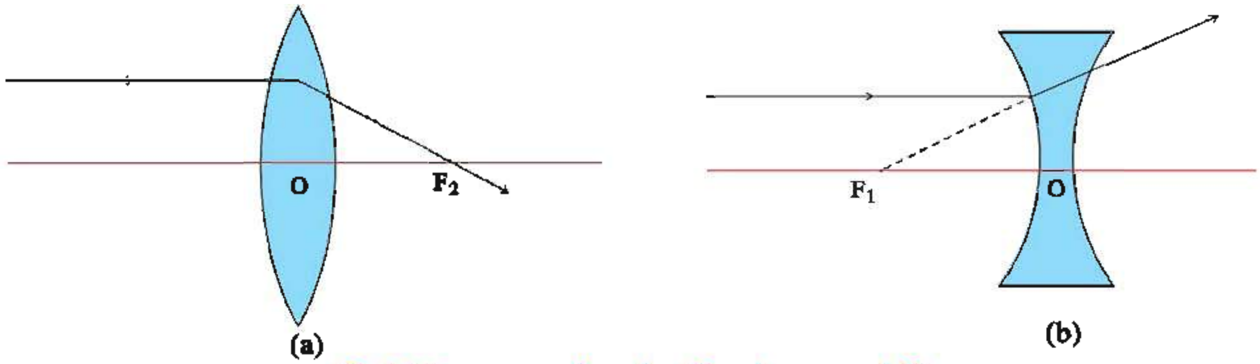
અંતર્ગોળ લેન્સ પર તેના મુખ્ય અક્ષને સમાંતર આપાત થતા પ્રકાશના કિરણો લેન્સ પરથી વક્રીભવન પામી મુખ્ય અક્ષ પરના જે બિંદુએથી વિકેન્દ્રિત થતા હોય તેવો ભાસ થાય તે બિંદુને અંતર્ગોળ લેન્સનું મુખ્ય કેન્દ્ર કહે છે. અંતર્ગોળ લેન્સને પણ બંને બાજુએ એક-એક એમ બે મુખ્ય કેન્દ્રો F_1 અને F_2 હોય છે.

કેન્દ્રલંબાઈ (Focal Length) : લેન્સના પ્રકાશીય કેન્દ્ર (O) અને મુખ્ય કેન્દ્ર (F) વચ્ચેના અંતરને લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ કહે છે, જેને *f* વડે દર્શાવાય છે.

ગોલીય લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબના સ્થાન નક્કી કરવા માટે વસ્તુબિંદુમાંથી આવતા કિરણોમાંથી નીચે મુજબ કોઈ પણ બે કિરણો લઈ કિરણાકૃતિ દોરવામાં આવે છે.

વસ્તુમાંથી મુખ્ય અક્ષને સમાંતર નીકળતું કિરણ બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા વક્રીભવન પામી બીજી બાજુએ રહેલા મુખ્ય કેન્દ્ર (F_2)માંથી પસાર થાય છે. (આકૃતિ 2.16 (a))

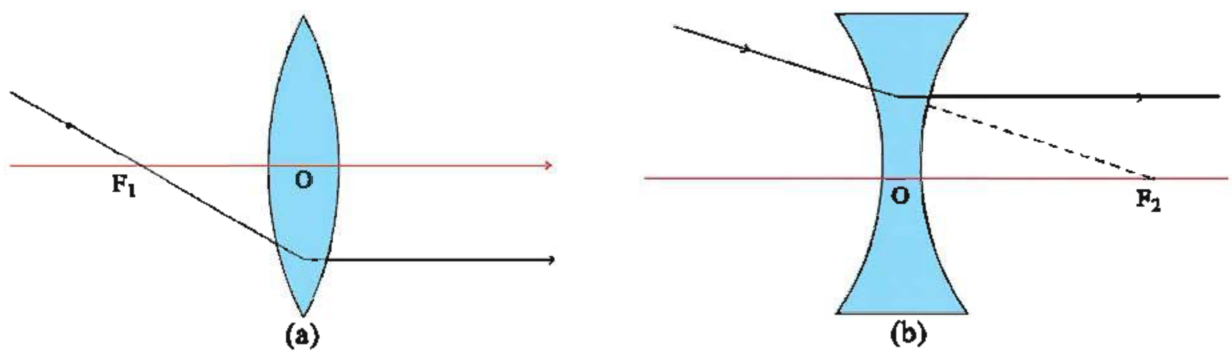
અંતર્ગોળ લેન્સના કિસ્સામાં, લેન્સની વસ્તુ તરફની બાજુએ મુખ્ય કેન્દ્ર (F_1) પરથી આ કિરણ વિકેન્દ્રિત થતું હોય તેવો ભાસ થાય છે. (આકૃતિ 2.16 (b))



આકૃતિ 2.16 : મુખ્ય અક્ષની સમાંતર દિશામાં આપાત થતું કિરણ

લેન્સના મુખ્યકેન્દ્રમાંથી પસાર થતું કિરણ, બહિર્ગોળ લેન્સ વડે વક્રીભવન પામી મુખ્ય અક્ષની સમાંતર દિશામાં નિર્ગમન પામે છે. (આકૃતિ 2.17 (a))

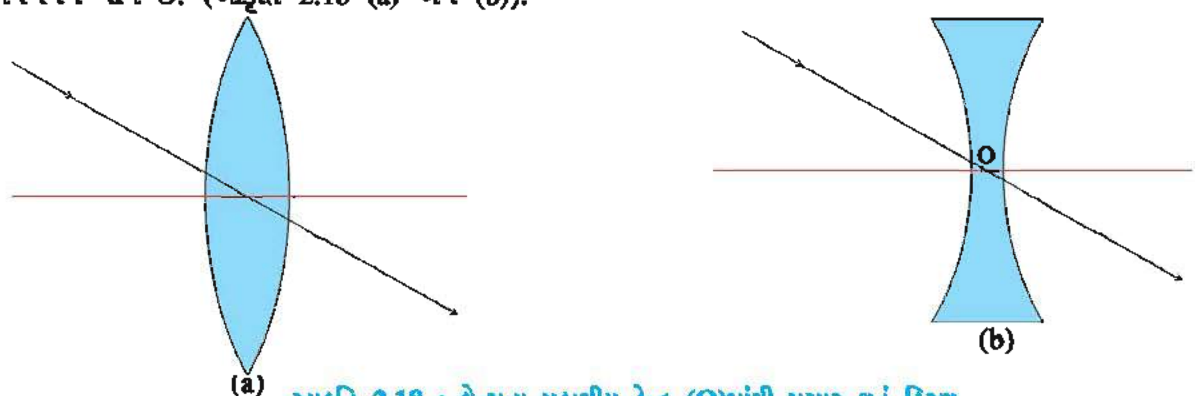
અંતર્ગોળ લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્ર (F_2) આગળ મળતું હોય તેવો ભાસ થતું કિરણ વક્રીભવન બાદ મુખ્ય અક્ષની સમાંતર દિશામાં વક્રીભવન પામે છે. (આકૃતિ 2.17 (b))



આકૃતિ 2. 17 : (a) બહિર્ગોળ લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી પસાર થતું કિરણ

(b) અંતર્ગોળ લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્ર તરફ ગતિ કરતું કિરણ

બહિર્ગોળ અથવા અંતર્ગોળ લેન્સના પ્રકાશીય કેન્દ્રમાંથી પસાર થતું કિરણ કોઈ પણ પ્રકારના વિચલન પામ્યા સિવાય નિર્ગમન પામે છે. (આકૃતિ 2.18 (a) અને (b)).



આકૃતિ 2.18 : લેન્સના પ્રકાશીય કેન્દ્ર (O)માંથી પસાર થતું કિરણ

બહિર્ગોળ લેન્સથી રચાતા પ્રતિબિંબ (Image Formation by Convex Lens)

વિસ્તૃત વસ્તુ ABના જુદી જુદી પરિસ્થિતિમાં બહિર્ગોળ લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ A'B' ટેબલ 2.5માં દર્શાવેલાં છે.

ટેબલ 2.5 : બહિર્ગોળ લેન્સથી રચાતાં પ્રતિબિંબ

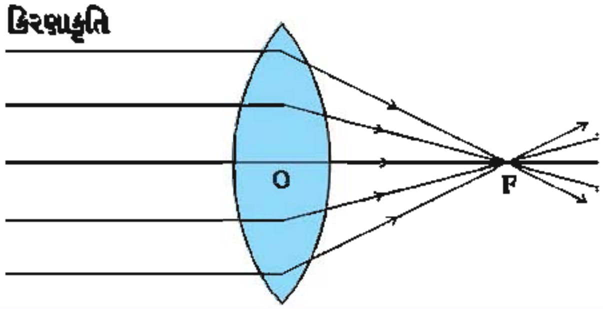
(1) વસ્તુનું સ્થાન : અનંત અંતરે

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : લેન્સની બીજી તરફ મુખ્ય કેન્દ્ર (F) પર

પ્રકાર : વાસ્તવિક અને ઊલટું

પરિમાણ : અત્યંત નાનું (બિંદુવત્)

કિરણાકૃતિ



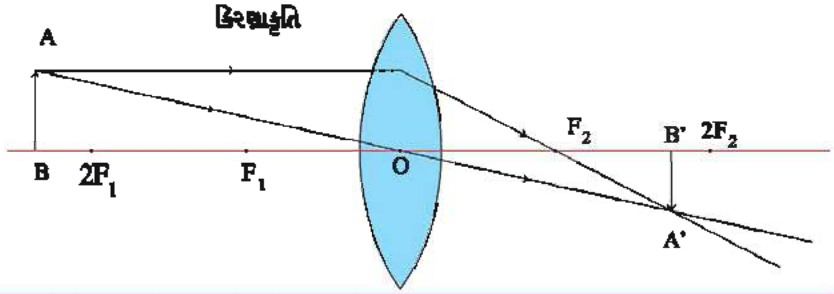
(2) વસ્તુનું સ્થાન : 2Fથી દૂર

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : લેન્સની બીજી બાજુએ મુખ્ય કેન્દ્ર (F) અને 2Fની વચ્ચે

પ્રકાર : વાસ્તવિક અને ઊલટું

પરિમાણ : વસ્તુ કરતાં નાનું

કિરણાકૃતિ



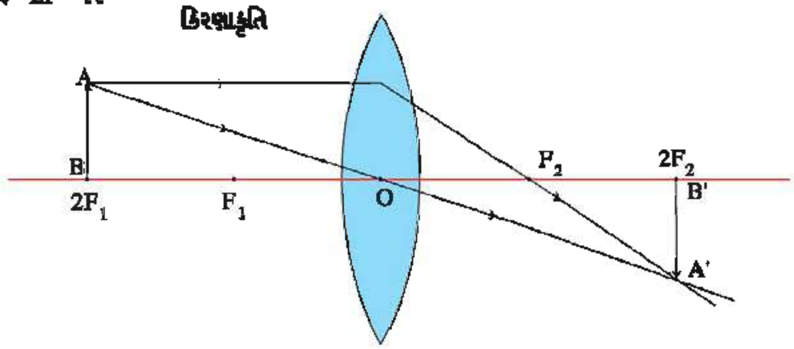
(3) વસ્તુનું સ્થાન : 2F પર

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : લેન્સની બીજી તરફ 2F પર

પ્રકાર : વાસ્તવિક અને ઊલટું

પરિમાણ : વસ્તુના પરિમાણ જેટલું

કિરણાકૃતિ



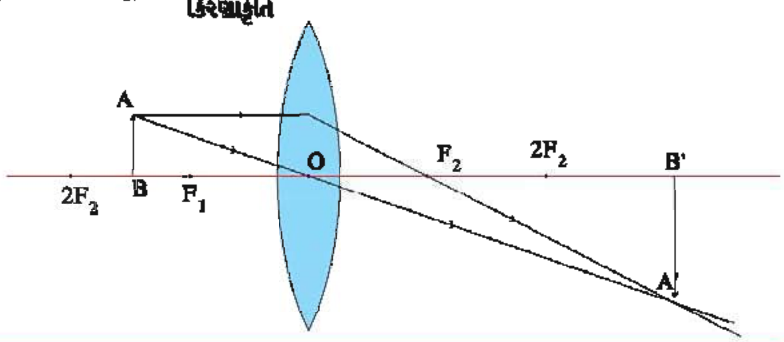
(4) વસ્તુનું સ્થાન : મુખ્ય કેન્દ્ર (F) અને 2Fની વચ્ચે

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : લેન્સની બીજી બાજુએ 2Fથી દૂર

પ્રકાર : વાસ્તવિક અને ઊલટું

પરિમાણ : વસ્તુથી મોટું (વિવર્ધિત)

કિરણાકૃતિ

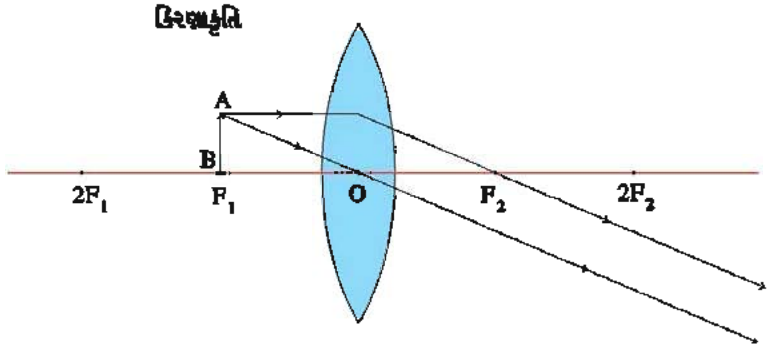


(5) **વસ્તુનું સ્થાન :** મુખ્ય કેન્દ્ર (F) પર

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : અનંત અંતરે

પ્રકાર : વાસ્તવિક અને ઊલટું

પરિમાણ : વસ્તુથી મોટું (વિવર્ધિત)

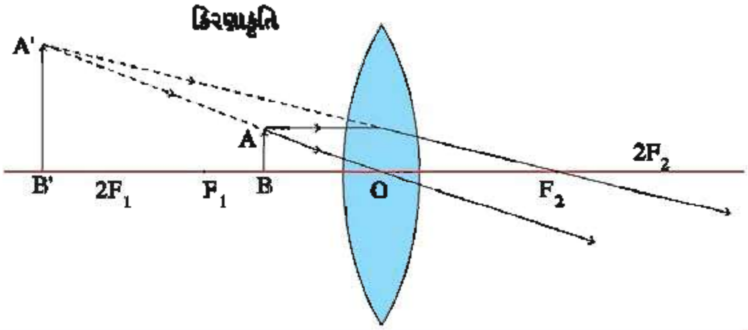


(6) **વસ્તુનું સ્થાન :** મુખ્ય કેન્દ્ર (F) અને પ્રકાશીય કેન્દ્ર (O)ની વચ્ચે

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : લેન્સની વસ્તુ તરફની બાજુએ 2Fથી દૂર

પ્રકાર : આભાસી અને ચત્તું

પરિમાણ : વસ્તુથી મોટું (વિવર્ધિત)



પ્રવૃત્તિ 6

બહિર્ગોળ લેન્સને તમારા હાથમાં પકડો અને થાંભલા જેવી દૂરની વસ્તુ તરફ રાખો. લેન્સને ધીમે ધીમે આગળ-પાછળ લઈ જઈ પડદા પર અથવા દીવાલ પર દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ મેળવો. મેજરટેપનો ઉપયોગ કરી લેન્સ અને પડદા વચ્ચેનું અંતર માપો. પડદા અને લેન્સ વચ્ચેનું અંતર લેન્સની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ આપે છે. જો તમે લેન્સને સૂર્ય તરફ રાખી કાગળ પર તેનું તીવ્ર પ્રતિબિંબ મેળવશો તો કાગળ ધુમાડા સાથે સળગવા માંડશે. કાગળ પર મળતું તીવ્ર બિંદુ સૂર્યમાંથી આવતા સમાંતર કિરણો કેન્દ્રિત થવાને લીધે ઉષ્મા ઉત્પન્ન કરે છે.

અંતર્ગોળ લેન્સથી રચાતાં પ્રતિબિંબ (Image Formation by Concave Lens) :

વિસ્તૃત વસ્તુ ABના જુદી જુદી પરિસ્થિતિમાં અંતર્ગોળ લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ ટેબલ 2.6માં દર્શાવેલાં છે.

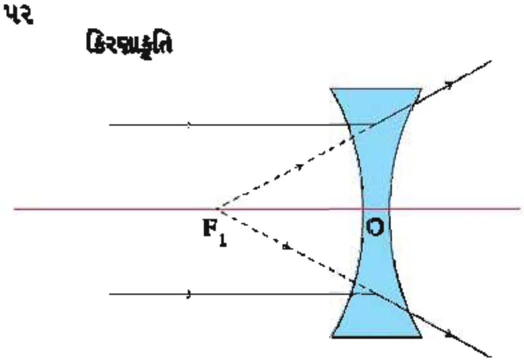
ટેબલ 2.6 : અંતર્ગોળ લેન્સથી રચાતાં પ્રતિબિંબ

(1) **વસ્તુનું સ્થાન :** અનંત અંતરે

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : લેન્સની વસ્તુ તરફની બાજુએ મુખ્ય કેન્દ્ર F પર

પ્રકાર : આભાસી અને ચત્તું

પરિમાણ : અત્યંત નાનું



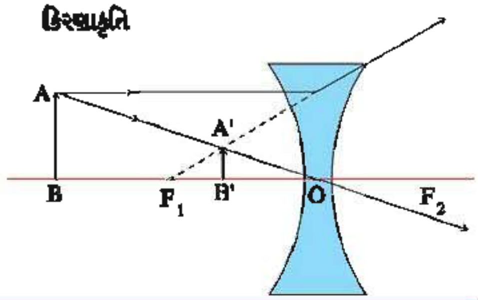
(2) **વસ્તુનું સ્થાન :** અનંતબિંદુ અને પ્રકાશીય કેન્દ્ર Oની વચ્ચે

પ્રતિબિંબનું સ્થાન : લેન્સની વસ્તુ તરફની બાજુએ F અને O વચ્ચે

પ્રકાર : આભાસી અને ચત્તું

પરિમાણ : નાનું

કિરણાકૃતિ



પ્રવૃત્તિ 7

અંતર્ગોળ લેન્સ લઈ તેને લેન્સ સ્ટૅન્ડ પર ગોઠવો. સળગતી મીણબત્તીને લેન્સની એક બાજુએ ઊભી રાખો. લેન્સની બીજી તરફથી જોઈ તેના પ્રતિબિંબનું નિરીક્ષણ કરો. જો શક્ય હોય તો પડદા પર તેનું પ્રતિબિંબ મેળવવાનો પ્રયત્ન કરો. અન્યથા લેન્સમાં સીધું પરીક્ષણ કરી તેનું પ્રતિબિંબ મેળવો. પ્રતિબિંબના સ્થાન, પ્રકાર અને અંદાજિત કદ નક્કી કરો.

હવે મીણબત્તીને લેન્સથી દૂર લઈ જાઓ અને પ્રતિબિંબના કદમાં થતો ફેરફાર નોંધો.

તમારા અવલોકન પરથી તમે શો નિર્ણય કરશો ?

અંતર્ગોળ લેન્સ હંમેશા વસ્તુનું આભાસી, ચત્તું અને નાનું પ્રતિબિંબ રચે છે, જે વસ્તુના સ્થાન પર આધાર રાખતું નથી.

2.14 ગોલીય લેન્સ માટેની સંજ્ઞા પ્રણાલી (Sign Convention for Spherical Lens)

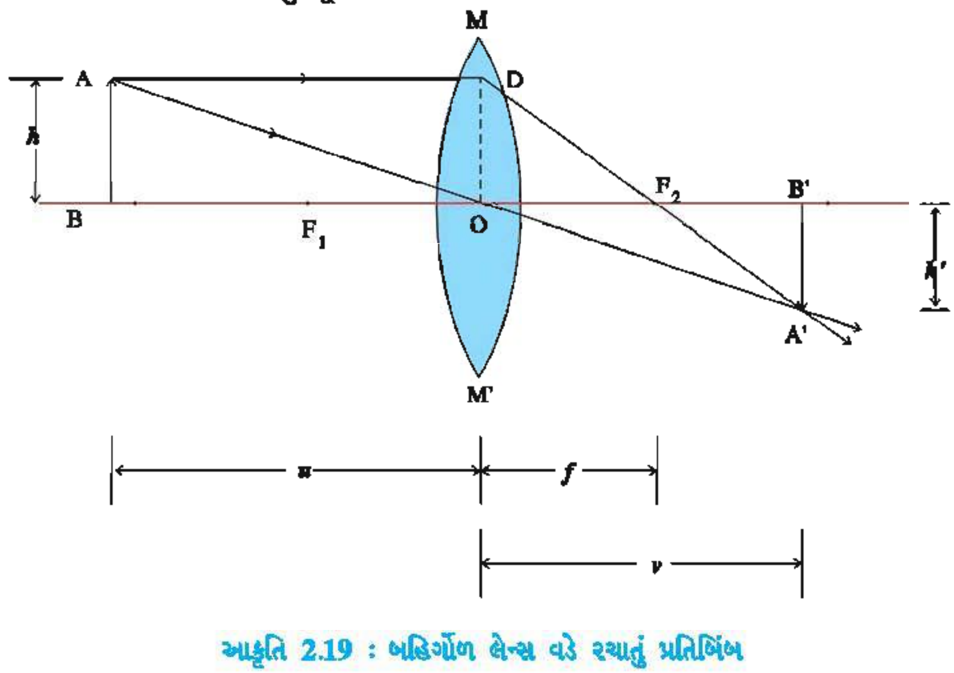
આપણે જે સંજ્ઞા પ્રણાલી વિભાગ 2.9માં ગોલીય અરીસા માટે વાપરી હતી તે જ સંજ્ઞા પ્રણાલીને ગોલીય લેન્સ માટે અનુસરીશું. અહીં વસ્તુ અંતર, પ્રતિબિંબ અંતર, કેન્દ્રલંબાઈ વગેરે લેન્સના પ્રકાશીય કેન્દ્ર (O)થી માપવામાં આવે છે. વસ્તુ અને પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ માટે પણ અરીસાની સંજ્ઞા પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરીશું.

કાર્તેઝિયન સંજ્ઞા પ્રણાલી અનુસાર,

બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ ધન તેમજ અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ ઋણ લેવામાં આવે છે.

2.15 લેન્સનું સૂત્ર અને પ્રતિબિંબની મોટવણી (Lens Formula and Magnification of Image)

નાના દર્પણ મુખવાળા પાતળા ગોલિય લેન્સ માટે, લેન્સના વસ્તુ અંતર (u), પ્રતિબિંબ અંતર (v) અને કેન્દ્રલંબાઈ (f) વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવતા સમીકરણને લેન્સનું સૂત્ર કહે છે.



આકૃતિ 2.19 : બહિર્ગોળ લેન્સ વડે રચાતું પ્રતિબિંબ

આકૃતિ 2.19માં દર્શાવ્યા મુજબ h ઊંચાઈની વસ્તુ ABને બહિર્ગોળ લેન્સની સામે તેના વક્રતાકેન્દ્રથી થોડેક દૂર u જેટલા અંતરે મૂકેલ છે. આથી તેનું વાસ્તવિક, ઊલટું અને વસ્તુ કરતા નાનું પ્રતિબિંબ B'A' લેન્સની બીજી તરફ v જેટલા અંતરે મળે છે.

કાર્તેઝિયન સંજ્ઞા પ્રણાલી અનુસાર

વસ્તુ અંતર (OB) = $-u$

પ્રતિબિંબ અંતર (OB') = $+v$

કેન્દ્રલંબાઈ ($OF_1 = OF_2$) = $+f$

આકૃતિ 2.19 પરથી,

કાટકોણ ત્રિકોણો ABO અને A'B'O સમરૂપ છે.

$$\therefore \frac{AB}{A'B} = \frac{OB}{OB'} = \frac{-u}{v} \qquad \text{... ... ... (2.15.1)}$$

આ જ પ્રમાણે કાટકોણ ત્રિકોણો ODF_2 અને $B'A'F_2$ સમરૂપ છે.

$$\therefore \frac{OD}{A'B'} = \frac{OF_2}{F_2B'}$$

$$\therefore \frac{AB}{A'B'} = \frac{OF_2}{F_2B'} \quad (\because \ OD = AB, \text{ લંબચોરસ ABODની સામસામેની બાજુઓ})$$

$$\therefore \frac{AB}{A'B'} = \frac{OF_2}{OB' - OF_2}$$

$$\therefore \frac{AB}{A'B'} = \frac{f}{v - f} \qquad \text{... ... ... (2.15.2)}$$

સમીકરણો (2.15.1) અને (2.15.2) પરથી,

$$-\frac{u}{v} = \frac{f}{v - f}$$

$$\therefore -u(v - f) = vf$$

$$\therefore -uv + uf = vf$$

પ્રત્યેક પદને uvf વડે ભાગતાં,

$$-\frac{1}{f} + \frac{1}{v} = \frac{1}{u}$$

$$\therefore \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \qquad \text{... ... ... (2.15.3)}$$

સમીકરણ (2.15.3)ને **લેન્સનું સૂત્ર** કહે છે.

પ્રતિબિંબની મોટવણી : ગોલીય લેન્સ વડે મળતી પ્રતિબિંબિત ઊંચાઈ અને વસ્તુ ઊંચાઈના ગુણોત્તરને આપેલ લેન્સ માટે પ્રતિબિંબની મોટવણી *(m)* કહે છે.

$$\therefore \text{ મોટવણી } \quad m = \frac{\text{પ્રતિબિંબ ઊંચાઈ}}{\text{વસ્તુ ઊંચાઈ}} = \frac{h'}{h} \qquad \text{... ... ... (2.15.4)}$$

વસ્તુ અંતર *(u)* અને પ્રતિબિંબ અંતર *(v)*ના સ્વરૂપમાં

$$\text{મોટવણી } = \frac{v}{u}$$

$$AB = h \quad \text{અને} \quad A'B' = -h'$$

∴ સમીકરણ (2.15.4) પરથી,

$$m = \frac{-h'}{h} \qquad \text{... ... ... (2.15.5)}$$

તેમજ $\frac{v}{u} = \frac{-h'}{h}$ અને *u* ઋણ અને *v* ધન હોવાથી,

પ્રતિબિંબની મોટવણી,

$$m = \frac{v}{u} \qquad \text{... ... ... (2.15.6)}$$

2.16 લેન્સનો પાવર (Power of Lens)

પ્રકાશના કિરણોને કેન્દ્રિત અથવા વિકેન્દ્રિત કરવાની લેન્સની ક્ષમતા તેની કેન્દ્રલંબાઈ પર આધાર રાખે છે. ટૂંકી કેન્દ્રલંબાઈનો બહિર્ગોળ લેન્સ પ્રકાશના કિરણોને મોટે ખૂણે વક્રીભવન કરાવી તેના પ્રકાશીય કેન્દ્ર (O)ની નજીક કેન્દ્રિત કરે છે. આ જ રીતે ટૂંકી કેન્દ્રલંબાઈનો અંતર્ગોળ લેન્સ પ્રકાશને મોટી કેન્દ્રલંબાઈના લેન્સ કરતાં મોટે ખૂણે વિકેન્દ્રિત કરે છે. પ્રકાશના કિરણોને કેન્દ્રિત અથવા વિકેન્દ્રિત કરવાની લેન્સની ક્ષમતાને લેન્સના પાવરના સ્વરૂપમાં રજૂ કરવામાં આવે છે.

લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈના વ્યસ્તને લેન્સનો પાવર (p) કહે છે.

$$p = \frac{1}{f} \qquad \text{... ... ... (2.16.1)}$$

લેન્સના પાવરનો SI પદ્ધતિમાં એકમ ડાયોપ્ટર (Dioptre) છે, જેને સંજ્ઞા D વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

1 D એટલે 1 મીટર કેન્દ્રલંબાઈના લેન્સનો પાવર.

બહિર્ગોળ લેન્સનો પાવર ધન અને અંતર્ગોળ લેન્સનો પાવર ઋણ હોય છે.

ઓપ્ટીશીયન પ્રિસ્ક્રીપશનમાં શુદ્ધિકારક લેન્સને પાવર વડે દર્શાવે છે.

ચશ્માંના કાચનો પાવર + 2.0 D એ 0.5 m કેન્દ્રલંબાઈનો બહિર્ગોળ લેન્સ સૂચવે છે.

ચશ્માંના કાચનો પાવર – 2.5 D એ – 0.4 m કેન્દ્રલંબાઈનો અંતર્ગોળ લેન્સ સૂચવે છે.

લેન્સનો પાવર માપવા માટે વપરાતા સાધનને ડાયોપ્ટર મીટર કહે છે.

માત્ર જાણકારી માટે

કેટલાક પ્રકાશીય ઉપકરણોમાં અનેક લેન્સનો ઉપયોગ થાય છે. લેન્સનું સંયોજન પ્રતિબિંબની મોટવણી અને તીક્ષ્ણતા વધારે છે.

અનેક લેન્સને એકબીજાના સંપર્કમાં રાખતા મળતો પરિણામી પાવર (p), તેમના પોતાના પાવર p_1, p_2, p_3ના બૈજિક સરવાળા બરાબર થાય છે. $p = p_1 + p_2 + p_3 + ...$

લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ કરતા તેના પાવરના સ્વરૂપમાં તેનો ઉપયોગ ચશ્માંના વ્યવસાયવાળા (ઑપ્ટિશિયન) લોકો માટે વધુ સગવડભર્યો છે. દર્દીની આંખો તપાસતી વખતે આંખના ડૉક્ટર જાણીતા પાવરના વિવિધ લેન્સનું સંયોજન કરે છે, કારણ કે કુલ પાવર એ સરળ બૈજિક સરવાળો છે. દા.ત., + 2.0D અને + 0.25D પાવરના લેન્સનું સંયોજન + 2.25D પાવરવાળા એક લેન્સ બરાબર છે.

એક લેન્સ વડે ઉદ્ભવતા પ્રતિબિંબની ચોક્કસ ક્ષતિઓ સંયોજિત લેન્સના તંત્ર વડે ઘટાડી શકાય છે.

સંયોજિત લેન્સનાં તંત્રોનો ઉપયોગ સામાન્ય રીતે કેમેરાના લેન્સ બનાવવા તેમજ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર અને દૂરબીનના વસ્તુકાચમાં વપરાય છે.

ઉદાહરણ 6 :

બહિર્ગોળ લેન્સ વડે વસ્તુનું લેન્સથી 40 સેમી દૂર વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ રચાય છે. જો પ્રતિબિંબનું કદ વસ્તુના કદ જેટલું જ હોય, તો વસ્તુ અંતર શોધો. બહિર્ગોળ લેન્સનો પાવર શોધો.

ઉકેલ :

અહીં વસ્તુ અને પ્રતિબિંબના પરિમાણ સરખા હોવાથી,

મોટવણી $m = -1$

વસ્તુ અંતર u = પ્રતિબિંબ અંતર v

$\therefore m = \frac{v}{u}$ પરથી,

વસ્તુ અંતર $u = -40$ સેમી

લેન્સના સૂત્ર $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ માં u અને v ની કિંમત મૂકતાં,

$$\frac{1}{40} + \frac{1}{40} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{20} = \frac{1}{f}$$

$\therefore$ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ f = 20 સેમી = 0.2 મીટર

લેન્સનો પાવર $p = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.2} = +5.0D$

ઉદાહરણ 7 :

એક અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ 20 સેમી છે. વસ્તુને લેન્સથી કેટલા અંતરે મૂકવાથી તેનું પ્રતિબિંબ લેન્સથી 10 સેમી દૂર રચાય ?

ઉકેલ :

અંતર્ગોળ લેન્સ માટે વસ્તુનું પ્રતિબિંબ હંમેશા આભાસી, ચત્તું અને વસ્તુ તરફ લેન્સની બાજુએ રચાય છે.

∴ પ્રતિબિંબ અંતર $v = -10$ સેમી

કેન્દ્રલંબાઈ $f = -20$ સેમી

લેન્સના સૂત્ર પરથી,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$$

$$\therefore \frac{1}{u} = \frac{1}{v} - \frac{1}{f}$$

$$\therefore \frac{1}{u} = \frac{-1}{10} + \frac{1}{20} = \frac{-1}{20}$$

$$\therefore u = -20 \text{ સેમી}$$

આમ, વસ્તુને અંતર્ગોળ લેન્સથી ડાબી તરફ 20 સેમી દૂર મૂકવી જોઈએ.

ઉદાહરણ 8 :

5 સેમી ઊંચાઈની વસ્તુને 10 સેમી કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતા બહિર્ગોળ લેન્સની સામે 25 સેમી દૂર મૂકેલી છે. કિરણાકૃતિ દોરીને પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર અને કદ શોધો.

ઉકેલ : મુખ્ય અક્ષ પર 2.5 સેમી = 1 એકમ અંતર લઈ કિરણાકૃતિ દોરતા ટેબલ 2.5ના ક્રમ 2 અનુસારની કિરણાકૃતિ મળે છે. જે દર્શાવે છે કે વસ્તુનું વાસ્તવિક, ઊલટું અને નાનું પ્રતિબિંબ લેન્સની બીજી બાજુએ 8.3 સેમી અંતરે રચાય છે.

2.17 પ્રકાશીય ઉપકરણો (Optical Instruments)

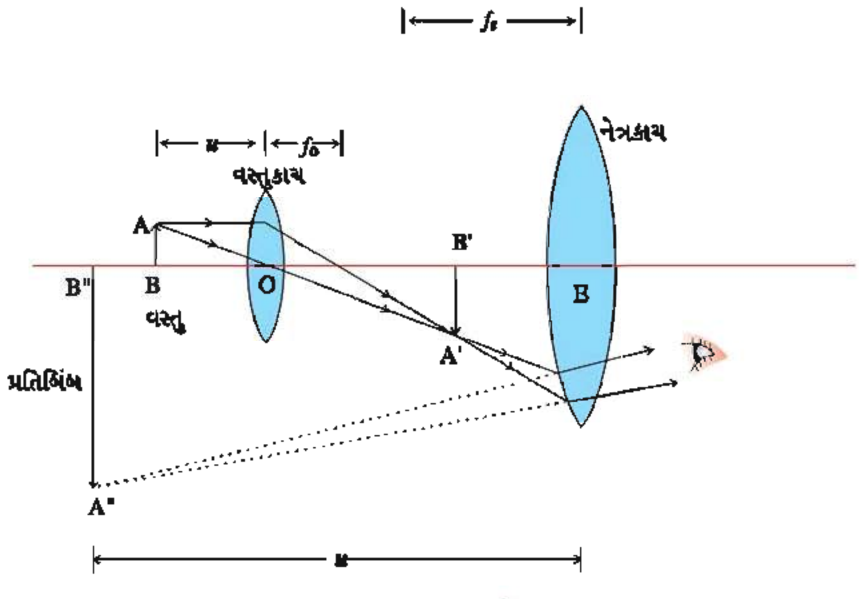
વસ્તુને ભિન્ન સ્થાને મૂકી બહિર્ગોળ લેન્સ વડે મળતા પ્રતિબિંબને આધારે આપણે કેટલાક પ્રકાશીય ઉપકરણોની ચર્ચા કરીશું.

(1) સાદું સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર (Simple Microscope) : જ્યારે વસ્તુને બહિર્ગોળ લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્ર (F) અને પ્રકાશીય કેન્દ્ર (O)ની વચ્ચે મૂકવામાં આવે ત્યારે તેનું વસ્તુની પાછળ આભાસી, ચત્તું અને મોટું પ્રતિબિંબ રચાય છે. સાદું સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર આ સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે.

વસ્તુનું વિવર્ધિત (મોટું) પ્રતિબિંબ મેળવવા માટે વપરાતા બહિર્ગોળ લેન્સને સાદા સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

(2) સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર (Compound Microscope) : સાદા સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર વડે વસ્તુનું ચોક્કસ મર્યાદાથી વધુ સ્પષ્ટ અને મોટું પ્રતિબિંબ મેળવી શકાતું નથી. સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રમાં બે લેન્સનો ઉપયોગ થતો હોવાથી વસ્તુનું મોટું અને વધુ સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ રચે છે. સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રની કિરણાકૃતિ આકૃતિ 2.20માં દર્શાવેલી છે.

સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રમાં વસ્તુની નજીક રાખેલા બહિર્ગોળ લેન્સને વસ્તુકાચ (objective lens) અને આંખની નજીક રાખવામાં આવતા બહિર્ગોળ લેન્સને નેત્રકાચ (eye piece) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. વસ્તુકાચની કેન્દ્રલંબાઈ નેત્રકાચની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં ઓછી હોય છે.



આકૃતિ 2.20 : સંયુક્ત માઈક્રોસ્કોપની કિરણાકૃતિ

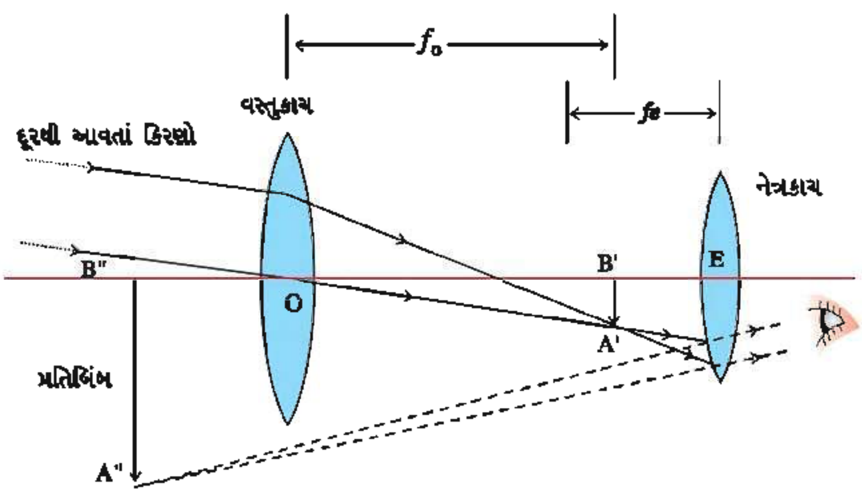
કાર્યપદ્ધતિ : જેનું અવલોકન કરવાનું હોય તેવી વસ્તુ ABને વસ્તુકાચની કેન્દ્રલંબાઈ (f_o) કરતાં થોડાક વધુ અંતરે રાખતા તેનું વાસ્તવિક, ઊલટું અને મોટું પ્રતિબિંબ A'B' વસ્તુકાચના વક્રતાકેન્દ્રથી થોડેક દૂર રચાય છે. નેત્રકાચ માટે આ પ્રતિબિંબ A'B', વસ્તુ તરીકે વર્તે છે, જેને નેત્રકાચની કેન્દ્રલંબાઈ (f_e) કરતાં ઓછા અંતરે ગોઠવવામાં આવે છે. નેત્રકાચ તેનું આભાસી, ચત્તુ અને મોટું પ્રતિબિંબ A"B" રચે છે.

આમ, સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર વડે વસ્તુનું આભાસી, ઊલટું અને મોટું પ્રતિબિંબ વસ્તુની પાછળ રચાય છે.

(3) ખગોળીય દૂરબીન (Astronomical Telescope) : અત્યંત દૂરની વસ્તુઓ જેવી કે ગ્રહો, તારાઓ વગેરે એકબીજાની નજીક અને અત્યંત નાનાં દેખાય છે. તેમનું નિરીક્ષણ કરવા માટે ખગોળીય દૂરબીનનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

ખગોળીય દૂરબીનની કિરણાકૃતિ આકૃતિ 2.21માં દર્શાવેલ છે.

રચના : ખગોળીય દૂરબીન સમઅક્ષીય રીતે ગોઠવાયેલા બે બહિર્ગોળ લેન્સનું બનેલું છે. વસ્તુની નજીક રહેલા બહિર્ગોળ લેન્સને વસ્તુકાચ અને આંખની નજીક ગોઠવવામાં બહિર્ગોળ લેન્સને નેત્રકાચ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. વસ્તુકાચની કેન્દ્રલંબાઈ (f_o) નેત્રકાચની કેન્દ્રલંબાઈ (f_e) કરતાં વધુ હોય છે.



આકૃતિ 2.21 : ખગોળીય દૂરબીનની કિરણાકૃતિ

કાર્યપદ્ધતિ : જ્યારે દૂરબીનને દૂરની વસ્તુ પર કેન્દ્રિત કરવામાં આવે છે ત્યારે વસ્તુમાંથી આવતા સમાંતર કિરણો વસ્તુકાચ વડે વક્રીભવન પામી તેના મુખ્ય કેન્દ્ર પર વસ્તુનું વાસ્તવિક, ઊલટું અને અત્યંત નાનું પ્રતિબિંબ A'B' રચે છે. આ પ્રતિબિંબ નેત્રકાચ માટે વસ્તુ તરીકે વર્તે છે. નેત્રકાચને એવી રીતે ગોઠવવામાં આવે છે કે જેથી તેનું આભાસી, ચત્તું અને મોટું પ્રતિબિંબ A"B" રચાય.

આમ, ખગોળીય દૂરબીન વડે વસ્તુનું આભાસી, ઊલટું અને નાનું પ્રતિબિંબ રચાય છે. પરંતુ આ પ્રતિબિંબ આપણી નરી આંખે દેખાય તેના કરતાં વધુ સ્પષ્ટ હોય છે.

માત્ર જાણકારી માટે

પૃથ્વી પરથી દૂરની વસ્તુ જોવા માટે વપરાતા દૂરબીનને ટેરેસ્ટ્રિયલ ટેલિસ્કોપ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. અહીં વસ્તુકાચ અને નેત્રકાચની વચ્ચે વધારાનો બહિર્ગોળ લેન્સ દાખલ કરવામાં આવે છે, જેથી વસ્તુનું અંતિમ પ્રતિબિંબ ચત્તું દેખાય. ખગોળીય દૂરબીન વડે વસ્તુનું પ્રતિબિંબ ઊલટું દેખાય છે.

દૃશ્યપ્રકાશ, પારરક્ત (infrared) અને પારજાંબલી (ultraviolet) વિસ્તારવાળા વીજ-ચુંબકીય વર્ણપટ વડે બ્રહ્માંડ (universe) વિશેની માહિતી મેળવવા માટે ઈ. સ. 1990માં પૃથ્વીની આસપાસની કક્ષામાં હબલ ટેલિસ્કોપ મૂકવામાં આવ્યો હતો. આ ટેલિસ્કોપનું નામ જાણીતા ખગોળશાસ્ત્રી એડવિન પોવેલ હબલ(1889-1953)ના નામ પરથી પાડવામાં આવ્યું છે.

ભારતમાં ખગોળશાસ્ત્ર અને ખગોળ ભૌતિકશાસ્ત્રનાં કેન્દ્રો દ્વારા સંશોધન કાર્યક્રમમાં રેડિયો ટેલિસ્કોપનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. Giant Meterwave Radio Telescope (GMRT) તરીકે ઓળખાતું વિશ્વનું સૌથી વધુ હારમાળા ધરાવતું રેડિયો ટેલિસ્કોપ મહારાષ્ટ્રમાં પૂણેથી 80 કિમી અંતરે નારાયણગામ મુકામે આવેલું છે. આંતરરાષ્ટ્રીય રીતે પ્રખ્યાત આ સંસ્થામાં દુનિયાના વિવિધ સ્થળેથી ખગોળશાસ્ત્રીઓ મુલાકાત લઈ ગેલેક્સીઓ, પલ્સાર, સુપરનોવા જેવી ખગોળીય વસ્તુનું અવલોકન કરે છે. GMRT એ Tata Institute for Fundamental Research (TIFR) મુંબઈના એક વિભાગ National Centre for Radio Astronomy (NCRA) દ્વારા અજોડ વ્યવસ્થા પૂરી પાડે છે.

ભારતમાં વિવિધ સ્થળો જેવા કે ઊટી (તામિલનાડુ), ગૌરીબિડનુર (કર્ણાટક), ગિરિશિખર, માઉન્ટ આબુ (રાજસ્થાન), કોડાઈકેનાલ (તામિલનાડુ) રેડિયો ટેલિસ્કોપની સવલત ધરાવે છે.

તમે શું શીખ્યા ?

- પ્રકાશ એ વીજચુંબકીય વિકિરણ છે, જે આપણી આંખમાં સંવેદના ઉપજાવે છે.
- પ્રકાશ એ શૂન્યાવકાશમાં 3×10^8 ms^{-1}ના વેગથી ગતિ કરે છે.
- પ્રકાશના પ્રસરણની દિશામાં એક બિંદુથી બીજા બિંદુને જોડતા સુરેખ માર્ગને કિરણ (ray) અને કિરણોના સમૂહને કિરણપુંજ (beam) કહે છે.
- અરીસો પ્રકાશના કિરણપુંજને પરાવર્તન દ્વારા કેન્દ્રિત કરે છે જ્યારે લેન્સ પ્રકાશના કિરણપુંજને વક્રીભવન દ્વારા કેન્દ્રિત કરે છે.

- નિયમિત પરાવર્તનમાં પ્રકાશનું કિરણપુંજ પરાવર્તન બાદ સમાંતર રહે છે જ્યારે અનિયમિત પરાવર્તનમાં કિરણપુંજ સમગ્ર વિસ્તારમાં પ્રસરે છે.
- સમતલ અરીસા વડે રચાતું પ્રતિબિંબ હંમેશા આભાસી અને ચત્તું હોય છે.
- જે ઘટનાને લીધે વસ્તુની જમણી બાજુ ડાબી બાજુ તરીકે અને ડાબી બાજુ વસ્તુની જમણી બાજુ તરીકે દેખાય તેને **પાર્શ્વીય વ્યુત્ક્રમણ (lateral inversion)** કહે છે.
- અંતર્ગોળ અરીસાની અંદરની સપાટી પરાવર્તક હોય છે જ્યારે બહિર્ગોળ અરીસાની બહારની સપાટી પરાવર્તક હોય છે.
- અંતર્ગોળ અરીસો વાસ્તવિક અથવા આભાસી પ્રતિબિંબ રચે છે જ્યારે બહિર્ગોળ અરીસો હંમેશા આભાસી પ્રતિબિંબ રચે છે.
- બહિર્ગોળ લેન્સ અને બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ ધન હોય છે.
- વસ્તુ અંતર હંમેશા ઋણ તેમજ વસ્તુ ઊંચાઈ હંમેશા ધન હોય છે.
- અંતર્ગોળ લેન્સ અને અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ ઋણ હોય છે.
- વક્રતાત્રિજ્યા (R) = 2 × કેન્દ્રલંબાઈ (f)
- અરીસાનું સૂત્ર : $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ લેન્સનું સૂત્ર : $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$
- અંતર્ગોળ અરીસા માટે પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવા માટે કિરણાકૃતિના નિયમો :
  - (i) મુખ્ય અક્ષને સમાંતર પ્રકાશનું કિરણ પરાવર્તન બાદ તેના મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી પસાર થાય છે.
  - (ii) અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી પસાર થતું પ્રકાશનું કિરણ પરાવર્તન બાદ અરીસાના મુખ્ય અક્ષને સમાંતર બને છે.
  - (iii) અરીસાના વક્રતાકેન્દ્રમાંથી પસાર થતું પ્રકાશનું કિરણ તે જ પથ પર પરાવર્તન પામે છે.
  - (iv) પ્રકાશનું કિરણ ધ્રુવ તરફ નિશ્ચિતકોણે આપાત થઈ પરાવર્તનના નિયમ મુજબ તેટલા જ નિશ્ચિતકોણે પરાવર્તન પામે છે.
- પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ અને વસ્તુની ઊંચાઈના ગુણોત્તરને પ્રતિબિંબની મોટવણી કહે છે.
- આભાસી પ્રતિબિંબ માટે મોટવણી ધન અને વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ માટે મોટવણી ઋણ હોય છે.
- અરીસાની મોટવણી : $m=-\frac{v}{u}$ અને લેન્સની મોટવણી : $m=\frac{v}{u}$
- એક પારદર્શક માધ્યમમાંથી બીજા પારદર્શક માધ્યમમાં પ્રકાશના વેગમાં થતા ફેરફારની ઘટનાને પ્રકાશનું વક્રીભવન કહે છે.
- આપાતકિરણે આપાતબિંદુએ સપાટીને દોરેલ લંબ સાથે બનાવેલ કોણને આપાતકોણ કહે છે.
- વક્રીભૂત કિરણે આપાતબિંદુએ સપાટીને દોરેલ લંબ સાથે બનાવેલ કોણને વક્રીભવનકોણ કહે છે.
- જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ પાતળા માધ્યમમાંથી ઘટ્ટ માધ્યમમાં જાય ત્યારે લંબ તરફ ગતિ કરે છે.

- જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ ઘટ્ટ માધ્યમમાંથી પાતળા માધ્યમમાં જાય છે ત્યારે લંબથી દૂર જાય છે.
- પ્રકાશના વક્રીભવનનો સ્નેલનો નિયમ :

$$n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

- પ્રકાશની શૂન્યાવકાશમાં ઝડપ અને માધ્યમમાં ઝડપના ગુણોત્તરને માધ્યમનો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક કહે છે.
- નિર્ગમનકિરણના આપાતકિરણની દિશામાં કોઈ એક બાજુએ થતા સ્થાનાંતરને પાર્શ્વીય સ્થાનાંતર (lateral shift) કહે છે.
- પાર્શ્વીય સ્થાનાંતરનું વિસ્તરણ આપાતકોણ, માધ્યમના વક્રીભવનાંક અને બે સમાંતર વક્રીભવનકારક સપાટી વચ્ચેના લંબઅંતર પર આધાર રાખે છે.
- પ્રકાશીય ઘટ્ટ માધ્યમ પ્રકાશીય પાતળા માધ્યમની સરખામણીમાં વધુ નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક ધરાવે છે.
- બહિર્ગોળ લેન્સ પ્રકાશના કિરણોને કેન્દ્રિત કરે છે જ્યારે અંતર્ગોળ લેન્સ પ્રકાશના કિરણોને વિકેન્દ્રિત કરે છે.
- લેન્સનો પાવર એ તેની કેન્દ્રલંબાઈનો વ્યસ્ત છે. તેનો SI પદ્ધતિમાં એકમ ડાયોપ્ટર (Dioptre) છે.
- અંતર્ગોળ અરીસાથી રચાતાં પ્રતિબિંબના સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ :

વસ્તુનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર	પરિમાણ
1. અનંત અંતરે	મુખ્ય કેન્દ્ર પર	વાસ્તવિક, ઊલટું	અત્યંત નાનું
2. વક્રતાકેન્દ્રથી દૂર	મુખ્ય કેન્દ્ર અને વક્રતાકેન્દ્રની વચ્ચે	વાસ્તવિક, ઊલટું	નાનું
3. વક્રતાકેન્દ્ર પર	વક્રતાકેન્દ્ર પર	વાસ્તવિક, ઊલટું	વસ્તુના કદ જેટલું
4. વક્રતાકેન્દ્ર અને મુખ્ય કેન્દ્ર વચ્ચે	વક્રતાકેન્દ્રથી દૂર	વાસ્તવિક, ઊલટું	મોટું
5. મુખ્ય કેન્દ્ર પર	અનંત અંતરે	વાસ્તવિક, ઊલટું	અત્યંત મોટું
6. ધ્રુવ અને મુખ્ય કેન્દ્રની વચ્ચે	અરીસાની પાછળ	આભાસી, ચત્તું,	મોટું

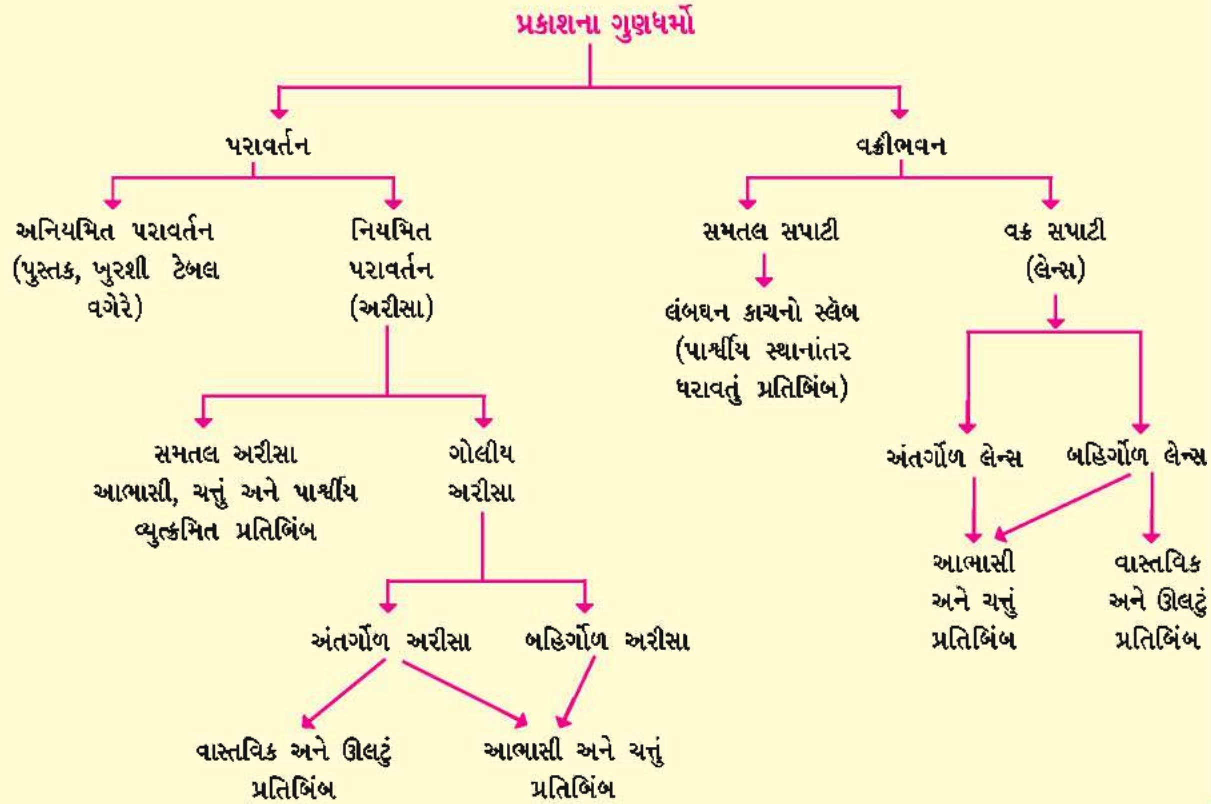
- બહિર્ગોળ અરીસાથી રચાતાં પ્રતિબિંબના સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ :

વસ્તુનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર	પરિમાણ
1. અનંત અંતરે	અરીસાની પાછળ મુખ્ય કેન્દ્ર પર	આભાસી, ચત્તું	અત્યંત નાનું (બિંદુવત્)
2. ધ્રુવ અને અનંત અંતરની વચ્ચે	અરીસાની પાછળ ધ્રુવ અને મુખ્ય કેન્દ્ર વચ્ચે	આભાસી અને ચત્તું	નાનું

- જ્યારે બહિર્ગોળ લેન્સ વડે વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ રચાય ત્યારે મળતા પ્રતિબિંબના સ્થાન, કદ અને પ્રકાર અંતર્ગોળ અરીસા વડે મળતા પ્રતિબિંબ જેવા જ હોય છે. અંતર્ગોળ અરીસા વડે વસ્તુ તરફની બાજુએ જ્યારે બહિર્ગોળ લેન્સ

વડે લેન્સની બીજી બાજુએ પ્રતિબિંબ રચાય છે ત્યારે બહિર્ગોળ લેન્સનું પ્રકાશીય કેન્દ્ર (O) એ અંતર્ગોળ અરીસાના ધ્રુવ (P) જેવી ભૂમિકા ભજવે છે. કેન્દ્રલંબાઈથી ઓછા અંતરે મૂકેલી વસ્તુ માટે અંતર્ગોળ અરીસા અને બહિર્ગોળ લેન્સ વડે પ્રતિબિંબ ભિન્ન ગુણધર્મ દર્શાવે છે.

- બહિર્ગોળ અરીસા અને અંતર્ગોળ લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબના પ્રકાર અને સાપેક્ષ કદ સરખા હોય છે. અંતર્ગોળ લેન્સ વડે વસ્તુ તરફની બાજુએ જ્યારે બહિર્ગોળ અરીસા વડે અરીસાની પાછળ પ્રતિબિંબ રચાય છે.
- જ્યારે બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ વસ્તુનું વિવર્ધિત (magnified) પ્રતિબિંબ મેળવવા માટે થાય ત્યારે તે સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર તરીકે ઓળખાય છે.
- સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રમાં વસ્તુકાચની કેન્દ્રલંબાઈ નેત્રકાચની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં ઓછી હોય છે.
- ખગોળીય દૂરબીનમાં વસ્તુકાચની કેન્દ્રલંબાઈ નેત્રકાચની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં વધુ હોય છે.



સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) દૃશ્યપ્રકાશની તરંગલંબાઈનો વિસ્તાર કેટલો છે ?

(A) 4×10^{-7} m થી 8×10^{-7} m (B) 4×10^{-9} m થી 8×10^{-9} m

(C) 4×10^{-5} m થી 8×10^{-5} m (D) 4×10^{-6} m થી 8×10^{-6} m

(2) ગોળાકાર અરીસા માટે વક્રતાત્રિજ્યા (R) અને કેન્દ્રલંબાઈ (f) વચ્ચે શો સંબંધ છે ?

(A) $R = f/2$ (B) $R = f$ (C) $R = 2f$ (D) $R = 3f$

(3) પુસ્તક પરથી થતું પ્રકાશનું પરાવર્તન ક્યા પ્રકારનું પરાવર્તન હોય ?

(A) નિયમિત (B) અનિયમિત (C) બંને પ્રકારનું (D) એક પણ નહિ

(4) વક્રતાકેન્દ્ર (C) માંથી પસાર થતું પ્રકાશનું કિરણ, અંતર્ગોળ અરીસા પરથી પરાવર્તન પામી કયા બિંદુમાંથી પસાર થશે ?

(A) મુખ્યકેન્દ્ર (B) વક્રતાકેન્દ્ર (C) ધ્રુવ (D) બધા જ

(5) અંતર્ગોળ અરીસાની સામે વસ્તુને કયા સ્થાને મૂકતા તેનું આભાસી અને ચત્તું પ્રતિબિંબ રચાય ?

(A) મુખ્ય કેન્દ્ર (F) પર (B) વક્રતાકેન્દ્ર (C) પર

(C) મુખ્ય કેન્દ્ર અને ધ્રુવની વચ્ચે (D) વક્રતાકેન્દ્રથી દૂર

(6) સમતલ અરીસાની મોટવણીનું મૂલ્ય હંમેશા .... હોય.

(A) 1 કરતાં વધુ (B) 1 (C) 1 કરતાં ઓછું (D) શૂન્ય

(7) સમતલ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ .... હોય.

(A) શૂન્ય (B) અનંત (C) અનિશ્ચિત (D) વસ્તુ અંતર જેટલી

(8) સમતલ અરીસા વડે 2 m દૂર રહેલી વસ્તુ અને તેના પ્રતિબિંબ વચ્ચે કેટલું અંતર હોય ?

(A) 4m (B) 1m (C) 2m (D) 3m

(9) વસ્તુને કયા સ્થાને મૂકવાથી બહિર્ગોળ લેન્સ વડે વસ્તુનું વાસ્તવિક, ઊલટું અને તેના જેટલી જ ઊંચાઈનું પ્રતિબિંબ મળે ?

(A) મુખ્ય કેન્દ્ર પર (B) મુખ્ય કેન્દ્ર અને વક્રતાકેન્દ્ર વચ્ચે

(C) વક્રતાકેન્દ્ર પર (D) મુખ્ય કેન્દ્ર અને પ્રકાશીય કેન્દ્ર વચ્ચે

(10) નીચેનામાંથી કયા દ્રવ્યની પ્રકાશીય ઘનતા સૌથી વધુ છે ?

(A) કાચ (B) પાણી (C) મોતી (D) હીરો

(11) કોઈ પણ માધ્યમનો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક હંમેશા .... હોય છે.

(A) 1 (B) > 1 (C) < 1 (D) 0

(12) 10 સેમી, 20 સેમી, 25 સેમી અને 50 સેમી કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતા લેન્સ પૈકી કયા લેન્સનો પાવર સૌથી વધુ હોય ?

(A) 50 સેમી (B) 25 સેમી (C) 20 સેમી (D) 10 સેમી

(13) બહિર્ગોળ લેન્સનો પાવર + 5.0 D હોય તો તેની કેન્દ્રલંબાઈ કેટલી થાય ?

(A) – 10 સેમી (B) – 20 સેમી (C) + 10 સેમી (D) + 20 સેમી

(14) જો પાણી, બેન્ઝિન અને નીલમના વક્રીભવનાંક અનુક્રમે 1.33, 1.50 અને 1.77 હોય તો કયા માધ્યમનો સાપેક્ષ વક્રીભવનાંક સૌથી વધુ હોય ?

(A) નીલમનો પાણીની સાપેક્ષ (B) નીલમનો બેન્ઝિનની સાપેક્ષ

(C) બેન્ઝિનનો પાણીની સાપેક્ષ (D) પાણીનો બેન્ઝિનની સાપેક્ષ

(15) સમતલ અરીસા વડે કેવું પ્રતિબિંબ રચાય ?

(A) વાસ્તવિક અને ઊલટું (B) વાસ્તવિક અને ચત્તું

(C) આભાસી અને ચત્તું (D) આભાસી અને ઊલટું

(16) જો પાણી અને કાચના નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક અનુક્રમે 4/3 અને 3/2 હોય, તો પ્રકાશનો પાણી અને કાચમાંના વેગનો ગુણોત્તર કેટલો હશે ?

(A) 2 (B) 8/9 (C) 9/8 (D) 1/2

(17) પાણી, કાચ અને હીરાના નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક અનુક્રમે 1.33, 1.50 અને 2.72 છે. તો કયું માધ્યમ સૌથી વધુ પ્રકાશીય ઘટ્ટ હશે ?

(A) પાણી (B) કાચ (C) હીરો (D) એક પણ નહિ

(18) નીચેનામાંથી શાના વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ હંમેશા આભાસી હોય છે ?

(A) અંતર્ગોળ અરીસા અને બહિર્ગોળ લેન્સ (B) બહિર્ગોળ અરીસા અને અંતર્ગોળ લેન્સ

(C) બહિર્ગોળ અરીસા અને બહિર્ગોળ લેન્સ (D) અંતર્ગોળ અરીસા અને અંતર્ગોળ લેન્સ

(19) સપાટીને લંબરૂપે આપાત થતા પ્રકાશના કિરણનો વક્રીભૂતકોણ કેટલો હોય ?

(A) 90 (B) 60 (C) 30 (D) 0

(20) સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રમાં જો 5 સેમી અને 20 સેમી કેન્દ્રલંબાઈવાળા બહિર્ગોળ લેન્સ વપરાતા હોય તો તેમાંથી કયો વસ્તુકાચ અને કયો નેત્રકાચ હશે ?

(A) 20 સેમી કેન્દ્રલંબાઈવાળો વસ્તુકાચ અને 5 સેમી કેન્દ્રલંબાઈનો નેત્રકાચ જોઈએ.

(B) 20 સેમી કેન્દ્રલંબાઈનો નેત્રકાચ અને 5 સેમી કેન્દ્રલંબાઈનો વસ્તુકાચ જોઈએ.

(C) વસ્તુકાચ અને નેત્રકાચ બંને 20 સેમી કેન્દ્રલંબાઈના હોવા જરૂરી છે.

(D) વસ્તુકાચ અને નેત્રકાચ બંને 5 સેમી કેન્દ્રલંબાઈના હોવા જરૂરી છે.

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) નિયમિત અને અનિયમિત પરાવર્તન કોને કહે છે ?

(2) પ્રકાશના પરાવર્તનના નિયમો લખો.

(3) અરીસાનું વક્રતાકેન્દ્ર અને વક્રતાત્રિજ્યા કોને કહે છે ?

(4) અંતર્ગોળ અરીસાની સામે વક્રતાકેન્દ્રથી દૂર વસ્તુને મૂકવાથી મળતા પ્રતિબિંબના સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ દર્શાવતી કિરણાકૃતિ દોરો.

(5) અંતર્ગોળ અરીસાની સામે ધ્રુવ અને મુખ્ય કેન્દ્રની વચ્ચે વસ્તુને મૂકવાથી મળતા પ્રતિબિંબના સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ દર્શાવતી કિરણાકૃતિ દોરો.

(6) બહિર્ગોળ અરીસાની સામે અનંત અંતર અને ધ્રુવની વચ્ચે વસ્તુ મૂકતાં મળતા પ્રતિબિંબના સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ દર્શાવતી કિરણાકૃતિ દોરો.

(7) સમતલ અરીસા વડે મળતા પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ મોટવણીના સૂત્ર પરથી મેળવો.

(8) પ્રકાશના વક્રીભવનના નિયમો લખો.

(9) માધ્યમનો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક કોને કહે છે ? બે માધ્યમના નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંકના રૂપમાં સ્નેલના નિયમનું વ્યાપક સ્વરૂપ મેળવો.

(10) બહિર્ગોળ લેન્સની સામે વક્રતાકેન્દ્ર પર વસ્તુને મૂકવાથી મળતા પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ દર્શાવતી કિરણાકૃતિ દોરો.

(11) બહિર્ગોળ લેન્સની સામે વસ્તુને મુખ્ય કેન્દ્ર અને પ્રકાશીય કેન્દ્ર વચ્ચે મૂકવાથી મળતા પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ દર્શાવતી કિરણાકૃતિ દોરો.

(12) અંતર્ગોળ લેન્સ વડે વસ્તુને અનંતબિંદુ અને પ્રકાશીય કેન્દ્ર વચ્ચે મૂકવાથી મળતા પ્રતિબિંબના સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ દર્શાવતી કિરણાકૃતિ દોરો.

(13) પ્રતિબિંબની મોટવણી કોને કહે છે ? ગોલીય લેન્સ માટે પ્રતિબિંબની મોટવણીનું સૂત્ર લખો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :

(1) સમતલ અરીસા વડે થતું પરાવર્તન યોગ્ય આકૃતિ દોરીને સમજાવો.

(2) ગોલીય અરીસા વડે થતાં પરાવર્તન માટેની કાર્તેઝિયન સંજ્ઞા પ્રણાલી જણાવો.

(3) કાચના લંબઘન વડે પ્રકાશનું વક્રીભવન જરૂરી આકૃતિ દોરીને સમજાવો. પાર્શ્વીય સ્થાનાંતર કોને કહે છે ?

(4) ગોલીય લેન્સ માટે લેન્સનું સૂત્ર મેળવો.

(5) ભિન્ન પ્રકારનાં કિરણો લઈ ગોલીય અરીસા વડે પ્રતિબિંબનું સ્થાન કેવી રીતે નક્કી કરવામાં આવે છે તે જરૂરી કિરણાકૃતિ દોરી સમજાવો.

(6) લેન્સના પાવર વિશે નોંધ લખો.

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :

(1) ગોલીય અરીસા માટેનું સૂત્ર $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$ મેળવો.

(2) સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રની રચના અને કાર્યપદ્ધતિ સ્વચ્છ આકૃતિસહ સમજાવો.

(3) ખગોળીય દૂરબીન પર વિસ્તૃત નોંધ લખો.

5. નીચેના દાખલા ગણો :

(1) 5 સેમી ઊંચાઈની વસ્તુને 15 સેમી કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતા બહિર્ગોળ અરીસાની સામે 10 સેમી અંતરે મૂકેલી છે. પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર અને કદ શોધો.

(જવાબ : 3 સેમી ઊંચાઈનું આભાસી, ચત્તું અને નાનું પ્રતિબિંબ અરીસાના પાછળના ભાગમાં 6 સેમી અંતરે મળશે.)

(2) 6 સેમી ઊંચાઈની વસ્તુને 10 સેમી કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતા અંતર્ગોળ અરીસાની સામે 15 સેમી અંતરે મૂકેલી છે. પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર અને તેનું કદ શોધો.

(જવાબ : પ્રતિબિંબ અંતર = – 30 સેમી, પ્રતિબિંબ ઊંચાઈ = 12 સેમી, પ્રકાર : વાસ્તવિક અને ઊલટું)

(3) પ્રકાશનું કિરણ કાચમાંથી ગ્લિસરીનના માધ્યમમાં પ્રવેશે છે. જો કાચ અને ગ્લિસરીનના નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક અનુક્રમે 1.5 અને 1.47 હોય તો ગ્લિસરીનનો કાચની સાપેક્ષ વક્રીભવનાંક શોધો. (જવાબ : 0.98)

(4) પ્રકાશ પાણીમાંથી કાચમાં પ્રવેશે ત્યારે તેનો વક્રીભવનાંક 1.12 છે. જો કાચનો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક 1.5 હોય તો પાણીનો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક શોધો. (જવાબ : 1.34)

(5) પ્રકાશ કાચમાંથી પાણીમાં પ્રવેશે ત્યારે કાચની સાપેક્ષમાં પાણીનો વક્રીભવનાંક 0.9 છે. બે માધ્યમોને છૂટી પાડતી સપાટી આગળ આપાતકોણનું મૂલ્ય 26^0 30' હોય, તો સપાટી આગળ વક્રીભવનકોણનું મૂલ્ય શોધો.

sin 26^0 30' = 0.45 (અંદાજિત) લો. (જવાબ : વક્રીભવનકોણ = 30^0)

(6) 10 સેમી કેન્દ્રલંબાઈવાળા બહિર્ગોળ લેન્સની સામે મુખ્ય અક્ષ પર વસ્તુને લંબરૂપે મૂકેલા છે. જો વસ્તુ લેન્સથી 15 સેમી અંતરે હોય તો પ્રતિબિંબનું સ્થાન શોધો. (જવાબ : પ્રતિબિંબ અંતર = + 30 સેમી)

(7) 30 સેમી કેન્દ્રલંબાઈવાળા અંતર્ગોળ લેન્સની સામે મુખ્ય અક્ષ પર વસ્તુને લંબરૂપે મૂકેલી છે. જો વસ્તુ લેન્સથી 20 સેમી અંતરે હોય તો પ્રતિબિંબનું સ્થાન શોધો. (જવાબ : પ્રતિબિંબ અંતર = – 12 સેમી)

(8) બહિર્ગોળ લેન્સનો પાવર + 4.0 D છે. વસ્તુને લેન્સથી કેટલા અંતરે મૂકીએ તો તેનું વાસ્તવિક, ઊલટું અને વસ્તુ જેટલા જ કદનું પડદા પર પ્રતિબિંબ મળે ?

(જવાબ : વસ્તુ અંતર = 50 સેમી તેના વક્રતાકેન્દ્ર પર મૂકવાથી)

એકમ

3

પ્રકાશનું વિભાજન અને કુદરતી પ્રકાશીય ઘટનાઓ (Dispersion of Light and Natural Optical Phenomena)

3.1 પ્રસ્તાવના (Introdution)

વ્હાલા વિદ્યાર્થીમિત્રો,

તમે પ્રકરણ 2માં પ્રકાશના પરાવર્તન અને વક્રીભવનનો અભ્યાસ કર્યો. તદ્ઉપરાંત અરીસા અને લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબના સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ વિશે પણ ચર્ચા કરી. તમે બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરીને સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર અને ખગોળીય દૂરબીનમાં વસ્તુનું પ્રતિબિંબ રચવા અંગેની પણ સમજ મેળવી. આ તક્નિક (technique) માનવઆંખમાં રહેલાં લેન્સનું કાર્ય સમજવા ઘણી મદદરૂપ છે. મનુષ્યની આંખની દૃષ્ટિની ખામી સુધારવા માટે પણ લેન્સ મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. પ્રકાશના પરાવર્તન અને વક્રીભવન મેઘધનુષ્યની રચના, તારાઓનું ટમટમવું અને મરીચિકા(મૃગજળ)ની રચના જેવી પ્રાકૃતિક ઘટનાઓ સમજવા માટે ઘણા ઉપયોગી છે. આ પ્રકરણમાં તમે પ્રકાશના વક્રીભવન (refraction), વિભાજન (dispersion) અને પ્રકીર્ણન (scattering) આધારિત કેટલીક પ્રાકૃતિક ઘટનાઓનો અભ્યાસ કરવાના છો.

3.2 કાચના પ્રિઝમ વડે શ્વેત પ્રકાશનું વિભાજન (Dispersion of White Light through a Glass Prism)

ચોમાસાની ઋતુમાં મેઘધનુષ્યનું રચાવું એ ઘટના ''શ્વેત પ્રકાશ સાત રંગોનો બનેલો છે'' તેમ સૂચવે છે.

શ્વેત પ્રકાશનું સાત રંગોમાં થતું વિભાજન સમજવા માટે નીચે જણાવેલી પ્રવૃત્તિ ધ્યાનમાં લો :

પ્રવૃત્તિ 1

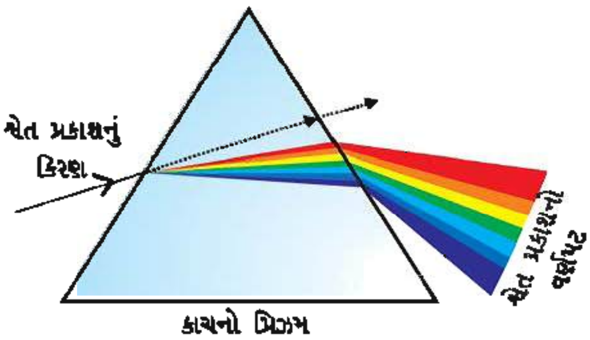
- એક કાચનો પ્રિઝમ લો.
- પ્રિઝમની એક સપાટી પર સાંકડી સ્લિટ દ્વારા સૂર્યપ્રકાશ આપાત કરો.
- સૂર્યપ્રકાશ પ્રિઝમમાંથી નિર્ગમન પામી પડદા પર ઝીલાય ત્યાં સુધી પ્રિઝમને ધીમેથી ફેરવો.

  તમે શું અવલોકન કરો છો ?

તમને ભિન્ન રંગોના સુંદર પટ્ટા પડદા પર જોવા મળશે. પ્રિઝમ શ્વેત આપાત પ્રકાશનું સાત રંગોમાં ''જાંબલી, નીલો, વાદળી, લીલો, પીળો, નારંગી, રાતો'' નીચેથી ઉપરના ક્રમમાં આકૃતિ 3.1માં દર્શાવ્યા મુજબ વિભાજન કરે છે. રંગોનો આ ક્રમ યાદ રાખવા માટે ટૂંકું સ્વરૂપ (acronym) ''જાનીવાલીપીનારા'' ઉપયોગી છે.

શ્વેત પ્રકાશના વિભાજન દ્વારા મળતા રંગોના પટ્ટાને વર્ણપટ (spectrum) કહે છે.

શ્વેત પ્રકાશનું તેના ઘટક રંગોમાં વિભાજન થવાની ઘટનાને પ્રકાશનું વિભાજન (dispersion of light) કહે છે.



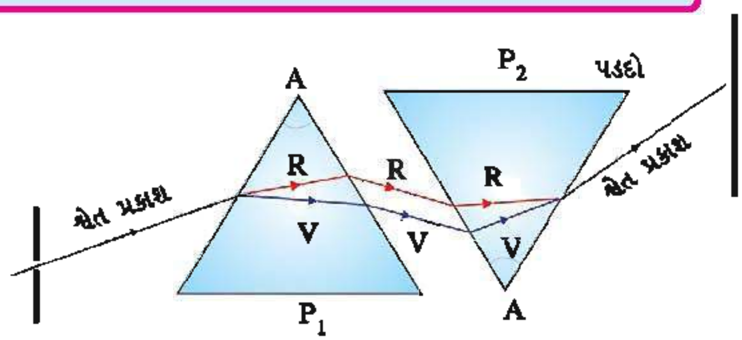
આકૃતિ 3.1 : પ્રિઝમ વડે શ્વેત પ્રકાશનું વિભાજન

શૂન્યાવકાશમાં શ્વેત પ્રકાશના બધા જ ઘટક રંગોનો વેગ એકસરખો હોય છે. પરંતુ જ્યારે તે કાચ, પાણી, ગ્લિસરીન જેવા પારદર્શક માધ્યમમાંથી પસાર થાય ત્યારે તેના ભિન્ન ઘટક રંગોનું ભિન્ન કોણે વિચલન (deviation) થવાથી તેમના વેગ બદલાય છે. પારદર્શક માધ્યમમાં જાંબલી રંગના પ્રકાશનું મહત્તમ અને લાલ રંગના પ્રકાશનું ન્યૂનતમ વિચલન થાય છે (આકૃતિ 3.1). કારણ કે માધ્યમમાં લાલ રંગના પ્રકાશનો વેગ મહત્તમ અને જાંબલી રંગના પ્રકાશનો વેગ ન્યૂનતમ હોય છે. આમ, શ્વેત પ્રકાશના ઘટક રંગોનું જુદા જુદા કોણે વક્રીભવન થવાથી શ્વેત પ્રકાશનું વિભાજન થાય છે અને પડદા પર વર્ણપટ જોવા મળે છે. આ જ પ્રમાણે સાત ઘટક રંગોનું પુનઃસંયોજન (recombination) કરી શ્વેત પ્રકાશ મેળવી શકાય છે, જે નીચેની પ્રવૃત્તિ દ્વારા સમજી શકાય છે.

પ્રવૃત્તિ 2

- સમાન પ્રિઝમકોણ ધરાવતા બે પ્રિઝમ P_1 અને P_2 લો.
- તેમને આકૃતિ 3.2માં દર્શાવ્યા મુજબ ગોઠવો.
- હવે શ્વેત પ્રકાશનું સાંકડું કિરણપુંજ પ્રિઝમ P_1ની એક સપાટી પર આપાત થવા દો.
- પ્રિઝમ P_2 પરથી નિર્ગમન પામતા પ્રકાશના કિરણપુંજનું નજીકની દીવાલ અથવા પડદા પર અવલોકન કરો.
- તમારું અવલોકન જણાવો.

આકૃતિ 3.2માં દર્શાવ્યા મુજબ, પ્રથમ પ્રિઝમ P_1 શ્વેત પ્રકાશનું સાત ઘટક રંગોમાં વિભાજન કરે છે. બીજો પ્રિઝમ P_2 આ સાત રંગોનું શ્વેત પ્રકાશના કિરણપુંજમાં પુનઃસંયોજન કરે છે. આથી પડદા પર પુનઃ શ્વેત પ્રકાશ મેળવી શકાય છે.



આકૃતિ 3.2 : શ્વેત પ્રકાશના વર્ણપટનું પુનઃ સંયોજન

આ પ્રયોગ દ્વારા ન્યૂટને પ્રસ્થાપિત કર્યું કે શ્વેત પ્રકાશ એ સાત ઘટક રંગોનો બનેલો છે.

આમ, પ્રકાશીય વિભાજનની ઘટના દ્વારા શ્વેત પ્રકાશનું બંધારણ સમજી શકાય છે.

3.3 પદાર્થોના રંગોનો પ્રાથમિક ખ્યાલ (Primary Concept of Colours of Objects)

આપણી આંખ દ્વારા અનુભવાતું રંગોનું સંવેદન આપણી આંખમાં પ્રવેશતા પ્રકાશના રંગ પર આધાર રાખે છે. પ્રિઝમ દ્વારા મળતાં શ્વેત પ્રકાશના વર્ણપટનું સાત રંગના પટ્ટા તરીકે, પાંદડું લીલા રંગનું અને ગુલાબ લાલ રંગના પ્રકાશ તરીકે આપણી આંખમાં પ્રવેશવું તે જાણીતા ઉદાહરણો છે.

આપણને પદાર્થો રંગીન શાથી દેખાય છે તે સમજવા માટે નીચેની પ્રવૃત્તિ ધ્યાનમાં લઈએ :

પ્રવૃત્તિ 3

- શ્વેત પ્રકાશનું ઉત્સર્જન કરતી ટૉર્ચ લો.
- વાદળી, લાલ અને લીલા રંગની કાચની તકતી અથવા તેવા પારદર્શક કાગળ લો.
- લીલા રંગની તકતીમાંથી શ્વેત પ્રકાશ પસાર કરી લીલા રંગનો પ્રકાશ મેળવો. તેને લીલા રંગની વસ્તુ (દા.ત., લીલું પાંદડું) પર આપાત કરો, જે લીલા રંગની દેખાશે.
- હવે આ જ પ્રમાણે વાદળી અને લાલ રંગના પ્રકાશ મેળવી તેમને આ જ લીલા રંગની વસ્તુ પર આપાત કરો, જે કાળા રંગની દેખાશે.
- હવે લાલ રંગના પદાર્થનું વાદળી અને લીલા રંગના પ્રકાશમાં અવલોકન કરો. વાદળી રંગના પદાર્થનું લીલા અને લાલ રંગના પ્રકાશમાં અવલોકન કરો, તે પણ કાળા રંગના દેખાશે.

જ્યારે પ્રકાશ પદાર્થ પર આપાત થાય છે ત્યારે પ્રકાશના અમુક રંગોનું શોષણ અને અમુક રંગોનું પદાર્થ પરથી પરાવર્તન થાય છે. પદાર્થ પરથી પરાવર્તન પામતો પ્રકાશનો રંગ તે પદાર્થનો રંગ નક્કી કરે છે. જ્યારે શ્વેત પ્રકાશ લીલા પાંદડા પર આપાત થાય છે ત્યારે લીલા રંગ સિવાયના બધા જ રંગોનું શોષણ થાય છે અને લીલા રંગનું પરાવર્તન થાય છે. આથી પાંદડું લીલું દેખાય છે. આવા જ કારણથી ગુલાબનો રંગ પણ લાલ જોવા મળે છે.

હવે જ્યારે લીલા રંગનો પ્રકાશ લાલ રંગના ગુલાબ પર આપાત થાય છે ત્યારે તેનું શોષણ થાય છે અને તેમાંથી કોઈ જ રંગના પ્રકાશનું પરાવર્તન થતું ન હોવાથી તે કાળું દેખાય છે.

જ્યારે પદાર્થ કાળા રંગનો દેખાય ત્યારે પ્રકાશના કોઈ પણ ઘટક રંગનું પરાવર્તન થતું નથી.

જ્યારે બધા જ ઘટક રંગોનું પદાર્થ પરથી પરાવર્તન થાય ત્યારે તે સફેદ રંગનો દેખાય છે.

3.3.1 પ્રકાશના પ્રાથમિક રંગો અને તેમનું સંપાતીકરણ (Primary Colours of Light and their Superposition) :

આપણે શ્વેત પ્રકાશના વિભાજનમાં જોયું કે શ્વેત પ્રકાશને સાત ઘટક રંગો હોય છે અને તેમના પુનઃસંયોજનથી શ્વેત પ્રકાશ પ્રાપ્ત થાય છે.

જો કે શ્વેત પ્રકાશ મેળવવા માટે આ બધા જ ઘટક રંગોનું સંયોજન કરવું જરૂરી નથી. ફક્ત લાલ, લીલા અને વાદળી રંગનું યોગ્ય પ્રમાણમાં સંયોજન પણ શ્વેત પ્રકાશ આપે છે.

આથી લાલ, લીલો અને વાદળી રંગ શ્વેત પ્રકાશના પ્રાથમિક રંગો (Primary Colours) કહેવાય છે.

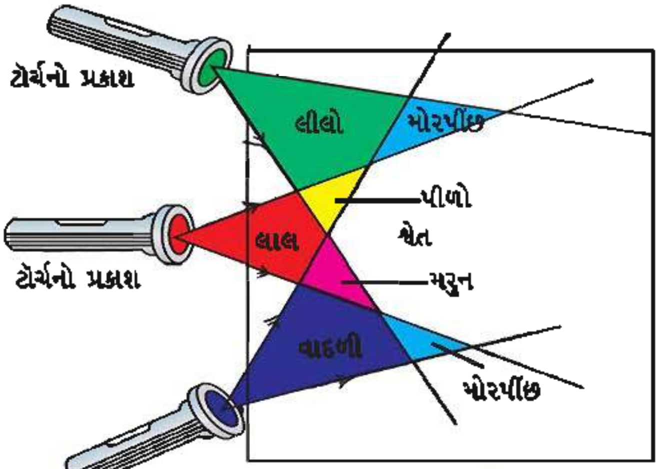
આમ, પ્રાથમિક રંગોનું યોગ્ય પ્રમાણમાં મિશ્રણ કરીને વિવિધ રંગો મેળવવાની આ પદ્ધતિને યૌગિક મિશ્રણ પદ્ધતિ (additive mixture method) કહે છે. આ રીતે પ્રાથમિક રંગોના મિશ્રણથી મળતા રંગોને સંમિશ્રિત (composite) રંગો કહે છે. આ સંમિશ્રિત રંગો કેવી રીતે મેળવવામાં આવે છે તે જાણવા માટે નીચેની પ્રવૃત્તિ ધ્યાનમાં લઈએ :

પ્રવૃત્તિ 4

- ત્રણ ટૉર્ચ તથા લાલ, લીલા અને વાદળી રંગની કાચની પારદર્શક તકતી લઈ આ ત્રણે રંગોનાં પ્રકાશ મેળવો.
- એક ટેબલ પર સફેદ કાગળ મૂકો. હવે ત્રણેય ટૉર્ચને ટેબલ પર સમક્ષિતિજ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી સફેદ કાગળ પર ત્રણેય રંગના લિસોટા દેખાય. (આકૃતિ 3.3)

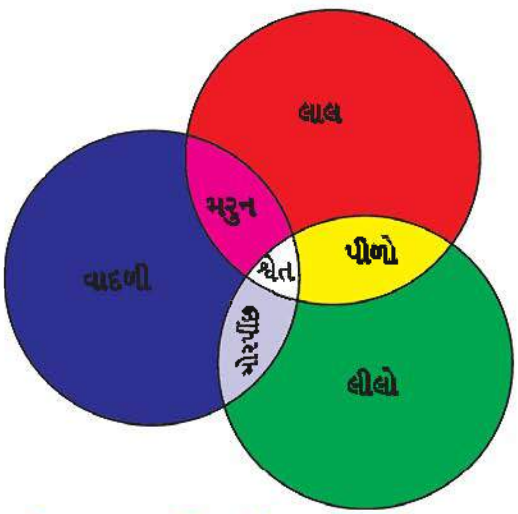
તમે અવલોકન કરશો કે,

- સફેદ કાગળ પરના જે ભાગ પર ત્રણેય રંગના લિસોટા (patches) સંપાત થાય છે તે શ્વેત દેખાશે.
- કાગળ પરના જે ભાગ પર વાદળી અને લીલો રંગ સંપાત થાય છે તે ભાગ મોરપીંછ (cyan) રંગનો દેખાશે.
- જે ભાગ પર લાલ અને વાદળી રંગ સંપાત થાય છે તે મરુન (magenta) અને જે ભાગ પર લાલ અને લીલો રંગ સંપાત થાય છે તે પીળા (yellow) રંગનો દેખાશે.



આકૃતિ 3.3 : પ્રાથમિક રંગોનું સંપાતીકરણ

આમ, પ્રાથમિક રંગોનું મિશ્રણ કરીને આકૃતિ 3.4 અને ટેબલ 3.1માં દર્શાવ્યા મુજબ વિભિન્ન રંગોની છાયા (shades) મેળવી શકાય છે.



આકૃતિ 3.4 : પ્રાથમિક રંગોના પ્રકાશનું મિશ્રણ

ટેબલ 3.1 : પ્રાથમિક અને સંમિશ્રિત રંગોનું સંપાતીકરણ

ક્રમ	મિશ્રણના રંગો	પરિણામી રંગ
(1)	લાલ, વાદળી	મરુન
(2)	વાદળી, લીલો	મોરપીંછ
(3)	લાલ, લીલો	પીળો
(4)	લાલ, લીલો, વાદળી	શ્વેત
(5)	વાદળી, પીળો	શ્વેત
(6)	લીલો, મરુન	શ્વેત
(7)	લાલ, મોરપીંછ	શ્વેત

જે બે રંગોનું મિશ્રણ શ્વેત રંગનો પ્રકાશ ઉત્પન્ન કરે છે તે બે રંગોને પૂરક રંગો (complementary colours) કહે છે.

ટેબલ 3.1 પરથી વાદળી અને પીળો, લીલો અને મરુન, લાલ અને મોરપીંછ એકબીજાના પૂરક રંગો છે.

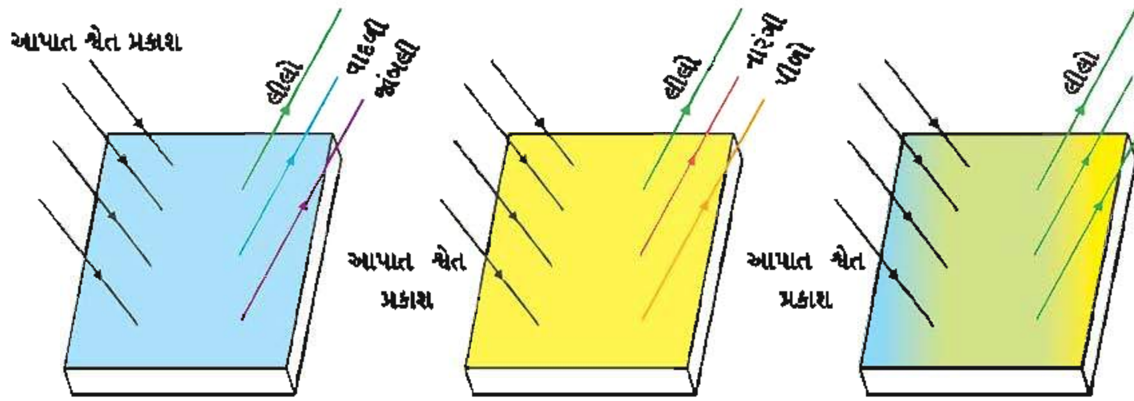
પ્રાથમિક રંગોના પ્રકાશનું વિવિધ માત્રામાં મિશ્રણ કરવાથી રંગોનો સમગ્ર વર્ણપટ મેળવી શકાય છે તે નોંધશો. આ તકનિક(technique)નો ઉપયોગ કલર ટેલિવિઝન, કમ્પ્યૂટર વગેરેમાં રંગીન દશ્યો ઉત્પન્ન કરવા માટે થાય છે.

રંગો અને વર્ણકો (Colours and Pigments) :

કલરકામ માટે વપરાતા રંગીન પદાર્થોને વર્ણકો કહેવામાં આવે છે. ચિત્રકામ કરવા અને ઈમારતો રંગવા માટે વપરાતા રંગો વર્ણકોના જાણીતા ઉદાહરણો છે.

મરુન, પીળો અને મોરપીંછ પ્રાથમિક વર્ણકો છે.

જેમ પ્રકાશના પ્રાથમિક રંગોનું યૌગિક પદ્ધતિથી મિશ્રણ કરવાથી શ્વેત પ્રકાશ ઉત્પન્ન થાય છે, તેમ પ્રાથમિક વર્ણકોનું યૌગિક પદ્ધતિથી મિશ્રણ કરવાથી શ્વેત વર્ણક મળતો નથી. વિવિધ વર્ણકો ઉત્પન્ન કરવા માટે વર્ણકોનું વિયોગિક (substractive) પદ્ધતિથી મિશ્રણ કરવામાં આવે છે.



આકૃતિ 3.5 : વર્ણકોમાંથી પ્રકાશનું પરાવર્તન

આકૃતિ 3.5 (a)માં દર્શાવ્યા મુજબ જ્યારે શ્વેત પ્રકાશને વાદળી રંગના વર્ણક પર આપાત કરવામાં આવે છે ત્યારે લીલા, વાદળી અને જાંબલી રંગના પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે અને બાકીના રંગોના પ્રકાશનું શોષણ થાય છે. જ્યારે શ્વેત પ્રકાશને પીળા રંગના વર્ણક પર આપાત કરવામાં આવે છે ત્યારે લીલા, નારંગી અને પીળા રંગના પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે (આકૃતિ 3.5 (b)). આમ, લીલા રંગના પ્રકાશનું પીળા અને વાદળી રંગના વર્ણકો વડે શોષણ થતું નથી.

આથી જો વાદળી અને પીળા રંગના વર્ણક મિશ્ર કરવામાં આવે તો ફક્ત લીલા રંગના પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે (આકૃતિ 3.5 (c)). આમ, વિયોગિક મિશ્રણ પદ્ધતિથી વિવિધ વર્ણકો મેળવવામાં આવે છે.

3.4 માનવઆંખ (Human Eye)

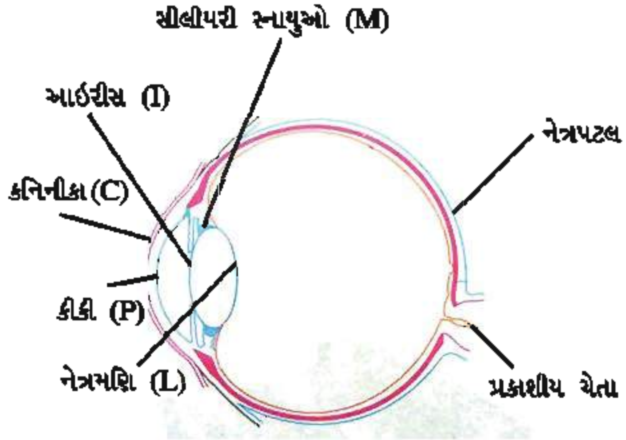
માનવઆંખ કુદરતનું એક શ્રેષ્ઠ પ્રકાશીય ઉપકરણ છે કે જેની રચનાને કેમેરા સાથે સરખાવી શકાય છે. આંખો દ્વારા આપણે આસપાસની અદ્ભુત દુનિયા નિહાળી શકીએ છીએ.

માનવઆંખની તેના મુખ્ય ભાગોના નિર્દેશન સહિતની સરળ રેખાકૃતિ આકૃતિ 3.6માં દર્શાવેલી છે.

વસ્તુમાંથી આવતા પ્રકાશના કિરણો સૌપ્રથમ કનિનીકા (cornea) દ્વારા આપણી આંખમાં પ્રવેશે છે. કનિનીકાની પાછળ આવેલા સ્નાયુમય બંધારણને આઈરીસ (iris) કહે છે, જે આંખમાં પ્રવેશતા પ્રકાશના જથ્થાને નિયંત્રિત કરે છે. કનિનીકાની પાછળ કેન્દ્રમાં રહેલ આંખનું દર્પણમુખ કીકી (pupil) તરીકે ઓળખાય છે, જેને નાની-મોટી કરવાનું કામ આઈરીસ (iris)

કરે છે. કીકીમાંથી પસાર થઈ પ્રકાશનાં કિરણો નેત્રમણિ (eye lens) તરીકે ઓળખાતા જેલી જેવા સ્થિતિસ્થાપક પદાર્થ પર આપાત થાય છે. નેત્રમણિને તેના સ્થાનમાં જકડી રાખતા સ્નાયુમય બંધારણને સીલીયરી સ્નાયુઓ (cilliary muscles) કહે છે. તે નેત્રમણિની જાડાઈમાં ફેરફાર કરી તેની કેન્દ્રલંબાઈ બદલી શકે છે.

નેત્રમણિ દ્વારા વક્રીભવન પામીને આંખના જે સ્થાનમાં વસ્તુનું પ્રતિબિંબ રચાય તેને નેત્રપટલ (retina) કહે છે. જ્યારે પ્રકાશનાં કિરણો નેત્રપટલ પર પડે ત્યારે તેમાં રહેલા પ્રકાશ સંવેદિત કોષો વિદ્યુત સંદેશા (electrical signals) ઉત્પન્ન કરે છે. આ સંદેશા પ્રકાશીય ચેતા (optic nerve) દ્વારા મગજને મોકલવામાં આવે છે જ્યાં વસ્તુના પ્રતિબિંબની ઓળખ થાય છે.



આકૃતિ 3.6 : માનવ આંખની રચના

આંખની સમાવેશ ક્ષમતા (Accomodation Power of an Eye)

સીલીયરી સ્નાયુઓ માનવઆંખના લેન્સની વક્રતામાં અમુક હદ સુધી જ ફેરફાર કરી શકે છે. આંખના લેન્સની વક્રતામાં ફેરફાર થવાથી તેની કેન્દ્રલંબાઈ બદલાય છે. સ્નાયુઓની સામાન્ય સ્થિતિમાં લેન્સ પાતળો હોય છે અને તેની કેન્દ્રલંબાઈ વધારે હોય છે. આથી આંખ દૂરની વસ્તુ નિહાળવા માટે સક્ષમ બને છે. જ્યારે સીલીયરી સ્નાયુઓનું સંકોચન થાય ત્યારે આંખના લેન્સની વક્રતામાં વધારો થવાથી કેન્દ્રલંબાઈમાં ઘટાડો થાય છે અને નજીકની વસ્તુને સ્પષ્ટ રીતે જોવા માટે સક્ષમ બને છે.

જરૂરિયાત મુજબ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ ગોઠવવાની આંખની ક્ષમતાને આંખની સમાવેશ ક્ષમતા (Accomodation power of an eye) કહે છે.

જે લઘુતમ અંતરે આંખના લેન્સના સંકોચન કર્યા સિવાય વસ્તુને સ્પષ્ટરૂપે જોઈ શકાય તે અંતરને સ્પષ્ટ દૃષ્ટિ અંતર (least distance of distinct vision) કહે છે. આ અંતરને આંખનું નજીકબિંદુ (near point) પણ કહે છે. સામાન્ય દૃષ્ટિ ધરાવતા પુખ્ત યુવા માટે આ અંતરનું મૂલ્ય 25 cm જેટલું છે.

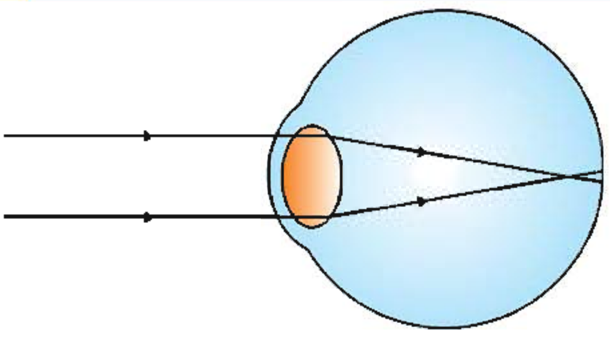
દૂરના જે અંતર સુધી આંખ વસ્તુને સ્પષ્ટ રીતે જોઈ શકે તે અંતરને આંખનું દૂરબિંદુ (far point of an eye) કહે છે. સામાન્ય દૃષ્ટિ ધરાવતી વ્યક્તિ માટે દૂરબિંદુ અનંત અંતરે હોય છે.

આમ, સામાન્ય દૃષ્ટિ ધરાવતી વ્યક્તિ 25 cmથી અનંત અંતરની વસ્તુઓ સ્પષ્ટ રીતે જોઈ શકે છે.

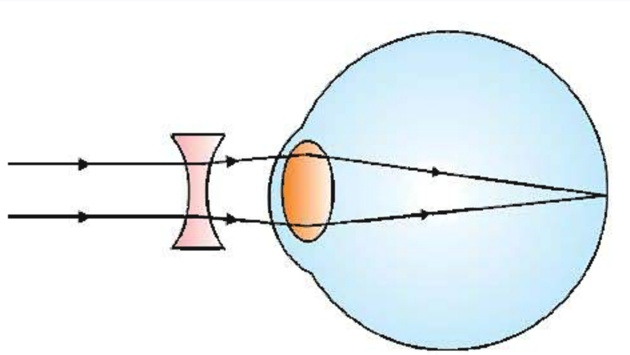
દૃષ્ટિની ખામીઓ અને તેનું નિવારણ (Defects of Vision and its Remedies)

તમે જાણો છો કે વસ્તુમાંથી આવતા પ્રકાશના કિરણો આંખના લેન્સમાંથી પસાર થઈ નેત્રપટલ (retina) પર પ્રતિબિંબ રચે છે. વસ્તુનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ જોવા માટે તેનું પ્રતિબિંબ ચોક્કસ રીતે નેત્રપટલ (retina) પર રચાવું જરૂરી છે. જ્યારે સીલીયરી સ્નાયુઓ આંખના લેન્સની જાડાઈ જરૂરિયાત પ્રમાણે બદલી ન શકે ત્યારે દૃષ્ટિની ખામી ઉદ્ભવે છે. મનુષ્યમાં સામાન્ય રીતે મુખ્યત્વે ત્રણ પ્રકારની દૃષ્ટિની ખામી ઉદ્ભવતી હોય છે : (i) લઘુદૃષ્ટિની ખામી (near sightedness) અથવા માયોપીઆ (myopia) (ii) ગુરુદૃષ્ટિની ખામી (far sightedness) અથવા હાઈપર મેટ્રોપીઆ (hypermetropia) (iii) પ્રેસ બાયોપિઆ (presbyopia)

(i) લઘુદૃષ્ટિની ખામી (Myopia) : જો આંખનો લેન્સ જરૂરિયાત મુજબ પાતળો થઈ શકતો ન હોય તો દૂરની વસ્તુમાંથી આવતા પ્રકાશના કિરણો આંખના લેન્સમાંથી વક્રીભવન પામી નેત્રપટલ કરતાં ઓછા અંતરે કેન્દ્રિત થાય છે. આથી દૂરની વસ્તુ સ્પષ્ટપણે જોઈ શકાતી નથી. આંખની દૃષ્ટિની આ પ્રકારની ખામીને લઘુદૃષ્ટિની ખામી અથવા માયોપીઆ કહે છે (આકૃતિ 3.7). જોકે નજીકની વસ્તુ સ્પષ્ટ દેખાય છે. આ પ્રકારની ખામી યોગ્ય પાવરના અંતર્ગોળ લેન્સ વડે આકૃતિ 3.8માં દર્શાવ્યા મુજબ નિવારી શકાય છે.

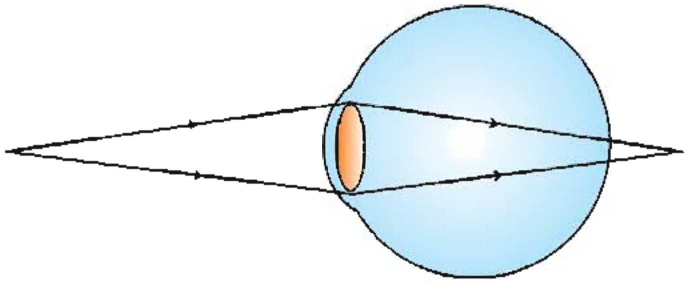


આકૃતિ 3.7 : લઘુદૃષ્ટિની ખામી

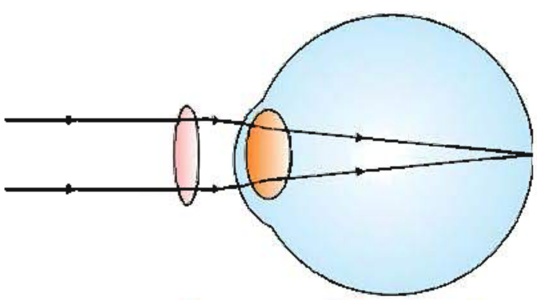


આકૃતિ 3.8 : અંતર્ગોળ લેન્સ વડે લઘુદૃષ્ટિની ખામીનું નિવારણ

(ii) ગુરુદૃષ્ટિની ખામી (Hypermetropia) : જો આંખનો લેન્સ જરૂરિયાત મુજબ જાડો થઈ શકતો ન હોય તો નજીકની વસ્તુમાંથી આવતા પ્રકાશના કિરણો આંખના લેન્સ દ્વારા વક્રીભવન પામી નેત્રપટલના પાછળના ભાગમાં કેન્દ્રિત થાય છે. આથી નજીકની વસ્તુ સ્પષ્ટ રીતે જોઈ શકાતી નથી. આંખની દૃષ્ટિની આ પ્રકારની ખામીને ગુરુદૃષ્ટિની ખામી (far sightedness) અથવા હાઈપર મેટ્રોપીઆ કહે છે (આકૃતિ 3.9). જોકે દૂરની વસ્તુને સ્પષ્ટ રીતે જોઈ શકાય છે. આ પ્રકારની ખામીનું યોગ્ય પાવરના બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરીને નિવારણ કરવામાં આવે છે.



આકૃતિ 3.9 : ગુરુદૃષ્ટિની ખામી



આકૃતિ 3.10 : બહિર્ગોળ લેન્સ વડે ગુરુદૃષ્ટિની ખામીનું નિવારણ

(iii) પ્રેસ બાયોપિઆ (Presbyopia) : સામાન્ય રીતે ઉંમર વધતા આંખની સમાવેશ ક્ષમતામાં ઘટાડો થાય છે. મોટાભાગની વ્યક્તિઓમાં આંખનું નજીકબિંદુ દૂર ધકેલાય છે જેને લીધે નજીકની વસ્તુને ચશ્મા વિના જોવામાં મુશ્કેલી પડે છે. કેટલીક વાર ચશ્મા વિના તેમને દૂરની વસ્તુ જોવામાં પણ મુશ્કેલી ઉદ્ભવે છે. આંખની આ પ્રકારની ખામી આંખના સીલીયરી સ્નાયુઓ નબળા પડવાથી અને આંખના લેન્સની સ્થિતિસ્થાપકતા ઓછી થવાથી ઉદ્ભવે છે. જેને પ્રેસ બાયોપિઆ કહે છે. આ પ્રકારની ખામીનું બાયફોકલ (દ્વિકેન્દ્રી) લેન્સ વડે નિવારણ કરવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે બાયફોકલ લેન્સનો ઉપરનો ભાગ અંતર્ગોળ લેન્સનો અને નીચેનો ભાગ બહિર્ગોળ લેન્સનો બનેલો હોય છે.

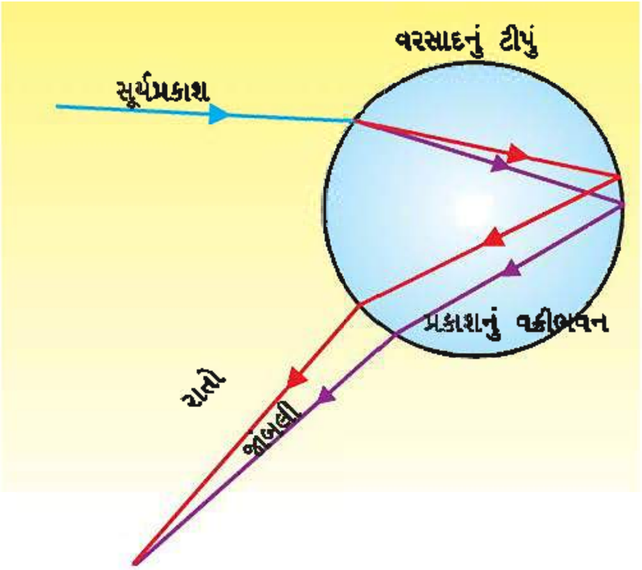
હાલના સમયમાં દૃષ્ટિની ખામીનું નિવારણ કરવા માટે કોન્ટેક્ટ લેન્સનો તેમજ લેસર (laser) આધારિત સર્જરીનો બહોળા પ્રમાણમાં ઉપયોગ થાય છે.

જ્યારે મોટી ઉંમરની વ્યક્તિની આંખના લેન્સમાં દૂધિયા રંગનું અને વાદળછાયું પડ જામી જાય છે ત્યારે તેઓ અંશતઃ અથવા સંપૂર્ણ દૃષ્ટિ ગુમાવે છે. આંખની આ પ્રકારની પરિસ્થિતિને મોતિયો (cataract) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. જેને સર્જરી દ્વારા દૂર કરી શકાય છે.

3.5 મેઘધનુષ્યની રચના (Formation of Rainbow)

મેઘધનુષ્ય વરસાદી ઋતુમાં આકાશમાં દૃશ્યમાન થતો પ્રાકૃતિક વર્ણપટ છે. તે વાતાવરણમાં રહેલા પાણીના સૂક્ષ્મ ટીપાંઓ દ્વારા થતા સૂર્યપ્રકાશના વિભાજનને કારણે રચાય છે. મેઘધનુષ્ય હંમેશા આકાશમાં સૂર્યની વિરુદ્ધ દિશામાં રચાય છે. અહીં પાણીનાં ટીપાંઓ નાના પ્રિઝમ તરીકે વર્તે છે. તે આપાત પ્રકાશનું પ્રથમ વિભાજન, ત્યારબાદ તેમનું આંતરિક

પરાવર્તન (પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન જ હોવું જરૂરી નથી.) (internal reflection) અને અંતે વરસાદના ટીપાંમાંથી ફરી બહાર આવતા વક્રીભવન કરે છે. આ ઘટના આકૃતિ 3.11માં દર્શાવેલી છે.



આકૃતિ 3.11 : મેઘધનુષ્યની રચના

પ્રકાશના થતા વિભાજન અને આંતરિક પરાવર્તનને લીધે પ્રકાશના ભિન્ન રંગો આપણી આંખમાં પ્રવેશે છે. તેમને નીચેથી ઉપરના ક્રમમાં જોતાં જાંબલીથી લાલ તરફના રંગો દેખાય છે, જેને પ્રાથમિક મેઘધનુષ્ય કહે છે.

તમે કેટલીક વાર આકાશમાં બે મેઘધનુષ્ય પણ જોયા હશે, જે પૈકી ઉપરના મેઘધનુષ્યમાં રંગોનો ક્રમ નીચેના પ્રાથમિક મેઘધનુષ્ય કરતાં ઊલટા ક્રમનો હોય છે, જેને ગૌણ મેઘધનુષ્ય (secondary rainbow) કહે છે.

જો તમે તડકામાં સૂર્ય તમારી પાછળ રહે તેવી રીતે પાણીના ધોધને જુઓ તો પણ મેઘધનુષ્ય દેખાઈ શકે.

3.6 વાતાવરણીય વક્રીભવન (Atmospheric Refraction)

પૃથ્વીના વાતાવરણની ઘનતા (atmospheric density) દરેક સ્થાને અસમાન હોય છે, કેમ કે તે ભિન્ન ઘનતાવાળા વિવિધ સ્તરોનું બનેલું છે. પૃથ્વીથી ઓછી ઊંચાઈએ રહેલું સ્તર, વધુ ઊંચાઈએ રહેલા સ્તર કરતાં વધુ ઘનતા ધરાવે છે. આને પરિણામે નીચેથી ઉપર તરફ જતા વક્રીભવનાંક સતત ઘટે છે. અહીં વક્રીભવનકારક માધ્યમ(વાતાવરણની હવા)ની ભૌતિક પરિસ્થિતિ પણ સ્થિર ન હોવાથી વસ્તુનું દૃશ્યમાન સતત બદલાયા કરે છે. આ અસરને પૃથ્વીના વાતાવરણ દ્વારા થતું વક્રીભવન અથવા વાતાવરણીય વક્રીભવન (atmospheric refraction) કહે છે.

આ અસરને લીધે તારાઓનું ટમટમવું અને સૂર્યોદય વહેલો થવો તેમજ સૂર્યાસ્ત મોડો થવો જેવી ઘટનાઓ પરિણમે છે.

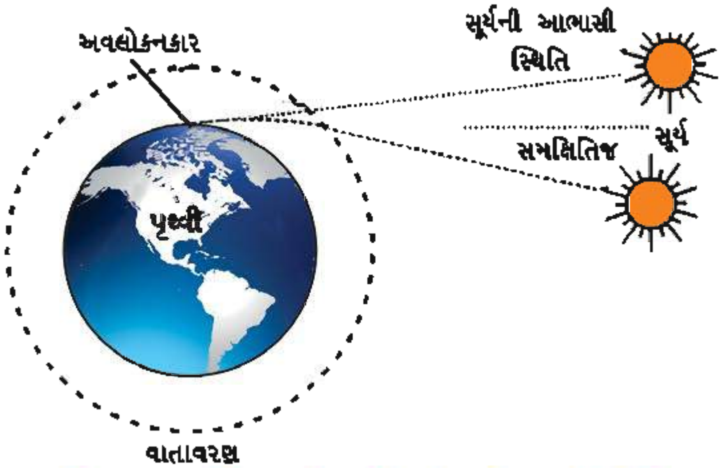
તારાઓનું ટમટમવું (Twinkling of Stars) :

તારાઓ પૃથ્વીથી ઘણાં દૂર રહેલા હોવાથી તેમને પ્રકાશનાં બિંદુવત્ ઉદ્‌ગમો ગણી શકાય. જ્યારે તારાનો પ્રકાશ વાતાવરણમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે તે વક્રીભવનને લીધે આપણી આંખમાં પ્રવેશે ત્યાં સુધી સતત લંબ તરફ વાંકો વળતો રહે છે, જેથી તેનું દૃશ્યમાન સ્થાન તેના મૂળ સ્થાન કરતાં થોડુંક ઉપર દેખાય છે. હવાની ગતિવિધિ અને તાપમાનમાં થતાં ફેરફારને લીધે વાતાવરણનો વક્રીભવનાંક સતત અને અસ્તવ્યસ્ત રીતે બદલાયા કરે છે. આથી તારાનું દેખીતું સ્થાન સ્થિર હોતું નથી પરંતુ થોડુંક બદલાયા કરે છે, માટે તારાઓ ટમટમતાં જોવા મળે છે (આકૃતિ 3.12).

આકૃતિ 3.12 : તારાઓનું ટમટમવું

ગ્રહો તારાઓની સરખામણીમાં પૃથ્વીથી વધુ નજીક હોય છે. આથી તેઓ પ્રકાશનાં વિસ્તૃત ઉદ્‌ગમ (extended source) તરીકે વર્તે છે. એટલે કે તેમને ઉદ્‌ગમોના સમૂહ તરીકે ગણવામાં આવે છે, જેને લીધે ગ્રહોના ટમટમવાની અસર નાબૂદ થાય છે અને ગ્રહો ટમટમતાં નથી.

વહેલો સૂર્યોદય અને સૂર્યાસ્તનો વિલંબ (Early Sunrise and Delayed of Sunset) :



આકૃતિ 3.13 : સૂર્યોદય સમયે સૂર્યની ખરી અને આભાસી સ્થિતિ

પ્રકાશના વાતાવરણમાંના વક્રીભવનને લીધે આપણને સૂર્ય તેના ખરેખર સૂર્યોદય કરતાં બે મિનિટ વહેલો અને ખરેખર સૂર્યાસ્ત બાદ બે મિનિટ સુધી વધુ જોવા મળે છે.

ખરેખર સૂર્યોદય એટલે સૂર્યનું વાસ્તવમાં ક્ષિતિજ પર પ્રગટ થવું. આકૃતિ 3.13માં સૂર્યની ક્ષિતિજને અનુલક્ષીને વાસ્તવિક અને દશ્યમાન સ્થિતિ દર્શાવી છે.

જ્યારે સૂર્ય ક્ષિતિજથી નીચે હોય ત્યારે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ સૂર્યકિરણ વાતાવરણમાં વક્રીભૂત થઈ આપણી આંખ સુધી પહોંચે છે. આથી સૂર્યોદય બે મિનિટ વહેલો થવાનો અહેસાસ થાય છે. આ જ પ્રમાણે સૂર્ય જ્યારે ક્ષિતિજથી નીચે જાય ત્યારે સૂર્યાસ્ત બાદ બે મિનિટ સુધી દેખાય છે.

આમ, વહેલા સૂર્યોદય અને મોડા સૂર્યાસ્તને લીધે દિવસ ચાર મિનિટ લાંબો બને છે.

3.7 પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન (Scattering of Light)

સૂક્ષ્મ કણો અને અણુઓ વડે બધી જ દિશામાં થતા પ્રકાશના વિખેરણની ઘટનાને પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન કહે છે.

પ્રકીર્ણન પામતા પ્રકાશનો રંગ પ્રકીર્ણનકર્તા કણોના પરિમાણ પર આધાર રાખે છે. અત્યંત બારીક કણો તેમનું પરિમાણ નાનું હોવાને લીધે મુખ્યત્વે નાની તરંગલંબાઈવાળા જેમ કે વાદળી રંગના પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન કરે છે. મોટું પરિમાણ ધરાવતા કણો મોટી તરંગલંબાઈના પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન કરે છે. જો પ્રકીર્ણન કર્તા કણોનું કદ વધુ મોટું હોય તો પ્રકીર્ણન પામતો પ્રકાશ શ્વેત દેખાય છે.

ટીંડલ અસર (Tyndall effect) :

પૃથ્વીનું આવરણ ધુમાડાનાં કણો, પાણીના સૂક્ષ્મ ટીપાં, ધૂળના આલંબિત કણો (suspended particles) અને હવાના અણુઓનું મિશ્રણ છે. જ્યારે પ્રકાશ આવા કલિલ કણો પર પડે ત્યારે પ્રકાશના વિખેરણની ઘટનાને લીધે પ્રકાશનું કિરણપુંજ દશ્યમાન બને છે. આ ઘટનાને ટીંડલ અસર કહે છે. આ કણો પરથી બધી જ દિશાઓમાં થતા પ્રકાશના વિખેરણ બાદ પ્રકાશના કિરણો આપણા સુધી પહોંચે છે.

જ્યારે સૂર્યપ્રકાશનું પાતળું કિરણપુંજ નાના છિદ્ર મારફતે ધુમાડાયુક્ત ઓરડામાં પ્રવેશે છે ત્યારે આ ઘટનાને લીધે કિરણપુંજનો માર્ગ દશ્યમાન થાય છે. જ્યારે સૂર્યપ્રકાશ ઘનજંગલમાં પ્રવેશે ત્યારે ભેજમાંના પાણીના સૂક્ષ્મ ટીપાંઓ વડે થતા પ્રકાશના પ્રકીર્ણનને લીધે પણ ટીંડલ અસર જોવા મળે છે. કેટલીક વખત મોટરસાઈકલમાં એન્જિન તેલના દહનને લીધે ઉદ્‌ભવતા ધુમાડાનો ભૂરો રંગ ટીંડલ અસરને આભારી છે. એરોસોલ (aerosol) અને બીજા કલિલ કણોના પરિમાણ અને ઘનતા શોધવા માટે આ અસરને વ્યવહારિક સ્તરે વિકસાવવામાં આવી છે.

સ્વચ્છ આકાશનો ભૂરો રંગ (Blue Colour of Clear Sky)

વાતાવરણમાં હવાના અણુઓ અને બીજા બારીક કણો દૃશ્યપ્રકાશની તરંગલંબાઈ કરતાં નાનાં પરિમાણ ધરાવે છે. આ કણો લાલ રંગની મોટી તરંગલંબાઈના દૃશ્યપ્રકાશ કરતાં ભૂરા રંગ તરફની નાની લંબાઈના દૃશ્યપ્રકાશના પ્રકીર્ણન માટે વધુ અસરકારક હોય છે. લાલ રંગના પ્રકાશની તરંગલંબાઈ ભૂરા રંગની તરંગલંબાઈ કરતાં આશરે 1.8 ગણી વધુ હોય છે. આમ, જ્યારે સૂર્યપ્રકાશ વાતાવરણમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે હવાના બારીક કણો ભૂરા રંગના પ્રકાશનું લાલ રંગના પ્રકાશ કરતાં વધુ સક્ષમ રીતે પ્રકીર્ણન કરે છે, જેથી આકાશ ભૂરું દેખાય છે. જો પૃથ્વીને વાતાવરણ ન હોત તો પ્રકીર્ણનની ગેરહાજરીમાં આપણને આકાશ અંધકારમય દેખાતું હોત.

ભયદર્શક સિગ્નલમાં પ્રકાશનો રંગ શા માટે લાલ રાખવામાં આવે છે ?

લાલ રંગના પ્રકાશનું ધુમ્મસ અથવા ધુમાડાની અસરને લીધે સૌથી ઓછું પ્રકીર્ણન થાય છે, જેથી તે દૂરના અંતર સુધી દૃશ્યમાન રહે છે. આથી તેનો ભયદર્શક સિગ્નલમાં ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

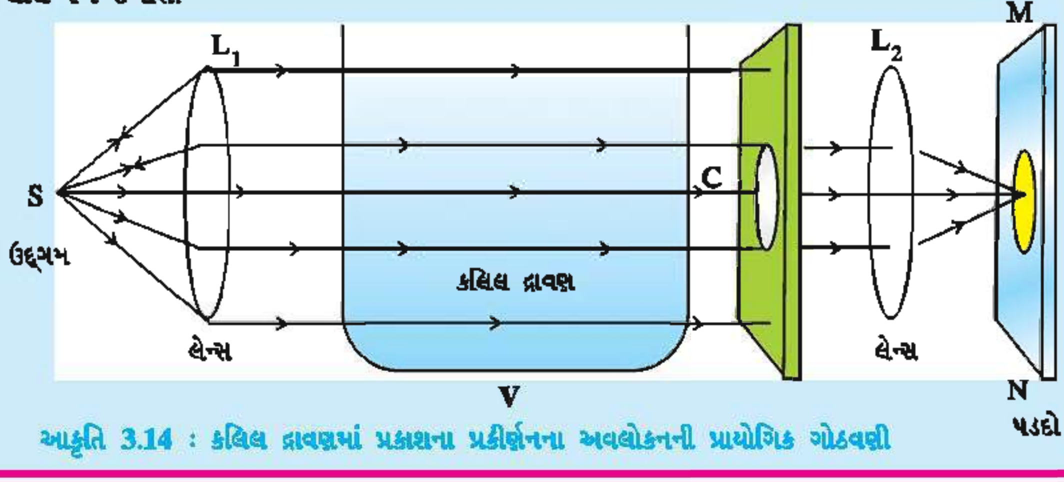
સૂર્યોદય અને સૂર્યાસ્ત સમયે સૂર્યનો રાતો રંગ (Reddish Colour of the Sun at Sunrise and Sunset) :

સૂર્યોદય અને સૂર્યાસ્ત સમયે સૂર્યનો રાતો રંગ સમજવા માટે નીચેની પ્રવૃત્તિ ધ્યાનમાં લઈએ :

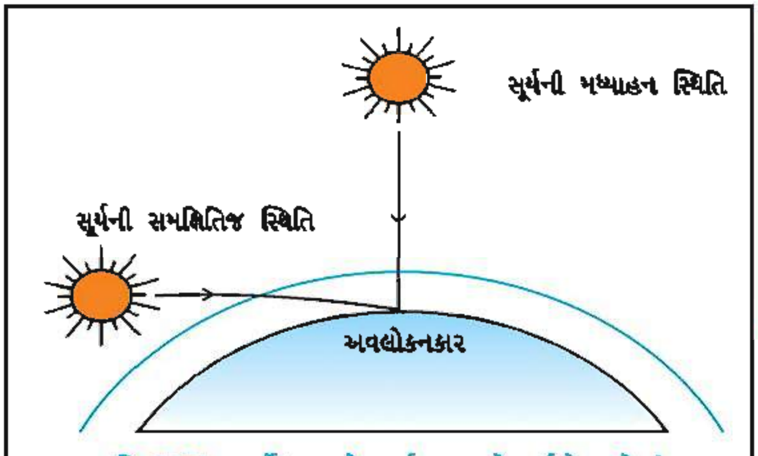
પ્રવૃત્તિ 5

- પ્રકાશનું સમાંતર કિરણપુંજ મેળવવા માટે આકૃતિ 3.14 પ્રમાણે બહિર્ગોળ લેન્સ (L_1) ના મુખ્ય કેન્દ્ર પર શ્વેત પ્રકાશનું ઉદ્‌ગમ (S) રાખો.
- પ્રકાશના કિરણને સ્વચ્છ પાણી ભરેલ કાચના પારદર્શક પાત્ર(V)માંથી પસાર કરો.
- હવે પ્રકાશના કિરણને નાના વર્તુળાકાર છિદ્ર(C)માંથી પસાર થવા દો અને બીજા બહિર્ગોળ લેન્સ (L_2) વડે વર્તુળાકાર છિદ્રનું પડદા પર સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ મેળવો.
- પાત્રમાંના 1 લિટર સ્વચ્છ પાણીમાં 100 g સોડિયમ થાયોસલ્ફેટને ઓગાળો. તેમાં 1થી 2 ml સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક એસિડ ઉમેરો.
- તમારું શું અવલોકન હશે ?

અમુક સમય બાદ તમને કાચના પાત્રની બાજુએથી જોતા ભૂરા રંગનો પ્રકાશ દેખાશે જ્યારે પડદા પર ચળકતો લાલ રંગ દેખાશે.



આકૃતિ 3.14 : કલિલ દ્રાવણમાં પ્રકાશના પ્રકીર્ણનના અવલોકનની પ્રાયોગિક ગોઠવણી



આકૃતિ 3.15 : સૂર્યોદય અને સૂર્યાસ્ત સમયે સૂર્યનો રાતો રંગ

આ પ્રવૃત્તિ પરથી તારણ મેળવી શકાય કે આપાત શ્વેત પ્રકાશ પૈકીના ભૂરા રંગ (નાની તરંગલંબાઈ)ના પ્રકાશનું વધુ પ્રમાણમાં પ્રકીર્ણન થતા પાત્રને બાજુએથી જોતા ભૂરા રંગનું દેખાય છે. જ્યારે લાલાશ રંગ(મોટી તરંગલંબાઈ)ના પ્રકાશનું ઓછું પ્રકીર્ણન થવાથી તે પડદા પર પહોંચે છે કે જેથી પડદો રતુંબડો દેખાય છે.

સૂર્યોદય વખતે સૂર્યમાંથી આવતા શ્વેત પ્રકાશને અવલોકનકાર સુધી પહોંચતાં પહેલાં પૃથ્વીના વાતાવરણમાં વધારે અંતર કાપવું પડે છે. આ દરમિયાન વાદળી (બ્લ્યૂ) રંગના પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન થતાં અવલોકનકાર પાસે રાતા રંગને અનુરૂપ પ્રકાશ પહોંચે છે અને સૂર્ય રતુંબડો દેખાય છે. આ જ પ્રમાણેની પરિસ્થિતિ સૂર્યાસ્ત વખતની હોય છે. ક્ષિતિજ પરથી ઉગતો કે આથમતો પૂનમનો ચંદ્ર પણ લાલાશપડતો હોવાનું કારણ આ જ છે.

માત્ર જાણકારી માટે

ડૉ. ચંદ્રશેખર વેંકટ રામને તેમનું "પ્રકાશના પ્રકીર્ણન" પરનું સંશોધનકાર્ય 28 ફેબ્રુઆરી, 1928ના રોજ રજૂ કર્યું. તેમને આ અગ્રેસર કાર્ય માટે 1930માં નોબેલ પારિતોષિક મળ્યું હતું. તે ભૌતિકશાસ્ત્રમાં નોબેલ પારિતોષિક મેળવનાર પ્રથમ ભારતીય વિજ્ઞાની હતા. તેમની યાદમાં ભારત સરકાર દ્વારા દર વર્ષે 28 ફેબ્રુઆરીના આ દિવસને રાષ્ટ્રીય વિજ્ઞાન દિવસ તરીકે ઉજવવામાં આવે છે.

વિવિધ પ્રકીર્ણન કરતાં કણોનાં પરિમાણ આધારિત કેટલાક પ્રકારના પ્રકીર્ણન નીચે મુજબ આપેલ છે :

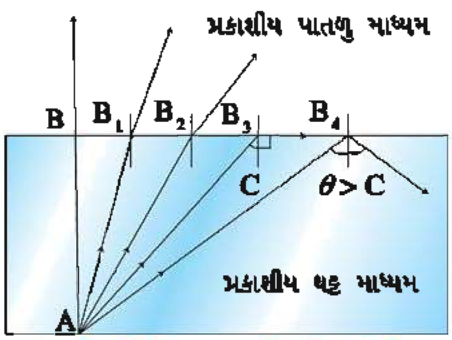
(i) રે લેનું પ્રકીર્ણન (Reyleigh scattering) (ii) મી નું પ્રકીર્ણન (Mie scattering) (iii) ટીંડલ પ્રકીર્ણન (Tyndall scattering) (iv) બ્રિલોયિન પ્રકીર્ણન (Brillouin scattering) (v) સ્ફટિક સમતલ દ્વારા ક્ષ-કિરણોનું પ્રકીર્ણન (Scattering of X-rays by crystal planes) (vi) રામન પ્રકીર્ણન (Raman Scattering)

ડૉ. ચંદ્રશેખર વેંકટ રામન

3.8 પ્રકાશનું પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન (Total Internal Reflection of Light)

જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ પ્રકાશીય ઘટ્ટ માધ્યમમાંથી પ્રકાશીય પાતળા માધ્યમમાં જાય છે ત્યારે તે બે માધ્યમોને છૂટી પાડતી સપાટીએ લંબથી દૂર જાય છે.

જેમ જેમ આપાતકોણ વધે તેમ તેમ વક્રીભવનકોણમાં વધારો થાય છે અને પ્રકાશનું કિરણ વક્રીભવન બાદ લંબથી વધુ ને વધુ દૂર જાય છે. આપાતકોણના જે મૂલ્ય વખતે વક્રીભવનકોણનું મૂલ્ય 90° થાય તે મૂલ્યને ક્રાંતિકોણ (C) (critical angle) કહે છે. આપાતકોણના ક્રાંતિકોણ કરતાં વધુ મૂલ્ય માટે પ્રકાશ સંપૂર્ણપણે પરાવર્તન પામી ઘટ્ટ માધ્યમમાં પાછું ફરે છે. આ બંને માધ્યમોને છૂટી પાડતી સપાટી 'અરીસા' તરીકે વર્તે છે. આ ઘટનાને પ્રકાશનું પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન (total internal reflection of light) કહે છે. (આકૃતિ 3.16)

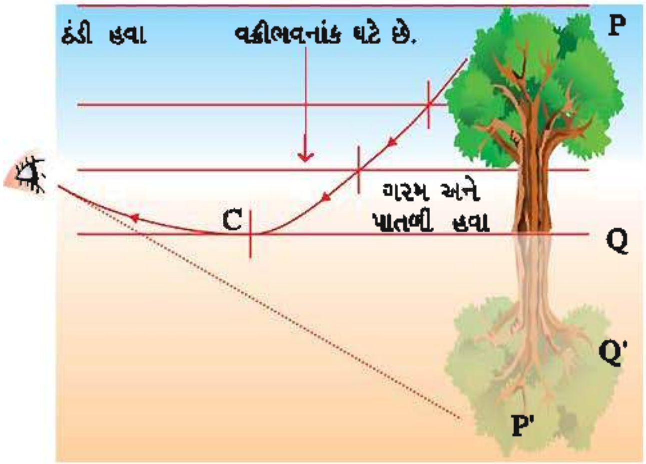


આકૃતિ 3.16 : પ્રકાશનું પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન

હીરાનો ચળકાટ એ પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તનની ઘટનાને આભારી છે. સંદેશાવ્યવહારમાં વપરાતાં ઑપ્ટિકલ ફાઇબર પણ આ સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે.

મરીચિકા(મૃગજળ)ની રચના (Mirage Formation)

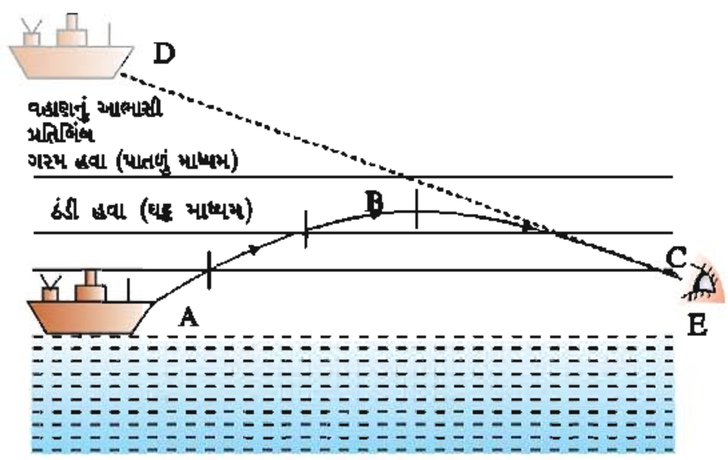
મૃગજળ એ સામાન્ય રીતે રણમાં દેખાતી પ્રકાશીય ભ્રમણા (optical illusion) છે. તે ઉનાળામાં ડામરનાં રોડ પર પણ દેખાય છે. ઉનાળામાં પૃથ્વીની સપાટી નજીકથી હવા, ઉપર રહેલ હવા કરતા વધુ ગરમ હોય છે. આથી પૃથ્વીની સપાટીની નજીકથી હવા, ઉપર તરફની હવા કરતા પાતળી હોય છે. આથી જેમ પૃથ્વીની સપાટીથી ઉપરની તરફ જોઈએ તેમ વક્રીભવનાંક વધે છે.



આકૃતિ 3.17 : મૃગજળની રચના

આકૃતિ 3.17માં દર્શાવ્યા મુજબ, વૃક્ષ જેવી ઊંચી વસ્તુના બિંદુમાંથી આવતાં કિરણો ક્રમશઃ બદલાતા વક્રીભવનાંકવાળા માધ્યમમાંથી થઈ જમીન પર આવે છે. આથી પ્રકાશનાં કિરણો ક્રમશઃ વધુ ને વધુ લંબથી દૂર જાય છે અને તેમનો વક્રીભવનકોણ સતત વધતો હોવાથી તેમનું પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન થઈ અવલોકનકારની આંખમાં પ્રવેશે છે. આમ પાણીમાંથી પરાવર્તન પામતું હોય તેમ વસ્તુનું આભાસી અને ઊલટું પ્રતિબિંબ દશ્યમાન થાય છે.

લૂમિંગ (ક્ષિતિજથી ઉપર તરફ વાતાવરણમાં દેખાતું મૃગજળ) એવી જાતનું મૃગજળ છે જેમાં દૂરની વસ્તુનું આભાસી અને ચત્તું પ્રતિબિંબ વાતાવરણમાં અધવચ્ચે લટકતું હોય તેવી રીતે દશ્યમાન થાય છે. તે વાતાવરણ વડે (નીચે તરફની દિશામાં) થતાં પ્રકાશનાં પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તનને લીધે ઉદ્‌ભવે છે.



આકૃતિ 3.18 : આંતરિક પરાવર્તનને કારણે બનતી લૂમિંગની ઘટના

જ્યાં ઠંડી (પ્રકાશીય ઘટ્ટ) હવા ઉપર વાતાવરણની હૂંફાળી (પ્રકાશીય પાતળી) હવા રહેલી હોય તેવા વિસ્તાર(ધ્રુવ પ્રદેશ)માં લૂમિંગ જોવા મળે છે. (આકૃતિ 3.18)

તમે શું શીખ્યા ?

- શ્વેત પ્રકાશનું તેના ઘટક રંગોમાં વિભાજિત થવાની ઘટનાને પ્રકાશનું વિભાજન કહે છે.
- કાચના પ્રિઝમ વડે જાંબલી રંગના પ્રકાશનું મહત્તમ અને રાતા રંગના પ્રકાશનું ન્યૂનતમ વિચલન થાય છે.
- જો આપાત પ્રકાશના બધા જ રંગો પદાર્થ પરથી પરાવર્તન પામે તો પદાર્થ શ્વેત દેખાય છે. જો આપાત પ્રકાશના બધા જ રંગોનું શોષણ થાય તો તે કાળા રંગનો દેખાય છે.
- લાલ, લીલો અને વાદળી પ્રાથમિક રંગો છે.
- મરુન, પીળો અને મોરપીંછ પ્રાથમિક વર્ણકો છે.
- જરૂરિયાત મુજબ નેત્રકાચની કેન્દ્રલંબાઈ ગોઠવવાની આંખની ક્ષમતાને આંખની સમાવેશ ક્ષમતા કહે છે.

- જે લઘુતમ અંતરે આંખના લેન્સના સંકોચન કર્યા સિવાય વસ્તુને સ્પષ્ટરૂપે જોઈ શકાય તે અંતરને સ્પષ્ટ દૃષ્ટિ અંતર કહે છે. આ અંતરને 'નજીકબિંદુ' પણ કહે છે.
- દૂરના જે અંતર સુધી આંખ વસ્તુને સ્પષ્ટપણે જોઈ શકે તે અંતરને આંખનું 'દૂરબિંદુ' કહે છે. સામાન્ય રીતે દૂર-બિંદુ અનંત અંતરે હોય છે.
- સામાન્ય દૃષ્ટિ ધરાવતી વ્યક્તિની આંખની સમાવેશ ક્ષમતા 25 cmથી અનંત અંતર સુધીની હોય છે.
- સીલીયરી સ્નાયુ વડે આંખના લેન્સની જાડાઈમાં ફેરફાર કરીને તેની કેન્દ્રલંબાઈ બદલી શકાય છે.
- જો નેત્રમણિ જરૂરિયાત મુજબ યોગ્ય પ્રમાણમાં પાતળો ન થઈ શકે તો લઘુદૃષ્ટિની ખામી ઉદ્ભવે છે.
  આ પ્રકારની ખામીનું યોગ્ય પાવરના અંતર્ગોળ લેન્સ વડે નિવારણ થાય છે.
- જો નેત્રમણિ જરૂરિયાત મુજબ યોગ્ય પ્રમાણમાં જાડો ન થઈ શકે તો ગુરુદૃષ્ટિની ખામી ઉદ્ભવે છે.
  આ પ્રકારની ખામીનું યોગ્ય પાવરના બહિર્ગોળ લેન્સ વડે નિવારણ થાય છે.
- વ્યક્તિની ઉંમર વધવાને લીધે સીલીયરી સ્નાયુઓ નબળા પડવાથી તેમજ આંખના લેન્સની સ્થિતિસ્થાપકતા ઘટી જવાથી નજીકની અને દૂરની તેમ બંને વસ્તુઓ સ્પષ્ટ રીતે દેખાતી નથી. આ પ્રકારની ખામી પ્રેસ બાયોપિઆ તરીકે ઓળખાય છે. આ ખામીનું નિવારણ યોગ્ય પાવરના બાયફોકલ લેન્સ દ્વારા થાય છે.
- વાતાવરણમાંના પાણીનાં બુંદ વડે પ્રકાશના વિભાજન, આંતરિક પરાવર્તન અને વક્રીભવનને લીધે મેઘધનુષ્ય રચાય છે.
- પ્રકાશનું કિરણ જ્યારે વાતાવરણમાંથી પસાર થાય ત્યારે વાતાવરણની ઘનતાના થતા સતત ફેરફારને લીધે તેનું સતત વક્રીભવન થાય છે. આ ઘટનાને પ્રકાશનું વાતાવરણીય વક્રીભવન કહે છે.
- સૂર્યોદય તેના વાસ્તવિક સમય કરતાં બે મિનિટ વહેલો અને સૂર્યાસ્ત તેના વાસ્તવિક સમય કરતાં બે મિનિટ વિલંબથી દેખાય છે.
- સૂક્ષ્મ કણો અને અણુઓ વડે પ્રકાશનું બધી જ દિશામાં થતા વિખેરણની ઘટનાને પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન કહે છે. પ્રકીર્ણનની ઘટના પ્રકાશના રંગ અને પ્રકીર્ણનકર્તા કણોના પરિમાણ પર આધાર રાખે છે.
- સૂક્ષ્મ અને બારીક કણો વડે નાની તરંગલંબાઈના એટલે કે વાદળી (ભૂરા) રંગના પ્રકાશનું વધારે પ્રમાણમાં પ્રકીર્ણન થાય છે. મોટું પરિમાણ ધરાવતા કણો મોટી તરંગલંબાઈના પ્રકાશનું વધુ પ્રમાણમાં પ્રકીર્ણન કરે છે.
- જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ ઘટ્ટ માધ્યમમાંથી પાતળા માધ્યમમાં જાય ત્યારે આપાતકોણના જે મૂલ્ય માટે સપાટી પરથી વક્રીભવન પામતા પ્રકાશના વક્રીભૂતકોણનું મૂલ્ય 90° થાય તે મૂલ્યને ક્રાંતિકોણ કહે છે.
- મૃગજળ (મરીચિકા) સામાન્ય રીતે ગરમ પ્રદેશોમાં દેખાતી પ્રકાશીય ભ્રમણા છે, જે પ્રકાશના પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તનનું ઉદાહરણ છે.
- લૂમિંગ ઠંડા પ્રદેશોમાં પ્રકાશના પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તનને લીધે ક્ષિતિજથી ઉપર તરફ વાતાવરણમાં દેખાતી પ્રકાશીય ભ્રમણા છે.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) પ્રકાશની કઈ ઘટના દ્વારા શ્વેત પ્રકાશનું સાત ઘટક રંગોમાં વિભાજન થાય છે ?

(A) વક્રીભવન (B) પરાવર્તન (C) વિભાજન (D) વ્યતીકરણ

(2) પ્રિઝમ વડે થતા શ્વેત પ્રકાશના વિભાજનમાં કયા રંગનો પ્રકાશ સૌથી વધુ વિચલન પામે છે ?

(A) જાંબલી (B) વાદળી (C) લીલો (D) લાલ

(3) નીચેનામાંથી કયા રંગો પ્રાથમિક રંગો છે ?

(A) લાલ, વાદળી, પીળો (B) લાલ, લીલો, જાંબલી

(C) પીળો, લીલો, વાદળી (D) લાલ, લીલો, વાદળી

(4) નીચેનામાંથી કયા પ્રાથમિક વર્ણકો છે ?

(A) પીળો, લીલો અને મરુન (B) મરુન, પીળો અને મોરપીંછ

(C) વાદળી, લીલો અને જાંબલી (D) લાલ, લીલો અને પીળો

(5) મનુષ્યની આંખમાં વસ્તુનું પ્રતિબિંબ .... પર રચાય છે.

(A) ડોળો (B) કીકી (C) નેત્રપટલ (D) કનિનીકા

(6) વાદળી રંગનો પૂરક રંગ કયો છે ?

(A) લાલ (B) પીળો (C) લીલો (D) મરુન

(7) વાદળી અને લાલ રંગનું મિશ્રણ કરવાથી કયો રંગ ઉત્પન્ન થાય છે ?

(A) લીલો (B) મરુન (C) મોરપીંછ (D) પીળો

(8) ....ની ક્રિયાશીલતાને લીધે આંખના લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈમાં ફેરફાર થઈ શકે છે.

(A) કીકી (B) નેત્રપટલ (C) સીલીયરી સ્નાયુઓ (D) કનિનીકા

(9) જ્યારે વાદળી રંગના વર્ણક પર શ્વેત પ્રકાશ આપાત કરવામાં આવે ત્યારે કયા રંગોનું પરાવર્તન થાય છે ?

(A) પીળો, નારંગી, લીલો (B) જાંબલી, લીલો, વાદળી

(C) જાંબલી, પીળો અને લીલો (D) પીળો, લીલો, વાદળી

(10) પ્રેસ બાયોપિઆ તરીકે ઓળખાતી આંખની દૃષ્ટિની ખામીનું નિવારણ કરવા .... લેન્સનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

(A) બહિર્ગોળ (B) અંતર્ગોળ (C) બાયફોકલ (D) કૉન્ટેક્ટ

(11) મેઘધનુષ્યની રચનામાં પ્રકાશની કઈ ઘટના ભાગ ભજવતી નથી ?

(A) પરાવર્તન (B) વક્રીભવન (C) વિભાજન (D) શોષણ

(12) નીચેનામાંથી કયા કિસ્સા માટે પ્રકાશનું પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન શક્ય બને છે ?

(A) આપાતકોણ ક્રાંતિકોણ કરતા નાનો હોય. (B) આપાતકોણ ક્રાંતિકોણ જેટલો હોય.

(C) આપાતકોણ ક્રાંતિકોણ કરતા મોટો હોય. (D) આપાતકોણ, વક્રીભૂતકોણ જેટલો હોય.

(13) લઘુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી વ્યક્તિની આંખમાં પ્રતિબિંબ ક્યાં રચાય છે ?

(A) નેત્રપટલ પર (B) નેત્રપટલની પાછળના વિસ્તારમાં

(C) નેત્રપટલની આગળના વિસ્તારમાં (D) કીકી પર

(14) તારાઓનું ટમટમતું દેખાવા માટે કઈ પ્રકાશીય ઘટના જવાબદાર છે ?

(A) વાતાવરણીય પરાવર્તન (B) વાતાવરણીય વક્રીભવન

(C) પરાવર્તન (D) પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન

(15) પ્રકાશની કઈ ઘટનાને લીધે ટીંડલ અસર ઉદ્‌ભવે છે ?

(A) પરાવર્તન (B) વક્રીભવન (C) પ્રકીર્ણન (D) વિભાજન

(16) સૂર્યાસ્ત અને દેખીતા સૂર્યાસ્ત વચ્ચેનો સમય તફાવત કેટલો છે ?

(A) 2 s (B) 20 s (C) 2 મિનિટ (D) 20 મિનિટ

(17) વાતાવરણને લીધે કયા રંગના પ્રકાશનું સૌથી વધારે પ્રકીર્ણન થાય છે ?

(A) વાદળી (B) પીળા (C) લીલા (D) લાલ

(18) પ્રિઝમમાં કયા રંગના પ્રકાશનો વેગ સૌથી ઓછો હોય છે ?

(A) લાલ (B) લીલો (C) વાદળી (D) જાંબલી

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) પ્રકાશનું વિભાજન એટલે શું ? કાચના પ્રિઝમ વડે થતા પ્રકાશના વિભાજન દ્વારા કયા રંગના પટ્ટા મળે છે ?

(2) પ્રકાશના પ્રાથમિક રંગોના નામ લખો. તેમના સંમિશ્રણ દ્વારા કયા કયા રંગો ઉત્પન્ન થાય છે ?

(3) વર્ણકો કોને કહે છે ? પ્રાથમિક વર્ણકોનાં નામ લખો.

(4) માનવઆંખમાં સીલીયરી સ્નાયુઓ અને નેત્રપટલનું કાર્ય જણાવો.

(5) આંખની સમાવેશ ક્ષમતા કોને કહે છે ? આંખનું સ્પષ્ટ દૃષ્ટિ અંતર એટલે શું ?

(6) વાતાવરણીય વક્રીભવન કોને કહે છે ? તેને લીધે પરિણમતી ઘટનાઓનાં નામ લખો.

(7) સૂર્યોદય બે મિનિટ વહેલો દેખાવાનું કારણ જણાવો.

(8) પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન કોને કહે છે ? તે કયા પરિબળો પર આધાર રાખે છે ?

(9) ભયદર્શક સિગ્નલમાં પ્રકાશનો રંગ શા માટે લાલ રાખવામાં આવે છે ?

(10) સૂર્યોદય અને સૂર્યાસ્ત સમયે સૂર્ય રાતા રંગનો શાથી દેખાય છે ?

(11) પ્રકાશનું પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન એટલે શું ? ઉદાહરણો આપો.

(12) લૂમિંગ કોને કહે છે ? તે કેવી રીતે રચાય છે ?

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :

(1) પ્રકાશના પ્રાથમિક રંગોનું સંપાતીકરણ જરૂરી ઉદાહરણ સાથે સમજાવો.

(2) માનવઆંખની સરળ રેખાકૃતિ દોરી તેના મુખ્ય ભાગોનાં કાર્ય સમજાવો.

(3) મેઘધનુષ્યની રચના સ્વચ્છ આકૃતિસહ સમજાવો.

(4) 'તારાઓના ટમટમતા હોવું' પર નોંધ લખો.

(5) ટીંડલ અસર સમજાવો.

(6) સ્વચ્છ આકાશનો ભૂરો રંગ શાથી જોવા મળે છે ?

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :

(1) કાચના પ્રિઝમ વડે શ્વેત પ્રકાશનું વિભાજન આકૃતિ દોરી સમજાવો.

(2) મૃગજળની રચના યોગ્ય આકૃતિસહ વર્ણવો.

5. નીચેના પ્રશ્નનો મુદ્દાસર ઉત્તર આપો :

માનવઆંખની દૃષ્ટિની ખામી એટલે શું ? તેના પ્રકારો જણાવી તેને સવિસ્તર સમજાવો.

એકમ

4

વિદ્યુત (Electricity)

4.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

વિદ્યાર્થીમિત્રો,

તમારા ઘરના બેઠકરૂમમાં નજર નાખો. તમને ટીવી, પંખો, ટ્યૂબલાઇટ જેવાં ઉપકરણો દેખાશે. હવે ઘરના રસોઈઘરમાં નજર નાખશો તો ફ્રિજ, મિક્સર, માઇક્રોવેવ ઓવન જેવા સાધનો દેખાશે. તમારા સ્ટડીરૂમમાં ડોકિયું કરશો તો કમ્પ્યૂટર, ઍરકંડિશન મશીન જેવા ઉપકરણો જોવા મળશે. આ બધા જ ઉપકરણોની સામાન્ય ખાસિયત એ છે કે તે વિદ્યુત (વિદ્યુતઊર્જા)થી ચાલે છે. હવે કલ્પના કરો કે જો ઘરની વીજળી ગૂલ થઈ જાય તો ? આપણી હાલત ખરાબ થઈ જાય. શાળા, ઑફિસો, કારખાનાઓ, હૉસ્પિટલ વગેરે જેવા સ્થળોએ વિદ્યુતનું સામ્રાજ્ય પથરાયેલું છે. આધુનિક યુગમાં માનવજાતની સુખાકારી માટે ઊર્જાના જુદા જુદા સ્વરૂપો પૈકી વિદ્યુતઊર્જા અગત્યનું સ્થાન ધરાવે છે. વિદ્યુતઊર્જાને સહેલાઈથી સંગ્રહી શકાય છે તેમજ અન્ય ઊર્જામાં સરળતાથી રૂપાંતરિત કરી શકાય છે.

પ્રસ્તુત પ્રકરણમાં આપણે, વિદ્યુત સાથે સંકળાયેલ ભૌતિક રાશિઓ જેવી કે વિદ્યુતપ્રવાહ, વિદ્યુતસ્થિતિમાન, અવરોધનો પરિચય મેળવીશું તેમજ વિદ્યુતઊર્જા અને તેના ઉપયોગો વિશે માહિતી મેળવીશું.

સૌપ્રથમ આપણે વિદ્યુતના પાયાની બાબત એટલે વિદ્યુતભાર વિશે જાણીશું.

4.2 વિદ્યુતભાર (Electric Charge)

ધોરણ 8માં તમે ભણી ચૂક્યા કે સૂકા વાળમાં પ્લાસ્ટિકનો કાંસકો ફેરવીને કાંસકા વડે કાગળના નાના ટુકડાઓને આકર્ષિત કરી શકાય છે. કાચના સળિયાને રેશમ સાથે ઘસીને અને પ્લાસ્ટિકના સળિયાને ફર (fur) સાથે ઘસીને આ બે સળિયાઓને એકબીજાની નજીક લાવતાં તેમની વચ્ચે આકર્ષણ ઊપજે છે. આ પ્રક્રિયામાં કાચના અને પ્લાસ્ટિકના સળિયા પર ઉદ્ભવતા વિદ્યુતભારો પરસ્પર વિરુદ્ધ પ્રકારના હોય છે. ઘર્ષણ દરમિયાન કાચનો સળિયો ધન વિદ્યુતભાર અને પ્લાસ્ટિકનો સળિયો ઋણ વિદ્યુતભાર ધારણ કરે છે. આમ, **વિદ્યુતભાર બે પ્રકારના છે : ધન વિદ્યુતભાર અને ઋણ વિદ્યુતભાર. દ્રવ્યમાનની જેમ વિદ્યુતભાર પણ પ્રોટોન અને ઇલેક્ટ્રૉનનો આંતરિક (intrinsic) ગુણધર્મ છે,** જેની વ્યાખ્યા આપવી મુશ્કેલ છે.

SI એકમ પદ્ધતિમાં વિદ્યુતભાર કુલંબ (C)માં માપવામાં આવે છે. પ્રણાલિગત રીતે પ્રોટોનના વિદ્યુતભારને ધન અને ઇલેક્ટ્રૉનના વિદ્યુતભારને ઋણ ગણવામાં આવે છે. પરંતુ તેમના પરના વિદ્યુતભારનું મૂલ્ય સરખું છે.

પ્રોટોન પરનો વિદ્યુતભાર $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C

ઇલેક્ટ્રૉન પરનો વિદ્યુતભાર $e = -1.6 \times 10^{-19}$ C

વિદ્યુતભારો વચ્ચેની આંતરક્રિયા દરમિયાન બે સજાતીય પ્રકારના વિદ્યુતભારો (દા.ત., ઇલેક્ટ્રૉન-ઇલેક્ટ્રૉન વચ્ચે અથવા પ્રોટોન-પ્રોટોન વચ્ચે) વચ્ચે અપાકર્ષણ બળ અને વિજાતીય પ્રકારના વિદ્યુતભારો (દા.ત., પ્રોટોન-ઇલેક્ટ્રૉન) વચ્ચે આકર્ષણ બળ લાગે છે. વિદ્યુતભારો વચ્ચે લાગતું વિદ્યુતીય બળનું મૂલ્ય ફ્રેન્ચ વૈજ્ઞાનિક ચાર્લ્સ કુલમ્બે આપેલા નિયમ પરથી ગણી શકાય છે, જેનો વિગતે અભ્યાસ આપણે ધોરણ 12માં કરીશું.

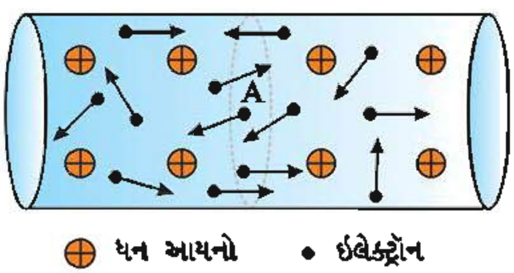
4.3 વિદ્યુતપ્રવાહ (Electric Current)

આપણે પાણીના પ્રવાહથી પરિચિત છીએ. નદીમાં વહેતા પાણીના જથ્થાને પાણીનો પ્રવાહ (water current) કહે છે, આ જ રીતે કોઈ વાહક(દા.ત., તાંબાનો તાર)માંથી વહેતા વિદ્યુતભારના જથ્થાને વિદ્યુતપ્રવાહ કહે છે.

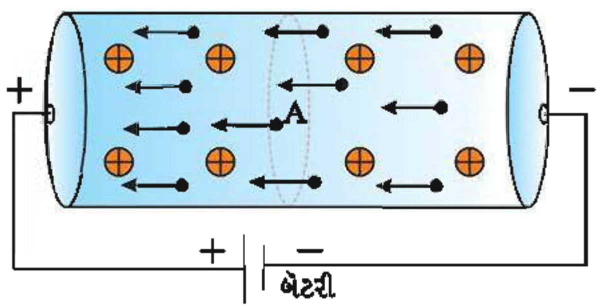
પરમાણુમાં ઇલેક્ટ્રૉન ન્યુક્લિયસની આજુબાજુ ગતિ કરતા હોય છે અને પ્રોટોન ન્યુક્લિયસમાં જકડાયેલા હોય છે. સામાન્ય સંજોગોમાં ધાતુ પદાર્થોના પરમાણુમાં બાહ્ય કક્ષામાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉન (ઋણ વિદ્યુતભાર) અને ન્યુક્લિયસ (ધન વિદ્યુતભાર) વચ્ચેનું આકર્ષણબળ પ્રમાણમાં ઓછું હોય છે. ધાતુ પદાર્થની રચના થાય ત્યારે આ ઇલેક્ટ્રૉન્સ પિતૃ પરમાણુમાંથી છૂટા પડી જાય છે અને વાહકમાં અસ્ત-વ્યસ્ત ગતિ કરે છે. આવા ઇલેક્ટ્રૉનને 'મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉન' કહે છે.

વિદ્યુતપ્રવાહના વહન માટે આવા 'મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉન' જવાબદાર હોય છે. ધાતુ પદાર્થો જેવા કે તાંબું, ચાંદી, એલ્યુમિનિયમમાં આવા મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા બહોળા પ્રમાણમાં હોય છે. આવા પદાર્થોમાં વિદ્યુતપ્રવાહનું વહન સરળતાથી થઈ શકે છે. આથી તેમને 'વાહકો' (conductors) કહે છે. રબર, કાચ, પ્લાસ્ટિક જેવા પદાર્થોમાં મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉન હોતા નથી તેથી તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહનું વહન શક્ય નથી. માટે તેમને 'અવાહકો' (insulators) કહે છે.

આકૃતિ 4.1 (a)માં વાહક તારમાં રહેલા મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉનની અસ્ત-વ્યસ્ત ગતિ દર્શાવી છે. ઇલેક્ટ્રૉનની આ ગતિ બધી જ દિશામાં સમાન હોય છે. આ વાહક તારને લંબ એવો વાહકમાં કોઈ એક આડછેદ A વિચારો. કોઈ એક આપેલ સમયગાળામાં જેટલા ઇલેક્ટ્રૉન આડછેદની જમણી બાજુએ જાય છે તેટલા ઇલેક્ટ્રૉન તેની ડાબી બાજુએ જાય છે અને આડછેદમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતભારનો ચોખ્ખો (net) જથ્થો શૂન્ય હોય છે. આમ, વાહક પદાર્થોમાં મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉન્સ ગતિમાન હોવા છતાં તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ રચાતો નથી. આકૃતિ 4.1 (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે જો વાહક તારને બૅટરી દ્વારા ઊર્જા આપવામાં આવે તો મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉન્સનો પ્રવાહ વાહક તારમાં બૅટરીના ઋણ ધ્રુવથી ધન ધ્રુવ તરફની દિશામાં મેળવી શકાય છે. આમ, આડછેદ Aમાંથી પસાર થતો ચોખ્ખો વિદ્યુતભારનો જથ્થો શૂન્ય રહેતો નથી અને વાહકમાં વિદ્યુતપ્રવાહ રચાયો તેમ કહેવાય.



(a) ઇલેક્ટ્રૉનની અસ્તવ્યસ્ત ગતિ



(b) ઇલેક્ટ્રૉન પ્રવાહ

આકૃતિ 4.1 : વાહકમાં વિદ્યુતપ્રવાહ

અગાઉ વૈજ્ઞાનિકો એમ માનતા હતા કે ધન વિદ્યુતભારોની ગતિના કારણે વિદ્યુતપ્રવાહ સર્જાય છે. માટે ધન વિદ્યુતભારોની ગતિની દિશાને વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા તરીકે લેવામાં આવતી હતી. પરંતુ જે. જે. થૉમસન (1856–1940) નામના વૈજ્ઞાનિકે ઇલેક્ટ્રૉનની શોધ કર્યા પછી માલૂમ પડ્યું કે વાહકોમાં ઇલેક્ટ્રૉનની ગતિના કારણે વિદ્યુતપ્રવાહ સર્જાય છે. હાલમાં આપણે વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા તો ધનવિદ્યુતભારની ગતિની દિશામાં જ લઈએ છીએ. જેને રૈવાજિક વિદ્યુતપ્રવાહ (conventional current) કહે છે. આમ, રૈવાજિક વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા વાહકમાં ઇલેક્ટ્રૉન પ્રવાહની દિશા કરતાં વિરુદ્ધ હોય છે.

વિદ્યુતપ્રવાહની આટલી પ્રાથમિક માહિતી મેળવ્યા બાદ હવે આપણે વિદ્યુતપ્રવાહને વ્યાખ્યાયિત કરીશું.

વિદ્યુતપ્રવાહ એટલે વાહકમાં વિદ્યુતભારના વહનનો દર એટલે કે **'એકમ સમયમાં વાહકના કોઈ પણ આડછેદમાંથી વહેતા વિદ્યુતભારના ચોખ્ખા જથ્થાને વિદ્યુતપ્રવાહ કહે છે.'**

$$\text{આમ, વિદ્યુતપ્રવાહ} = \frac{\text{વિદ્યુતભારનો જથ્થો}}{\text{સમય}}$$

જો t જેટલા સમયમાં વાહકના કોઈ પણ આડછેદમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતભારનો જથ્થો Q હોય, તો વિદ્યુતપ્રવાહ

$$I = \frac{Q}{t} \qquad \dots\ \dots\ \dots\ (4.1)$$

ઉપરોક્ત સમીકરણ 4.1 પરથી કહી શકાય કે 'જો વાહકના આડછેદમાંથી એક સેકન્ડમાં એક કુલંબ જેટલો વિદ્યુતભારનો જથ્થો પસાર થતો હોય તો વાહકમાં એક ઍમ્પિયર (1A) પ્રવાહ પસાર થાય છે' તેમ કહેવાય.

SI પદ્ધતિમાં વિદ્યુતપ્રવાહનો એકમ coulomb / second (C/s) છે. ફ્રેન્ચ વૈજ્ઞાનિક એન્ડ્રે ઍમ્પિયરના નામ પરથી તેને ampere (A) પણ કહે છે.

વિદ્યુતપ્રવાહના નાના એકમો મિલિઍમ્પિયર (mA) અને માઇક્રોઍમ્પિયર (μA) છે.

$$1\ mA = 10^{-3}\ A$$

$$1\ \mu A = 10^{-6}\ A$$

વાહકમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ **'એમિટર'** નામના સાધનથી માપી શકાય છે.

જો વાહકના આડછેદમાંથી t સમયમાં પસાર થતાં ઇલેક્ટ્રૉન્સની સંખ્યા n હોય તો આડછેદમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતભારનો જથ્થો $Q = ne$ થશે. આથી સમીકરણ (4.1)ને નીચે મુજબ પણ લખી શકાય :

$$I = \frac{ne}{t} \qquad \dots\ \dots\ \dots\ (4.2)$$

$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, જે એક ઇલેક્ટ્રૉનનો વિદ્યુતભાર છે.

ઉદાહરણ 1 :

જો એક વિદ્યુતગોળો 1 કલાક સુધી 0.5 A વિદ્યુતપ્રવાહથી પ્રકાશતો હોય તો તે ગોળામાંથી કેટલો વિદ્યુતભાર પસાર થયો હશે અને કુલ કેટલા ઇલેક્ટ્રૉન પસાર થયા હશે ? ($e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

ઉકેલ : I = 0.5 A, t = 1 કલાક = 3600 s

સમીકરણ (4.1) પરથી,

$$Q = I \times t$$
$$= 0.5 \times 3600$$
$$= 1800\ C$$

હવે, $Q = ne$ પરથી,
ગોળામાંથી પસાર થતા ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા

$$n = \frac{Q}{e}$$

$$= \frac{1800}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$= 1125 \times 10^{19} = 1.125 \times 10^{22}$$ ઇલેક્ટ્રૉન

ઉદાહરણ 2 :

એક ટૉર્ચને બૅટરી સાથે જોડતાં ટૉર્ચના બલ્બમાંથી 64 m A જેટલો પ્રવાહ વહે છે. જો આ ટૉર્ચને 10 min માટે ચાલુ રાખવામાં આવે તો બલ્બમાંથી કુલ કેટલા ઇલેક્ટ્રૉન પસાર થયા હશે ? (ઇલેક્ટ્રૉનનો વિદ્યુતભાર $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

ઉકેલ : $I = 64\ mA = 64 \times 10^{-3} A$, $t = 10\ min = 10 \times 60 = 600\ s$, $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$

વિદ્યુતપ્રવાહ $I = \frac{ne}{t}$

ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા $= \frac{I \times t}{e}$

$$n = \frac{64 \times 10^{-3} \times 10 \times 60}{1.6 \times 10^{-19}}$$

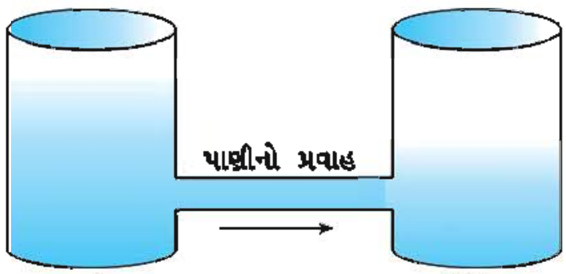
$$= 24000 \times 10^{16}$$

$$n = 24 \times 10^{19}$$ ઇલેક્ટ્રૉન

4.4 વિદ્યુતસ્થિતિમાન અને વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત

(Electric Potential and Electric Potential Difference)

વિદ્યુતસ્થિતિમાન : આપણે જોયું કે વિદ્યુતપ્રવાહ મેળવવા માટે વિદ્યુતભારનું વહન જરૂરી છે. આ વિદ્યુતભારને વાહકમાં કેવી રીતે વહેવડાવી શકાય ? આ સમજવા માટે આપણે પાણીનો પ્રવાહ સમજીએ.



આકૃતિ 4.2 : પાણીનો પ્રવાહ

આકૃતિ 4.2માં દર્શાવ્યા મુજબ પાત્ર Aમાં વધુ પાણી ભરો અને પાત્ર Bમાં ઓછું પાણી ભરો. હવે બન્ને પાત્રને કોઈ નળી સાથે જોડતા, પાત્ર Aમાંથી પાણી પાત્ર B તરફ વહે છે.

અહીં, પાત્ર Aમાં પાણીનું દબાણ વધુ છે અને પાત્ર Bમાં પાણીનું દબાણ ઓછું છે. આમ, દબાણના તફાવતના કારણે નળીમાં આપણને પાણીનો પ્રવાહ મળે છે.

આ જ રીતે, આપણે જો વિદ્યુતદબાણનો તફાવત ઉત્પન્ન કરી શકીએ તો વાહકમાં વિદ્યુતપ્રવાહ મેળવી શકાય. આ વિદ્યુતદબાણના તફાવતને વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત કહે છે. આ સમજતા પહેલાં આપણે વિદ્યુતસ્થિતિમાન સમજીશું.

કોઈ વિદ્યુતભારને બીજા વિદ્યુતભારની નજીક લાવતાં તેના પર આકર્ષી અથવા અપાકર્ષી પ્રકારનું વિદ્યુતીય બળ લાગે છે. આ બળની વિરુદ્ધ વિદ્યુતભારને સંતુલિત રાખી બીજા વિદ્યુતભારની નજીક અથવા દૂર લઈ જવા માટે આપણે કંઈક કાર્ય કરવું પડે છે. આ કાર્ય વિદ્યુતભારમાં સ્થિતિઊર્જા રૂપે સંગ્રહિત થાય છે. વિદ્યુતભાર પર કરેલું આપણું આ કાર્ય વિદ્યુતસ્થિતિમાન વડે દર્શાવાય છે. વિદ્યુતસ્થિતિમાનની વ્યાખ્યા નીચે મુજબ આપી શકાય છે :

'અનંત અંતરથી વિદ્યુતક્ષેત્રમાંના કોઈ પણ બિંદુ સુધી એકમ ધન વિદ્યુતભારને લાવવા વિદ્યુતીય બળ વિરુદ્ધ કરવા પડતા કાર્યને તે બિંદુ પાસેનું વિદ્યુતસ્થિતિમાન કહે છે.'

$$\text{વિદ્યુતસ્થિતિમાન} = \frac{\text{કરવું પડતું કાર્ય (W)}}{\text{વિદ્યુતભાર (Q)}}$$

વિદ્યુતસ્થિતિમાનને ઇટાલીના વિજ્ઞાની એલેક્ઝાન્ડ્રો વૉલ્ટાની યાદમાં વૉલ્ટેજ (voltage) વડે દર્શાવાય છે. તેની સંજ્ઞા V છે.

$$\therefore \quad V = \frac{W}{Q}$$

વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો SI એકમ joule / coulomb અથવા volt (V) છે.

વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત : વ્યવહારમાં વિદ્યુતસ્થિતિમાનનું મૂલ્ય અગત્યનું નથી, પરંતુ વિદ્યુતસ્થિતિમાનના ફેરફાર અગત્યના છે, જે નીચે મુજબ વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય :

'વિદ્યુતક્ષેત્રના કોઈ બે બિંદુ A અને B વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત એટલે એકમ ધન વિદ્યુતભારને વિદ્યુતીય બળ વિરુદ્ધ Aથી B સુધી લઈ જવા માટે કરવું પડતું કાર્ય.'

$$\text{વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત } V = \frac{\text{કરવું પડતું કાર્ય (W)}}{\text{વિદ્યુતભાર (Q)}}$$

$$\therefore \quad V = \frac{W}{Q}$$

વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવતને સામાન્ય રીતે વૉલ્ટેજ કહે છે. તેનો SI એકમ joule / coulomb અથવા volt છે. જો 1 કુલંબ વિદ્યુતભારને વિદ્યુતકોષમાં એક બિંદુએથી બીજા બિંદુ સુધી લઈ જવા માટે કરવું પડતું કાર્ય 1 joule હોય તો તે બે બિંદુઓ વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત 1 volt કહેવાય.

$$1\,\text{volt} = \frac{1\,\text{joule}}{1\,\text{coulomb}}$$

વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત **વૉલ્ટમીટર (voltmeter)** નામના ઉપકરણથી માપવામાં આવે છે. જે બે બિંદુઓ વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત માપવાનો હોય તેને સમાંતર આ વૉલ્ટમીટર જોડવામાં આવે છે.

હવે, આપણે પ્રવૃત્તિ દ્વારા સમજીશું કે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત કેવી રીતે ઉત્પન્ન કરી શકાય.

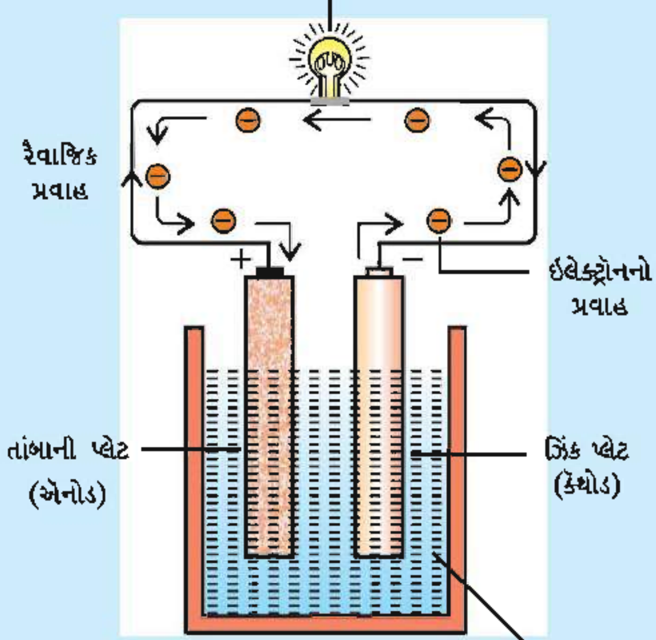
પ્રવૃત્તિ 1

વૉલ્ટાનો કોષ

- આકૃતિ 4.3માં દર્શાવ્યા મુજબ એક કાચના બીકરમાં મંદ સલ્ફ્યુરિક એસિડ(H_2SO_4)નું દ્રાવણ લો. આ દ્રાવણમાં એક તાંબાની પ્લેટ અને બીજી ઝિંક પ્લેટ એકબીજાને સ્પર્શે નહીં તેમ ડુબાડો. આ બન્ને પ્લેટ અને દ્રાવણ વચ્ચે પ્રક્રિયા થતાં બન્ને પ્લેટો વિદ્યુતભારિત થાય છે. તાંબાની પ્લેટ પર ધન વિદ્યુતભાર અને ઝિંકની પ્લેટ પર ઋણ વિદ્યુતભાર

એકઠો થાય છે. આમ, બન્ને પ્લેટો વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત ઉત્પન્ન થાય છે. ધન વિદ્યુતભારિત પ્લેટને ઍનોડ અથવા બૅટરીનો ધન ધ્રુવ અને ઋણ વિદ્યુતભારિત પ્લેટને કૅથોડ અથવા બૅટરીનો ઋણ ધ્રુવ કહે છે. આવી સાદી બૅટરીની શોધ ઈટાલીના વૈજ્ઞાનિક વૉલ્ટા(1745–1827)એ કરી હતી. આથી તેને વૉલ્ટાનો કોષ કહે છે. (જુઓ આકૃતિ 4.3)

હવે, આ બૅટરીના બન્ને ધ્રુવો વચ્ચે એક નાનો બલ્બ જોડો. જુઓ શું થાય છે. તમે જોશો કે બલ્બ પ્રકાશિત થાય છે. અહીં બૅટરીના ઋણ ધ્રુવમાંથી નીકળેલા ઇલેક્ટ્રૉન, બલ્બમાં વિદ્યુતપ્રવાહ રચીને બૅટરીના ધન ધ્રુવ તરફ ગતિ કરે છે. આ વિદ્યુતપ્રવાહને લીધે બલ્બ પ્રકાશિત થાય છે. આમ, બલ્બમાં ઋણ ધ્રુવથી ધન ધ્રુવ તરફ ઇલેક્ટ્રૉન પ્રવાહ વહે છે. પરંતુ રૈવાજિક પ્રવાહની દિશા ઇલેક્ટ્રૉન પ્રવાહથી વિરુદ્ધ હોવાથી કહી શકાય કે તે બૅટરીના ધન ધ્રુવથી વાહક મારફતે ઋણ ધ્રુવ તરફ વહે છે.



આકૃતિ 4.3 : વૉલ્ટાનો વિદ્યુતકોષ

ઍનોડ પર એકઠા થયેલા ઇલેક્ટ્રૉન રસાયણમાંથી ઊર્જા મેળવી પાછા કૅથોડ પર જાય છે અને વાહકમાં દાખલ થાય છે. આમ, બૅટરીનું કાર્ય ઇલેક્ટ્રૉનને સતત ઊર્જા આપી તેમને ગતિમાં રાખી વાહકમાં સતત વિદ્યુતપ્રવાહ વહેવડાવવાનું છે. આમ, **વૉલ્ટાનો કોષ એ રાસાયણિક ઊર્જાનું વિદ્યુતઊર્જામાં રૂપાંતર કરે છે.** આવી એક કરતાં વધુ બૅટરીઓને શ્રેણીમાં જોડી મોટા પ્રમાણમાં વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત ઉત્પન્ન કરી શકાય છે અને વાહકમાં મોટા પ્રમાણમાં વિદ્યુતપ્રવાહ મેળવી શકાય છે.

ઉદાહરણ 3 :

2 C વિદ્યુતભારને 6 Vના વિદ્યુતસ્થિતિમાન પરથી 12 Vના વિદ્યુતસ્થિતિમાન પર લઈ જવા કેટલું કાર્ય કરવું પડે ?

ઉકેલ : $Q = 2\ C$

વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત $V = 12\ V - 6\ V = 6\ V$

હવે, $V = \dfrac{W}{Q}$

$\therefore$ કાર્ય $W = VQ$

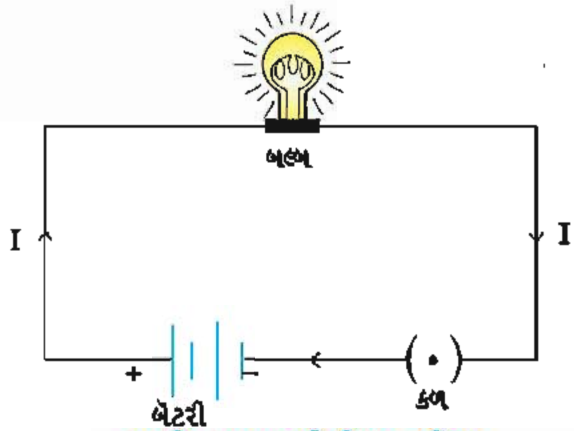
$= 6 \times 2$

$= 12\ J$

4.5 વિદ્યુત પરિપથ અને સંજ્ઞાઓ

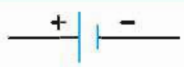
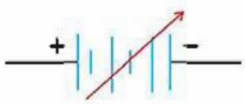
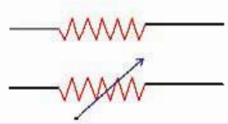
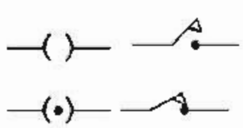
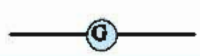
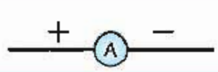
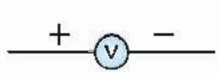
(Electric Circuit and Symbols)

બૅટરી, કળ, બલ્બ વગેરે જેવા વિદ્યુતીય ઘટકોને વાહક તાર વડે જોડવામાં આવે ત્યારે બનતી વ્યવસ્થાને વિદ્યુત પરિપથ કહે છે. આ પરિપથથી બનતા બંધગાળાને લીધે તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ વહે છે, જેને કારણે બલ્બ પ્રકાશિત થાય છે. આકૃતિ 4.4માં વિદ્યુતીય ઘટકોને તેની સંજ્ઞા વડે દર્શાવીને વિદ્યુત પરિપથ દર્શાવેલ છે. ટેબલ 4.1માં આવી કેટલીક સંજ્ઞાઓ દર્શાવી છે.



આકૃતિ 4.4 : સાદો વિદ્યુત પરિપથ

ટેબલ 4.1 : વિદ્યુત પરિપથ માટે કેટલીક સંજ્ઞાઓ

ક્રમ	વસ્તુ	સંજ્ઞા	વર્ણન
1.	વિદ્યુતકોષ		પરિપથને વિદ્યુતઊર્જા પૂરી પાડે છે.
2.	બૅટરી (વિદ્યુતકોષોનું સંયોજન)		પરિપથને વિદ્યુતઊર્જા આપે છે. ચલિત બૅટરી, જેના વૉલ્ટેજનું મૂલ્ય જરૂર પ્રમાણે બદલી શકાય છે.
3.	અવરોધ		વિદ્યુતપ્રવાહના માર્ગમાં અવરોધ ચલિત અવરોધ
4.	કળ		કળ (ખુલ્લી હોય ત્યારે) કળ (બંધ હોય ત્યારે) પરિપથમાં પ્રવાહ ચાલુ-બંધ કરવા માટે વપરાય છે.
5.	વાહકતારનું જોડાણ		બે વાહકતાર બિંદુ A આગળ જોડેલા છે. બે વાહકતાર એકબીજા પરથી પસાર થાય છે પરંતુ તે જોડાયેલા નથી.
6.	ગૅલ્વેનોમીટર		વિદ્યુતપ્રવાહની હાજરી નોંધવા માટે
7.	એમિટર		વિદ્યુતપ્રવાહ માપવાનું સાધન
8.	વૉલ્ટમીટર		વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત (વૉલ્ટેજ) માપવાનું સાધન

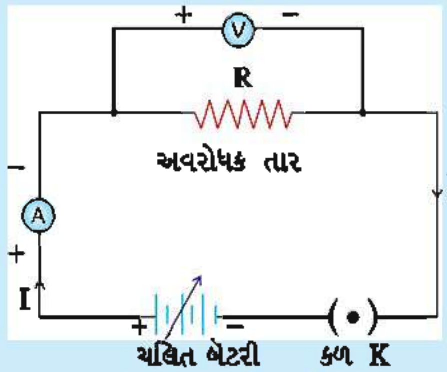
4.6 ઓહ્મનો નિયમ (Ohm's Law)

શું વાહકતારમાંથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહ (I) અને તેના બે છેડા વચ્ચે ઉદ્‌ભવતા વૉલ્ટેજ (V) વચ્ચે સંબંધ છે ? અનેક પ્રયોગો કરીને જર્મનીના વૈજ્ઞાનિક જ્યોર્જ ઓહ્‌મે (1789-1854) I અને V વચ્ચે સંબંધ તારવ્યો, જે ઓહ્‌મના નિયમ તરીકે ઓળખાય છે. આ સંબંધ સમજવા માટે નીચે દર્શાવેલ પ્રવૃત્તિ કરો.

પ્રવૃત્તિ 2

આ પ્રવૃત્તિ માટે 0.5 મીટર લાંબો નિક્રોમનો તાર, 1.5 Vની ચારથી પાંચ બૅટરીઓ, વૉલ્ટમીટર, એમિટર અને કળ ભેગા કરો.

આકૃતિ 4.5માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સૌપ્રથમ નિક્રોમ તાર (નિક્રોમ એ નિકલ, ક્રોમિયમ, મેંગેનીઝ અને લોખંડની મિશ્ર ધાતુ છે.)ની સાથે 1.5 Vની એક બૅટરી, કળ અને એમિટર જોડો. હવે તેના બે છેડા વચ્ચે વૉલ્ટમીટર જોડો.



આકૃતિ 4.5 : ઓહ્‌મનો નિયમ

આ પ્રયોગ નિક્રોમ તારને બદલે બલ્બ જોડીને પણ કરી શકાય. હવે કળ ચાલુ કરતાં તારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ વહેશે. આ પ્રવાહનું મૂલ્ય એમિટર પરથી અને તારના બે છેડા વચ્ચેના વૉલ્ટેજનું મૂલ્ય વૉલ્ટમીટર પરથી માપો અને અવલોકનકોઠામાં નોંધો. હવે પરિપથમાં એકના બદલે બે બૅટરી જોડો અને પ્રવાહ (I) અને વૉલ્ટેજ (V)ના મૂલ્યો નોંધો. આ જ રીતે ત્રણ બૅટરી, ત્યારબાદ ચાર બૅટરીઓને જોડીને પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો.

અવલોકનકોઠો :

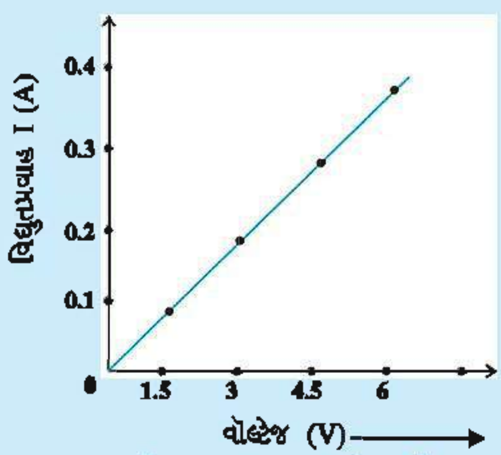
ક્રમ	બૅટરીની સંખ્યા	તારના બે છેડા વચ્ચે વૉલ્ટેજ (V)	તારમાંથી વહેતો પ્રવાહ I (A)	V / I
1	1			
2	2			
3	3			
4	4			

હવે અવલોકનો પરથી I વિરુદ્ધ Vનો આલેખ દોરો. આ આલેખ કેવા પ્રકારનો મળે છે ? આ આલેખ ઊગમબિંદુમાંથી પસાર થતી સુરેખા મળશે (આકૃતિ 4.6). તમારા તારણો લખો. આ પ્રવૃત્તિ પરથી નીચેના મુદ્દાઓ તારવી શકાય :

(i) વૉલ્ટેજ વધારતાં વાહકમાં વિદ્યુતપ્રવાહ સમપ્રમાણમાં વધે છે.

(ii) I → V આલેખ સુરેખ મળે છે.

(iii) V અને Iનો ગુણોત્તર દરેક વખતે અચળ મળે છે.



આકૃતિ 4.6 : I → Vનો આલેખ

આ પ્રકારના પ્રયોગ પરથી ઓહ્‌મે વિદ્યુતપ્રવાહ (I) અને વૉલ્ટેજ (V) વચ્ચેનો સંબંધ પ્રસ્થાપિત કર્યો, જે ઓહ્‌મના નિયમ તરીકે ઓળખાય છે.

ઓહ્‌મનો નિયમ : 'નિશ્ચિત ભૌતિક પરિસ્થિતિમાં વાહકમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ તે વાહક પર લાગુ પાડેલા વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવતના સમપ્રમાણમાં હોય છે.'

એટલે કે $I \propto V$

જેને નીચે મુજબ પણ લખી શકાય :

$$V \propto I$$

$$\therefore V = IR$$

જ્યાં, સપ્રમાણતા અચળાંક R પરિપથનો અવરોધ દર્શાવે છે.

ઉપરના સમીકરણ પરથી,

$$\text{અવરોધ (R)} = \frac{\text{વૉલ્ટેજ (V)}}{\text{વિદ્યુતપ્રવાહ (I)}}$$

અવરોધનો SI એકમ volt / ampere છે, જે 'ohm' તરીકે ઓળખાય છે. તેની સંજ્ઞા Ω (ઓમેગા) છે.

$$\therefore 1 \text{ ઓહ્‌મ} = \frac{1 \text{ વૉલ્ટ}}{1 \text{ એમ્પિયર}}$$

જો વાહકના બે છેડા વચ્ચે 1Vનો વૉલ્ટેજ લાગુ પાડતા તેમાંથી 1A જેટલો પ્રવાહ પસાર થાય તો વાહકનો અવરોધ 1 Ω કહેવાય. વિદ્યુત પરિપથોમાં અવરોધને ' ' સંજ્ઞા વડે દર્શાવાય છે.

પદાર્થનો અવરોધ પદાર્થની જાત અને તેની ભૌતિક પરિસ્થિતિ (દા.ત., તાપમાન) પર આધાર રાખે છે. ધાતુ પદાર્થોમાં તાપમાન વધતાં તેનો અવરોધ વધે છે. વાહકમાં ગતિ કરતાં મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉન વાહકમાં રહેલા ધન આયનો સાથે અથડાય છે. આથી તેમની ગતિ અવરોધાય છે. આમ, ઇલેક્ટ્રૉનની ગતિ એટલે કે વિદ્યુતપ્રવાહની ગતિ જેને લીધે અવરોધાય છે તેને વાહકનો અવરોધ (R) કહે છે.

તાંબું, ઍલ્યુમિનિયમ જેવા ધાતુ પદાર્થોમાં મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા પ્રમાણમાં વધુ હોય છે. આ કારણે ધાતુઓમાં અવરોધ ઓછો હોય છે. આથી આપણે તાંબાના તારને વાહકતાર તરીકે વાપરીએ છીએ. અવાહક પદાર્થોનો અવરોધ ખૂબ જ મોટો હોય છે. નિક્રોમ જેવી મિશ્ર ધાતુઓ અવરોધક તાર બનાવવા માટે વપરાય છે. રેડિયો, ટીવી જેવા ઉપકરણોમાં ઉપયોગમાં લેવાતા અવરોધો કાર્બન અને ગ્રૅફાઇટના મિશ્રણમાંથી બનાવેલા હોય છે.

ઉદાહરણ 4 :

220 Vની લાઈન સાથે જોડેલ એક વીજળીનો ગોળો 0.5 A વિદ્યુતપ્રવાહ ખેંચતો હોય તો તે ગોળાના ફિલામેન્ટનો અવરોધ શોધો.

ઉકેલ : I = 0.5 A, V = 220 V

ઓહ્‌મના નિયમ અનુસાર $R = \frac{V}{I} = \frac{220}{0.5} = 440\Omega$

ઉદાહરણ 5 :

એક ઇલેક્ટ્રિક હીટરને 120 V વૉલ્ટેજ આપતાં તેમાંથી 2 Aનો પ્રવાહ પસાર થાય છે. જો હીટરને 240 Vનો વૉલ્ટેજ આપવામાં આવે તો તેમાંથી કેટલો પ્રવાહ પસાર થશે ? આ હીટરના ગૂંચળાનો અવરોધ કેટલો હશે ?

ઉકેલ: $V_1 = 120\ V,\ I_1 = 2A,\ V_2 = 240\ V,\ I_2 = ?$

હીટરના ગૂંચળાનો અવરોધ $R = \frac{V_1}{I_1} = \frac{120}{2} = 60\Omega$

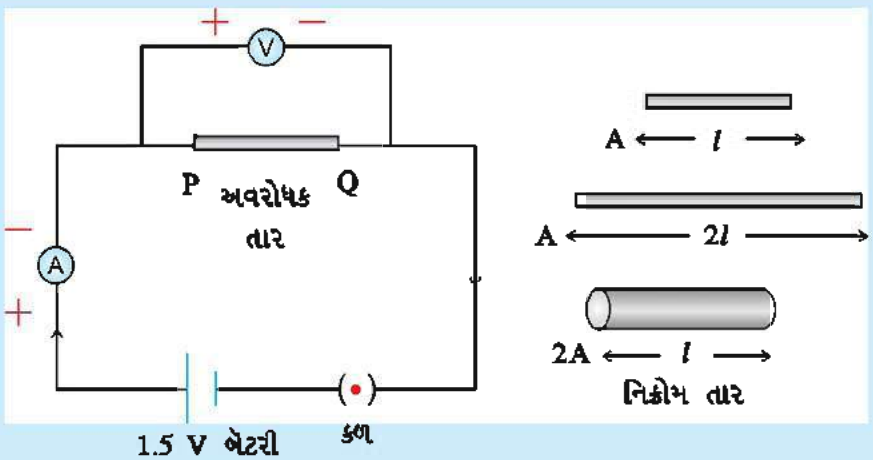
હવે ઓહ્મના નિયમ અનુસાર, $R = \frac{V_2}{I_2}$

$$\therefore\ I_2 = \frac{V_2}{R}$$

$$= \frac{240}{60} = 4\ A$$

4.7 અવરોધકતા (Resistivity)

પ્રવૃત્તિ 3



આકૃતિ 4.7 : અવરોધ પર તેના પરિમાણની અસર

(i) આકૃતિ 4.7માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે A આડછેદવાળા અને *l* લંબાઈ(ધારો કે 0.5m)ના અવરોધક તાર(નિક્રોમ તાર)ને પરિપથમાં બિંદુ P અને Q વચ્ચે જોડો. હવે કળ મૂકીને વિદ્યુતપ્રવાહ (I) અને વોલ્ટેજ (V) વચ્ચેનાં મૂલ્યો માપો તથા $R = \frac{V}{I}$ પરથી તેનો અવરોધ R_1 નક્કી કરો.

(ii) હવે A આડછેદવાળા અને 2*l* લંબાઈ (1m) વાળા અવરોધક તારને પરિપથમાં જોડી તેનો અવરોધ R_2 શોધો.

(iii) આ જ રીતે *l* લંબાઈવાળો પરંતુ આડછેદનું ક્ષેત્રફળ 2A ધરાવતો જાડો અવરોધક તાર લો અને તેનો અવરોધ R_3 માપો.

R_1, R_2 અને R_3 અવરોધો વિશે તમારાં તારણો જણાવો.

આ પ્રવૃત્તિમાં તમને $R_2 = 2R_1$ મળશે. આ કિસ્સામાં બંને તારના આડછેદનું ક્ષેત્રફળ (A) સમાન છે પરંતુ બીજા તારની લંબાઈ બમણી હોવાથી તેનો અવરોધ બમણો મળે છે. હવે R_3 અવરોધ માટે $R_3 = \frac{R_1}{2}$ મળશે. આ કિસ્સામાં બન્ને તારની લંબાઈ સમાન છે પરંતુ ત્રીજા તારના આડછેદનું ક્ષેત્રફળ બમણું છે. આથી તેનો અવરોધ R_1 કરતાં અડધો મળે છે.

આમ, અવરોધનું મૂલ્ય એ દ્રવ્યની જાત ઉપરાંત તેના પરિમાણ પર પણ આધાર રાખે છે.

કોઈ વાહકનો અવરોધ તે વાહકની લંબાઈના સમપ્રમાણમાં અને તે વાહકના આડછેદના ક્ષેત્રફળના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.

જો કોઈ વાહકતારની લંબાઈને l અને આડછેદના ક્ષેત્રફળને A વડે દર્શાવીએ તો,

$$R \propto l, \quad R \propto \frac{1}{A}$$

$$\therefore R \propto \frac{l}{A}$$

$$\therefore R = \rho \frac{l}{A}$$

અહીં, ρને વાહકના દ્રવ્યની અવરોધકતા (resistivity) કહે છે. ઉપરોક્ત સમીકરણ પરથી, $\rho = R \frac{A}{l}$

$$\rho\text{નો એકમ} = \frac{\text{અવરોધનો એકમ} \times \text{ક્ષેત્રફળનો એકમ}}{\text{લંબાઈનો એકમ}}$$

$$= \frac{\Omega \times m^2}{m} = \Omega m$$

નીચેના ટેબલમાં કેટલીક ધાતુઓ, મિશ્ર ધાતુઓ અવાહક પદાર્થોની અવરોધકતા દર્શાવી છે :

ટેબલ 4.2 : કેટલાક પદાર્થોની અવરોધકતા (at 20 °C)

	પદાર્થ	અવરોધકતા ρ (Ω m)
ધાતુઓ	એલ્યુમિનિયમ	2.63×10^{-8}
	તાંબું	1.62×10^{-8}
	ચાંદી	1.6×10^{-8}
	લોખંડ	10×10^{-8}
	ટંગસ્ટન	5.2×10^{-8}
મિશ્રધાતુઓ	મેંગેનીન	44×10^{-6}
	નિક્રોમ	100×10^{-6}
અવાહકો	કાચ	$10^{10} - 10^{14}$
	રબર (Hard)	$10^{13} - 10^{16}$
	હીરો	$10^{12} - 10^{13}$
	પેપર (સૂકો)	10^{12}

ટેબલ પરથી સ્પષ્ટ છે કે વાહકો અને મિશ્ર ધાતુઓની અવરોધકતા ઓછી છે જ્યારે અવાહકોમાં તે ઘણી જ વધારે છે. સિલિકૉન (Si) અને જર્મેનિયમ (Ge) જેવા તત્ત્વોની અવરોધકતા વાહક કરતા વધુ પરંતુ અવાહકો કરતા ઓછી હોય છે. આથી તેમને અર્ધવાહકો કહે છે. આવા તત્ત્વોનો ઈલેક્ટ્રૉનિક્સ ઘટકો બનાવવામાં બહોળો ઉપયોગ થાય છે.

ઉદાહરણ 6 :

***l* લંબાઈ અને A આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતાં અવરોધક તારનો અવરોધ 4 Ω છે. આ જ પ્રકારના અવરોધક તાર જેની લંબાઈ *l* / 2 અને આડછેદનું ક્ષેત્રફળ 2A હોય તે તારનો અવરોધ કેટલો થશે ?**

ઉકેલ : પ્રથમ તાર માટે, $R = \rho \frac{l}{A}$, બીજા તાર માટે, $R' = \rho \frac{l'}{A'}$ પરંતુ $l' = \frac{l}{2}$ અને $A' = 2A$ છે.

$$\therefore \quad R' = \rho \frac{l/2}{2A} = \frac{1}{4} \rho \frac{l}{A} = \frac{1}{4} \times R = R' = \frac{1}{4} \times 4 = 1\Omega$$

ઉદાહરણ 7 :

2 m લંબાઈવાળા, 1.7 × 10^{-6} m^2 આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતા તાંબાના તારનો અવરોધ 2 × 10^{-2} Ω છે, તો તાંબાની અવરોધકતા ગણો.

ઉકેલ : $l = 2$ m, $A = 1.7 \times 10^{-6}$ m^2, $R = 2 \times 10^{-2}$ Ω

$$R = \rho \frac{l}{A}$$ પરથી,

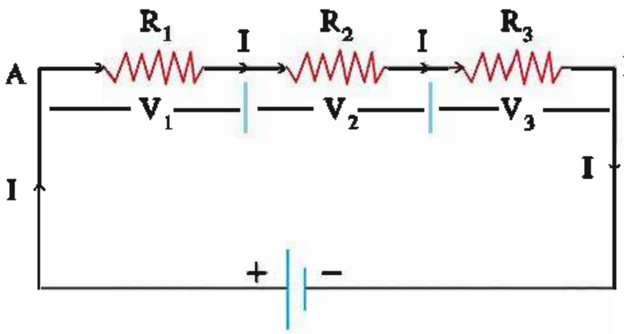
$$\therefore \rho = \frac{R \times A}{l} = \frac{2 \times 10^{-2} \times 1.7 \times 10^{-6}}{2} = 1.7 \times 10^{-8} \, \Omega \, m$$

4.8 અવરોધોના જોડાણ (Combination of Resistance)

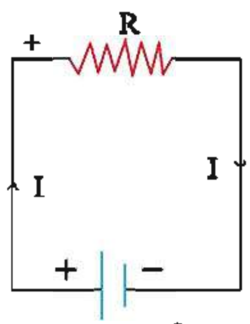
વિદ્યાર્થીમિત્રો,

તમે તમારો pocket રેડિયો ખોલીને જોયો છે ? તમને તેમાં અનેક અવરોધો એકબીજા સાથે જટિલ રીતે જોડાયેલા દેખાશે. આ અવરોધો ઉપકરણ(રેડિયો)માં આવેલા જુદાં જુદાં પરિપથમાં પ્રવાહનું નિયંત્રણ કરે છે. આ માટે ક્યારેક મોટા અવરોધ અથવા નાના મૂલ્યના અવરોધની જરૂર પડે છે. આ ઇચ્છિત અવરોધ આપણે કેટલાક અવરોધોને શ્રેણીમાં અથવા સમાંતરમાં અથવા કેટલાક અવરોધોને શ્રેણી અને સમાંતર બંનેમાં જોડી મેળવી શકીએ છીએ. અહીં આપણે અવરોધના શ્રેણી જોડાણ અને સમાંતર જોડાણ વિશે વિસ્તૃત અભ્યાસ કરીશું.

(1)અવરોધોનું શ્રેણી જોડાણ : પરિપથના બે બિંદુઓ વચ્ચે એક કરતા વધુ અવરોધોને એવી રીતે જોડવામાં આવે છે કે જેથી દરેક અવરોધમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ સમાન હોય અને તેને વહેવા માટે ફક્ત એક જ માર્ગ ઉપલબ્ધ હોય તો તે અવરોધો તે બે બિંદુઓ વચ્ચે શ્રેણીમાં જોડેલા છે તેમ કહેવાય.



(a) વિદ્યુતપરિપથ



(b) સમતુલ્ય પરિપથ

આકૃતિ 4.8 : અવરોધોનું શ્રેણી જોડાણ

આકૃતિ 4.8માં ત્રણ અવરોધો R_1, R_2 અને R_3ને બિંદુ A અને B વચ્ચે શ્રેણીમાં જોડેલા દર્શાવ્યા છે. અહીં દરેક અવરોધ R_1, R_2 અને R_3માંથી વહેતો પ્રવાહ (I) સમાન છે. પરંતુ બૅટરીનો કુલ વૉલ્ટેજ V અવરોધોના મૂલ્ય પ્રમાણે વહેંચાય છે.

R_1, R_2 અને R_3 અવરોધો પરનો વૉલ્ટેજ ડ્રૉપ (વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત) અનુક્રમે V_1, V_2 અને V_3 હોય તો,

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \qquad \text{... .... (4.8.1)}$$

હવે, પરિપથમાં આ ત્રણ અવરોધોને બદલે જો એક એવો અવરોધ R જોડવામાં આવે કે જેથી પરિપથમાંથી વહેતો પ્રવાહ I જેટલો જ રહે તો Rને પરિપથનો સમતુલ્ય અવરોધ કહેવાય. [જુઓ આકૃતિ 4.8 (b)]

સમતુલ્ય અવરોધ માટે $V = IR$ ... . (4.8.2)

ઓહ્મના નિયમ અનુસાર,

R_1 પરનો વૉલ્ટેજ ડ્રૉપ, $V_1 = IR_1$ ... . (4.8.3)

R_2 પરનો વૉલ્ટેજ ડ્રૉપ, $V_2 = IR_2$ ... . (4.8.4)

R_3 પરનો વૉલ્ટેજ ડ્રૉપ, $V_3 = IR_3$ ... . (4.8.5)

સમીકરણ (1), (2) અને (3) પરથી, $IR = IR_1 + IR_2 + IR_3$

$\therefore\ R = R_1 + R_2 + R_3$ ... . (4.8.6)

આ ઉપરથી કહી શકાય કે શ્રેણીમાં જોડેલા બધા જ અવરોધોનો સરવાળો કરવાથી તેમનો સમતુલ્ય અવરોધ R મળે છે.

અવરોધોના શ્રેણી જોડાણ માટે આપણે કેટલીક બાબતો નોંધી લઈએ :

(1) આ પ્રકારના જોડાણમાં પરિપથના દરેક અવરોધોમાં વહેતો પ્રવાહ સમાન હોય છે.

(2) શ્રેણીમાં જોડેલા બધા અવરોધો પરનો કુલ વૉલ્ટેજ ડ્રૉપ દરેક અવરોધ પરના વૉલ્ટેજ ડ્રૉપના સરવાળા બરાબર હોય છે.

(3) આ પરિપથના સમતુલ્ય અવરોધનું મૂલ્ય પરિપથમાં રહેલા મોટામાં મોટા અવરોધ કરતાં વધુ હોય છે.

ઉદાહરણ 8 :

જો 12 Vની બૅટરીને એક 20 Ω અવરોધવાળા બલ્બ સાથે જોડી પરિપથમાં પ્રવાહનું મૂલ્ય 0.5 A જેટલું રાખવું હોય તો બલ્બ સાથે કેટલા મૂલ્યનો અવરોધ શ્રેણીમાં જોડવો જોઈએ ? આ બલ્બના બે છેડા વચ્ચેનો વૉલ્ટેજ ડ્રૉપ કેટલો હશે ?

ઉકેલ : જો બલ્બની શ્રેણીમાં જોડેલા અવરોધને R_1 અને બલ્બના અવરોધને R_2 કહીએ તો વિદ્યુતપરિપથ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબનો થશે.

$V = 12\ V,\ I = 0.5\ A,\ R_2 = 20\ \Omega,\ R_1 = ?$

ઓહ્મના નિયમનો ઉપયોગ કરતાં, $R = \frac{V}{I} = \frac{12}{0.5} = 24\,\Omega$

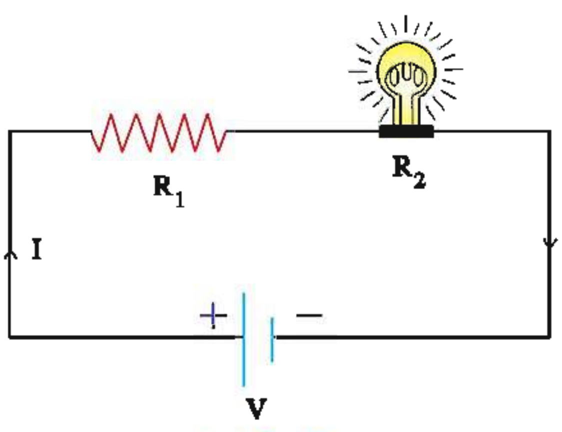
અહીં બલ્બ અને અવરોધ શ્રેણીમાં જોડેલા હોવાથી પરિપથનો સમતુલ્ય અવરોધ,

$R = R_1 + R_2$ ... ... (1)

R અને R_1નું મૂલ્ય સમીકરણ (1)માં મૂકતાં,

$24 = 20 + R_2$

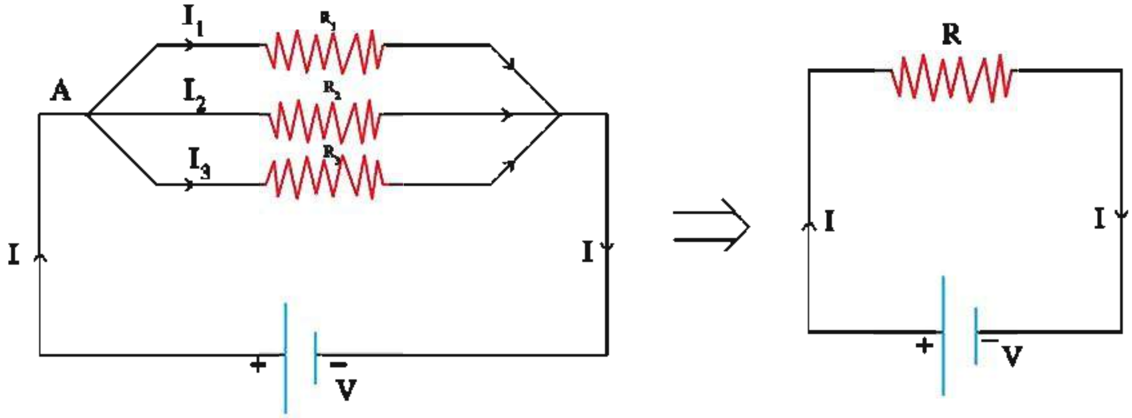
$\therefore\ R_2 = 24 - 20 = 4\Omega$



આકૃતિ 4.9

હવે, બલ્બના બે છેડા વચ્ચેનો વૉલ્ટેજ ડ્રૉપ $V_2 = I\,R_2 = (0.5)\,(4) = 2\ V$

(2) અવરોધોનું સમાંતર જોડાણ : પરિપથનાં બે બિંદુઓ વચ્ચે એક કરતાં વધુ અવરોધોને એવી રીતે જોડવામાં આવે કે જેથી વિદ્યુતપ્રવાહને વહેવા માટે એક કરતાં વધુ માર્ગો ઉપલબ્ધ હોય અને દરેક અવરોધના બે છેડા વચ્ચેનો વૉલ્ટેજ ડ્રૉપ સમાન હોય તો તે બે બિંદુઓ વચ્ચે અવરોધો સમાંતરમાં જોડાયેલા છે તેમ કહેવાય.



(a) વિદ્યુત પરિપથ (b) સમતુલ્ય પરિપથ

આકૃતિ 4.10 : અવરોધોનું સમાંતર જોડાણ

આકૃતિ 4.10 (a)માં ત્રણ અવરોધો R_1, R_2 અને R_3ને બિંદુઓ A અને B વચ્ચે સમાંતર જોડેલા દર્શાવ્યા છે. અહીં અવરોધોના એક તરફના છેડાઓ એક સામાન્ય બિંદુ A અને બીજી તરફના છેડાઓ બીજા સામાન્ય બિંદુ B સાથે જોડેલ છે. અહીં, બિંદુ A આગળ વિદ્યુતપ્રવાહ Iના ત્રણ ભાગ પડે છે. દરેક અવરોધમાંથી વહેતો પ્રવાહ તે અવરોધના મૂલ્ય પર આધારિત છે. ધારો કે અવરોધ R_1, R_2 અને R_3માંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ અનુક્રમે I_1, I_2 અને I_3 છે. આ વિદ્યુતપ્રવાહનો કુલ સરવાળો પરિપથના કુલ વિદ્યુતપ્રવાહ જેટલો થાય છે.

$$\therefore I = I_1 + I_2 + I_3 \qquad \text{... ....} \ (4.8.7)$$

સમાંતર જોડેલા દરેક અવરોધ પરનો વૉલ્ટેજ ડ્રૉપ બૅટરી વૉલ્ટેજ (V) જેટલો જ હોય છે. આથી, ઓહ્મના નિયમ અનુસાર,

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, \ I_2 = \frac{V}{R_2} \ \text{અને} \ I_3 = \frac{V}{R_3}$$

સમીકરણ (4.8.7) પરથી, $I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$

આ ત્રણેય અવરોધોને બદલે આ પરિપથમાં એક અવરોધ R એવો જોડવામાં આવે જેથી પરિપથમાંથી વહેતો પ્રવાહ I જેટલો જ રહે. [આકૃતિ 4.10 (b)]

$$I = \frac{V}{R}$$

$$\therefore \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad \text{... ....} \ (4.8.8)$$

અહીં અવરોધ Rને આ ત્રણ અવરોધોના સમાંતર જોડાણનો સમતુલ્ય અવરોધ કહેવાય છે.

અવરોધોના સમાંતર જોડાણ માટે નીચેની બાબતો નોંધી લઈએ :

(1) સમતુલ્ય અવરોધ Rનું વ્યસ્ત, દરેક અવરોધના વ્યસ્ત મૂલ્યોના સરવાળા બરાબર હોય છે.

(2) દરેક અવરોધો પરનો વૉલ્ટેજ ડ્રૉપ સમાન મળે છે.

(3) દરેક અવરોધમાંથી પસાર થતા પ્રવાહનો સરવાળો કુલ પ્રવાહ જેટલો મળે છે.

(4) સમતુલ્ય અવરોધનું મૂલ્ય એ સમાંતર જોડેલા અવરોધોમાંના નાનામાં નાના મૂલ્યના અવરોધ કરતાં નાનું મળે છે.

ઉદાહરણ 9 :

ત્રણ અવરોધોને 30 Vની બૅટરી સાથે સમાંતરમાં જોડેલા છે. બૅટરીમાંથી 7.5 Aનો વિદ્યુતપ્રવાહ પરિપથમાંથી પસાર થાય છે. જો બે અવરોધોનાં મૂલ્યો 10 Ω અને 12 Ω હોય, તો ત્રીજા અવરોધનું મૂલ્ય શોધો.

ઉકેલ : $V = 30$ V, $I = 7.5$ A, $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 12\ \Omega$, $R_3 =$?

પરિપથનો સમતુલ્ય અવરોધ $R = \frac{V}{I} = \frac{30}{7.5} = 4\ \Omega$

હવે, R_1, R_2 અને R_3 સમાંતર જોડેલા છે.

આથી, $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

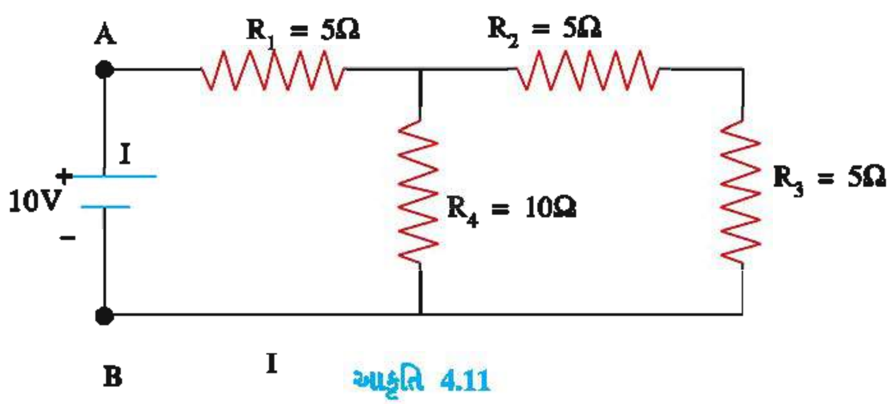
$\therefore \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R} - \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4} - \frac{1}{10} - \frac{1}{12} = \frac{15-6-5}{60}$

$\therefore \frac{1}{R_3} = \frac{1}{15}$

$\therefore R_3 = 15\ \Omega$

ઉદાહરણ 10 :

નીચેની આકૃતિમાં દર્શાવેલ પરિપથ માટે બિંદુ A અને B વચ્ચેનો સમતુલ્ય અવરોધ શોધો. તેમજ બૅટરીમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ I શોધો.



આકૃતિ 4.11

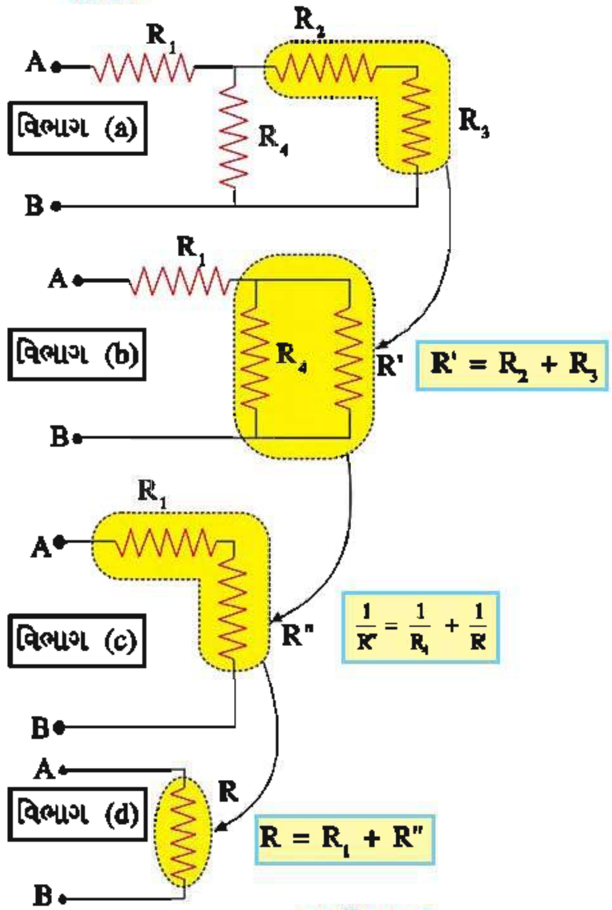
આકૃતિ 4.12ના વિભાગ (a)માં દર્શાવ્યા મુજબ R_2 અને R_3 શ્રેણીમાં છે. આથી તેમનો સમતુલ્ય અવરોધ

$R' = R_2 + R_3$
$= 5 + 5$
$= 10\ \Omega$

હવે, R' એ અવરોધ R_4 સાથે સમાંતર છે. [જુઓ આકૃતિ 4.12 (b)]. આથી તેમનો સમતુલ્ય અવરોધ,

$\therefore \frac{1}{R''} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R'}$

ઉકેલ :



આકૃતિ 4.12

અથવા

$$R'' = \frac{R_4 \times R'}{R_4 + R'}$$

$$= \frac{10 \times 10}{10 + 10}$$

$$= 5\ \Omega$$

હવે અવરોધ R" એ R_1 સાથે શ્રેણીમાં આવે છે. [જુઓ આકૃતિ 4.12 (c)] આથી બિંદુ A અને B પાસે પરિપથનો સમતુલ્ય અવરોધ

$$R = R'' + R_1$$

$$= 5 + 5$$

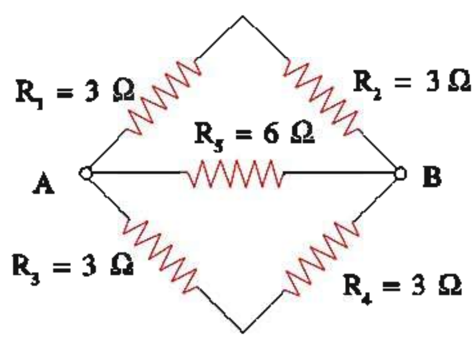
$$= 10\ \Omega$$

બૅટરીમાંથી વહેતો કુલ પ્રવાહ,

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10\ V}{10\ \Omega} = 1\ A$$

ઉદાહરણ 11 :

બાજુની આકૃતિમાં દર્શાવેલ વિદ્યુત પરિપથનો બિંદુ A અને B વચ્ચેનો સમતુલ્ય અવરોધ શોધો.

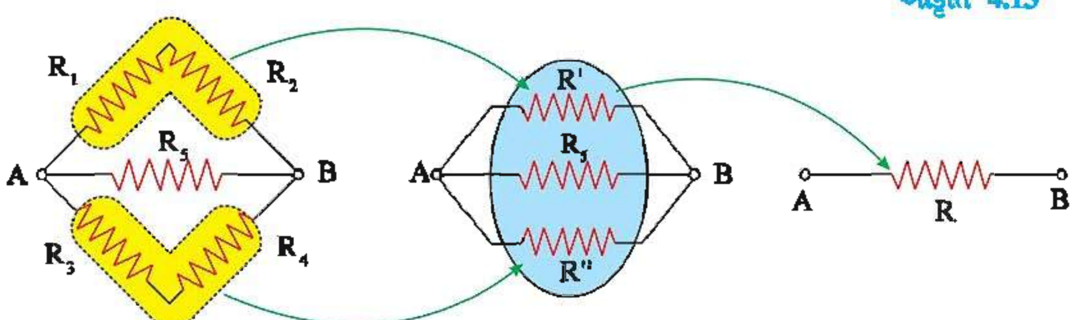


આકૃતિ 4.13

ઉકેલ : સૌપ્રથમ પરિપથમાં R_1 અને R_2 બન્ને શ્રેણીમાં છે. આથી $R' = R_1 + R_2 = 3 + 3 = 6\ \Omega$

આ જ રીતે R_3 અને R_4 પણ શ્રેણીમાં છે.

આથી $R'' = R_3 + R_4 = 3 + 3 = 6\ \Omega$



આકૃતિ 4.14

હવે R_5, R' અને R" ત્રણેય અવરોધો સમાંતર છે. આથી A અને B વચ્ચે પરિપથનો સમતુલ્ય અવરોધ,

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R'} + \frac{1}{R''}$$

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore R = 2\ \Omega$$

(3) અવરોધોના શ્રેણી અને સમાંતર જોડાણના ફાયદા અને ગેરફાયદા : અવરોધોને શ્રેણીમાં જોડવાથી પરિપથનો કુલ અવરોધ વધે છે અને તેમાં પ્રવાહનું મૂલ્ય ઘટે છે. આમ, પરિપથમાં પ્રવાહનું નિયંત્રણ કરવા માટે અવરોધોનું શ્રેણી જોડાણ ઉપયોગી છે. આ ઉપરાંત વિદ્યુત ઉપકરણો તેમજ ઘરના વીજળી જોડાણમાં ફ્યૂઝને Mains Voltage Line (230 V) સાથે શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે છે. આથી જ્યારે કોઈ વિદ્યુત ઉપકરણમાં શૉર્ટ સર્કિટ થાય કે તરત જ ફ્યૂઝ વાયર પીગળી જાય છે અને વિદ્યુતપ્રવાહને અટકાવે છે. પરિણામે વિદ્યુત ઉપકરણને થતું નુકસાન અટકે છે.

જો વિદ્યુત ઉપકરણોને શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે તો પરિપથને લાગુ પાડેલ વૉલ્ટેજ વહેંચાઈ જાય છે. દા.ત., 240 V પર કાર્ય કરતાં ત્રણ બલ્બને 240 V સાથે શ્રેણીમાં જોડતાં દરેક બલ્બને 80 V જેટલો વૉલ્ટેજ મળે છે. આટલા ઓછા વૉલ્ટેજ પર તેઓ પૂરતી ક્ષમતાથી પ્રકાશ આપી શકતા નથી. શ્રેણીમાં જોડેલાં ઉપકરણોમાંથી કોઈ ઉપકરણ બગડી જાય અથવા પરિપથમાં ભંગાણ પડે તો પરિપથમાં પ્રવાહ વહેતો નથી અને બાકીના ઉપકરણો કામ કરતાં બંધ થઈ જાય છે. દા.ત., શ્રેણીમાં જોડેલાં ત્રણ બલ્બમાંથી કોઈ એક બલ્બ ઊડી જાય તો બાકીના બલ્બ પ્રકાશિત થતા નથી.

પરંતુ જો આ ત્રણેય બલ્બને 240 V સાથે સમાંતર જોડવામાં આવે તો ત્રણેય બલ્બને 240 V જેટલો સમાન વૉલ્ટેજ મળે છે તથા કોઈ એક બલ્બ ઊડી જાય તો બાકીના બલ્બમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ વહેવાનું ચાલુ રહે છે અને તેઓ પ્રકાશિત થશે. આમ, સમાંતર જોડાણમાં વિદ્યુતપ્રવાહમાં ભંગાણ પડતું નથી. આપણા ઘરમાં દરેક વિદ્યુત ઉપકરણો જેવા કે પંખો, ટ્યૂબલાઇટ, ટીવી, ફ્રિજ વગેરે 240 Vની Main line સાથે સમાંતર જોડેલા હોય છે. અવરોધોના સમાંતર જોડાણમાં પરિપથનો સમતુલ્ય અવરોધ ઘટતો હોવાથી વધુ પ્રમાણમાં વિદ્યુતપ્રવાહ મેળવી શકાય છે.

4.9 વિદ્યુતપ્રવાહની તાપીય અસર (Heating Effect of Electric Current)

જ્યારે બલ્બમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરીએ ત્યારે આપણો અનુભવ કહે છે કે થોડા સમયમાં તે ગરમ થઈ જાય છે. આ જ રીતે ઇસ્ત્રી કે હીટર જેવા વિદ્યુત ઉપકરણમાં વિદ્યુતપ્રવાહ વહેવડાવતા તેઓ ઉષ્મા ઉત્પન્ન કરે છે. અહીં વિદ્યુતઊર્જાનું ઉષ્માઊર્જામાં રૂપાંતર થાય છે, જેને વિદ્યુતપ્રવાહની તાપીય અસર કહે છે. જે રીતે ઘર્ષણ(friction)ને કારણે યાંત્રિકઊર્જાનું ઉષ્માઊર્જામાં રૂપાંતર થાય છે તે જ રીતે અવરોધને કારણે વિદ્યુતઊર્જાનું ઉષ્માઊર્જામાં રૂપાંતર થાય છે.

વિદ્યુતઊર્જા (Electrical Energy) :

ધારો કે કોઈ અવરોધ(R)માંથી વિદ્યુતપ્રવાહ વહે છે. આ પ્રવાહને સતત વહેતો રાખવા માટે બૅટરીએ તેમાંથી નીકળતા દરેક વિદ્યુતભારને ઊર્જા આપવી પડે છે. આપણે જોઈ ગયા કે V વૉલ્ટની બૅટરીને Q જેટલા વિદ્યુતભારને ગતિમાં રાખવા કરવું પડતું કાર્ય,

$$W = VQ$$

વિદ્યુતપ્રવાહની વ્યાખ્યા પરથી,

$$Q = It$$

$$\therefore W = VIt$$

ઓહ્મના નિયમ પરથી, $V = IR$

$$\therefore W = (IR)\ (I)\ (t)$$

$$\therefore W = I^2Rt$$

આમ, t સમય સુધી અવરોધ Rમાંથી વહેતો પ્રવાહ I જેટલો હોય તો તેમાં ખર્ચાતી વિદ્યુતઊર્જા W જેટલી છે, જેનું ઉષ્માઊર્જામાં રૂપાંતર થાય છે.

$$\therefore \text{ઉષ્માઊર્જા } (H) = I^2\ Rt$$

ઉપર્યુક્ત સમીકરણને **જૂલનો નિયમ** કહે છે. આમ, અવરોધમાં ઉત્પન્ન થતી ઉષ્મા,

1. આપેલ અવરોધમાં પસાર થતા પ્રવાહના વર્ગના સમપ્રમાણમાં હોય છે.
2. આપેલ પ્રવાહ માટે તે અવરોધના સમપ્રમાણમાં હોય છે.
3. આપેલ અવરોધ અને પ્રવાહ માટે તે સમયના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

વિદ્યુતઊર્જા અથવા ઉષ્માઊર્જાનો SI એકમ joule (J) છે.

વિદ્યુતપ્રવાહને લીધે ઉત્પન્ન થતી ઉષ્મીય અસરનો ઉપયોગ રોજિંદા જીવનમાં વપરાતા કેટલાંક ઉપકરણોમાં થાય છે. દા.ત., ઇલેક્ટ્રિક હીટર, ઇલેક્ટ્રિક ઇસ્ત્રી, વૉટરહીટર, ટોસ્ટર, ઓવન વગેરે. જોકે બીજા ઘણા વિદ્યુત ઉપકરણો જેવા કે પંખા, કમ્પ્યૂટર, જનરેટર, વિદ્યુતમોટર વગેરેમાં વિદ્યુતપ્રવાહને લીધે ઉત્પન્ન થતી ઉષ્મા અનિચ્છીય છે.

વિદ્યુત પાવર (Electric Power) :

વિદ્યુત પાવર એટલે વિદ્યુતઊર્જાનો દર એટલે કે એકમ સમયમાં ખર્ચાતી વિદ્યુતઊર્જા(અથવા ઉદ્ભવતી ઉષ્માઊર્જા)ને પાવર કહે છે. પાવરને સંજ્ઞા P વડે દર્શાવાય છે.

$$\therefore P = \frac{\text{ખર્ચાતી વિદ્યુતઊર્જા}}{\text{સમય}}$$

$$= \frac{W}{t} = \frac{I^2\ Rt}{t}$$

$$\therefore P = I^2R \qquad \text{... ... ... (4.9.1)}$$

અથવા $P = IV \quad \left(R = \frac{V}{I} \text{ મૂકતાં}\right)$ ... ... (4.9.2)

અથવા $P = \frac{V^2}{R} \quad \left(I = \frac{V}{R} \text{ મૂકતાં}\right)$ ... ... (4.9.3)

પાવરનો SI એકમ joule / second અથવા watt (W) છે. જો 1 Aનો વિદ્યુતપ્રવાહ, 1 Vની બૅટરી દ્વારા પરિપથમાં વહેતો હોય તો 1W પાવર ખર્ચાયો કહેવાય. સમીકરણ (4.9.2) પરથી,

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ volt} \times 1 \text{ Ampere}$$

$$= 1 \text{ VA}$$

વિદ્યુતઊર્જાનો વ્યવહારિક એકમ :

વિદ્યુતપાવરની વ્યાખ્યા અનુસાર,

$$P = \frac{W}{t}$$

$$\therefore W = P \times t$$

$\therefore$ 1 જૂલ = 1 વૉટ $\times$ 1 સેકન્ડ

વિદ્યુતઊર્જા માટે વૉટ સેકન્ડ એકમ નાનો હોવાથી વ્યવહારમાં કિલોવૉટ અવર (kWh) એકમ વપરાય છે.

1 kWh = 1000 વૉટ $\times$ 3600 સેકન્ડ

$\therefore$ 1 kWh = 3.6×10^6 જૂલ

ઘર-વપરાશમાં જે વીજળી તમે વાપરો છો તેની ગણતરી kWhમાં કરવામાં આવે છે, જેને યુનિટ (unit) કહે છે.

$\therefore$ 1 યુનિટ = 1 kWh = 3.6×10^6 જૂલ

100 Wના 10 બલ્બને 1 કલાક સુધી ચાલુ રાખવામાં આવે તો 1 યુનિટ જેટલી વિદ્યુતઊર્જા વપરાય છે.

ઉદાહરણ 12 :

એક ઇલેક્ટ્રિક ઇસ્ત્રીમાંથી 5 A જેટલો પ્રવાહ વહે છે. જો ઇસ્ત્રીનો અવરોધ 44 Ω હોય તો 5 મિનિટ દરમિયાન કેટલી ઊર્જા વપરાઈ હશે ?

ઉકેલ : I = 5 A, R = 44 Ω, t = 5 min = 5 $\times$ 60 = 300 s

વિદ્યુતઊર્જા $W = I^2 R t$

$= (5)^2 (44) (300) = 330000 = 3.3 \times 10^5$ J

ઉદાહરણ 13 :

એક બલ્બ પર 220 V, 100 W લખેલ છે. આ બલ્બનો અવરોધ કેટલો હશે ? આ બલ્બને 220 V સાથે જોડતા તેમાંથી કેટલો પ્રવાહ પસાર થશે ?

ઉકેલ : V = 220 V, P = 100 W R = ? I = ?

બલ્બનો અવરોધ $P = \frac{V^2}{R}$

$$\therefore R = \frac{V^2}{P} = \frac{220 \times 220}{100} = 484 \ \Omega$$

P = VI પરથી, $I = \frac{P}{V} = \frac{100}{220} = 0.45$ A

ઉદાહરણ 14 :

એક ઘરમાં 100 W, 60 W અને 40 Wના ત્રણ બલ્બ રોજના 2 કલાક વપરાતા હોય તો 30 દિવસમાં કેટલા યુનિટ વિદ્યુતઊર્જા વપરાઈ કહેવાય ?

ઉકેલ : દર સેકંડે ખર્ચાતી ઊર્જા P = 100 W + 60 W + 40 W

= 200 W

રોજના 2 કલાકમાં ખર્ચાતી ઊર્જા = P $\times$ t

= 200 $\times$ 2 $\times$ 3600 W

$$= 144 \times 10^4 \text{ W}$$

$$= \frac{1440 \times 10^3}{1000 \times 3600}$$

$$= 0.4 \text{ kWh}$$

∴ 30 દિવસમાં ખર્ચાતી ઊર્જા W = 0.4 × 30

= 12 kWh

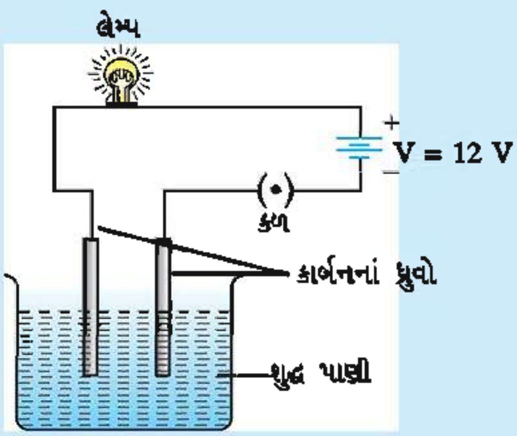
હવે, 1 unit = 1 kWh છે.

∴ 30 દિવસમાં ખર્ચાતી કુલ ઊર્જા = 12 kWh = 12 યુનિટ થશે.

4.10 વિદ્યુતપ્રવાહની રાસાયણિક અસરો (Chemical Effects of an Electric Current)

પ્રવૃત્તિ 4

કાર્બનના બે ધ્રુવો લો. (આ ધ્રુવો તમે કોઈ વપરાયેલ પાવર(કોષ)ને તોડી સૌથી અંદરના ભાગમાંથી મેળવી શકો છો.) શુદ્ધ પાણી(distilled water)થી ભરેલા એક બીકરમાં બંને ધ્રુવોને ઉતારો. આ ધ્રુવો સાથે એક નાનો બલ્બ, 12 Vની એક બૅટરી અને એક કળ જોડો. કળને ચાલુ કરતા શું થાય છે ? બલ્બ ચાલુ થયો ? તમે જોયું હશે કે બલ્બ ચાલુ નથી થતો. ચિંતા ન કરો, પાણીમાં થોડું મીઠું નાખો. (અથવા શુદ્ધ પાણીની જગ્યાએ નળમાંથી આવતું પાણી લો.)



આકૃતિ 4.15 : પાણીમાં વિદ્યુતપ્રવાહ

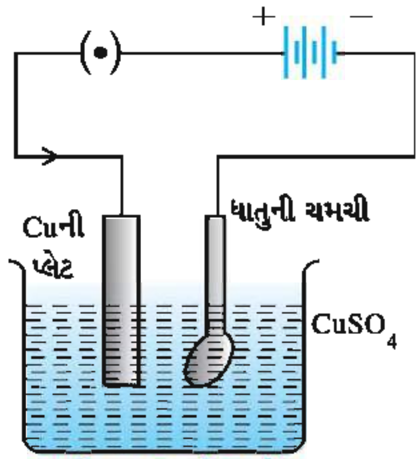
તમે જોયું હશે કે બલ્બ ચાલુ થાય છે. આમ કહી શકાય કે અતિશુદ્ધ પાણી વિદ્યુતપ્રવાહ માટે અવાહક છે. જ્યારે સામાન્ય પાણી જે રોજબરોજ આપણે ઉપયોગમાં લઈએ છીએ તે વિદ્યુતપ્રવાહ માટે સુવાહક છે. (માટે જ ભીના હાથ કે પગ હોય તો વીજળીની સ્વીચને અડવું જોઈએ નહિ.) વીજળી માટે વાહક હોય તેવાં દ્રાવણોને "ઇલેક્ટ્રોલાઇટ" કહે છે. ઇલેક્ટ્રોલાઇટમાં વીજપ્રવાહ ધન અને ઋણ આયનો દ્વારા વહે છે.

વિદ્યુતપ્રવાહ મેળવવા માટે બૅટરીની અંદર થતી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ જવાબદાર છે. એટલે એમ કહી શકાય કે રાસાયણિક ઊર્જાનું વિદ્યુતઊર્જામાં રૂપાંતરણ બૅટરી દ્વારા થાય છે. તો આ જ પ્રમાણે વિદ્યુતઊર્જાનો ઉપયોગ શું રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ કરવામાં કરી શકાય ? શું વિદ્યુતપ્રવાહ કોઈ રસાયણમાંથી પસાર થઈ શકે ખરો ? આ સમજવા નીચેની પ્રવૃત્તિ કરીએ.

ઇલેક્ટ્રોપ્લેટિંગ (Electroplating) :

ધાતુના દાગીના પર સોના(gold)નો ઢોળ ચડાવીને અસલ સોના જેવા દેખાતા દાગીના તમે જોયા હશે. આવો ઢોળ ચાંદી કે તાંબાને પણ ચડાવી શકાય. આ જે ઘટના દ્વારા થયું તેને ઇલેક્ટ્રોપ્લેટિંગ કહે છે. આ સમજવા નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે એક બીકરમાં કૉપર સલ્ફેટ($CuSO_4$)નું દ્રાવણ લો. આ દ્રાવણમાં જેના પર ઢોળ ચડાવવાનો છે તે લોખંડની ચમચી અને

એક Cu(તાંબું)ની પ્લેટ, એમ બે ધ્રુવો તૈયાર કરો. આ બંને ધ્રુવો સાથે બૅટરી આકૃતિ 4.15માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે જોડે. થોડા સમય સુધી પરિપથમાં પ્રવાહ પસાર થવા દેવામાં આવે તો તમે જોશો કે ધાતુની ચમચી પર Cuનો ઢોળ ચડ્યો છે. આવું કેમ થયું ?



આકૃતિ 4.15 : વિદ્યુતઢોળ

અહીં ઇલેક્ટ્રોલાઇટ તરીકે કૉપર સલ્ફેટ ($CuSO_4$) લીધેલ છે. આ દ્રાવણમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરતાં તે Cu^{+2} અને SO_4^{-2} જેવા આયનોમાં વહેંચાઈ જાય છે. Cu^{+2} ધનભારિત હોવાથી ઋણ ધ્રુવ (એટલે કે ચમચી) તરફ ગતિ કરી ચમચી પર જમા થાય છે. આમ, ચમચી પર તાંબાનો ઢોળ ચડે છે. દ્રાવણમાં જોકે તાંબાના પરમાણુઓ ખૂટતા નથી. કારણ કે ધન ધ્રુવ (Cu) ઉપરથી તાંબાના પરમાણુઓ દ્રાવણમાં જાય છે. આ પદ્ધતિને ઇલેક્ટ્રોપ્લેટિંગ (electroplating) કહે છે.

ઇલેક્ટ્રોપ્લેટિંગની રીત વડે લોખંડની ઘણી વસ્તુઓ ઉપર તાંબું, નિકલ, ક્રોમિયમ જેવાં પડો ચડાવવામાં આવે છે. જેથી વસ્તુને કાટ ન લાગે અને તેની ચમક વધે.

ફૅરેડેના વિદ્યુત પૃથક્કરણના નિયમો :

ઇલેક્ટ્રોલાઇટ દ્રાવણમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરતા દ્રાવણના ઋણ આયનો ધન ધ્રુવ તરફ અને ધન આયનો ઋણ ધ્રુવ તરફ ગતિ કરે છે. આ વિભાજનની પ્રક્રિયાને ઇલેક્ટ્રોલિસિસ કહે છે. આ પ્રક્રિયાનો અભ્યાસ કરી માઇકલ ફૅરેડેએ (1791-1867) ઇલેક્ટ્રોપ્લેટિંગ વખતે ધાતુ કેટલા પ્રમાણમાં ધ્રુવ પર જમા થશે તેના માટેના નિયમો આપ્યા, જે નીચે મુજબ છે :

ફૅરેડેનો પહેલો નિયમ : ઇલેક્ટ્રોલાઇટ દ્રાવણમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરતાં કૅથોડ પર જમા થતો ધાતુનો જથ્થો ઇલેક્ટ્રોલાઇટમાંથી પસાર કરેલા વિદ્યુતભાર Qના સમપ્રમાણમાં હોય છે. $m \propto Q$

ફૅરેડેનો બીજો નિયમ : જુદા જુદા વિદ્યુતદ્રાવણોમાંથી એકસરખો વિદ્યુતપ્રવાહ એકસરખા સમય સુધી પસાર કરતાં કૅથોડ પાસે છૂટો પડતો ધાતુનો જથ્થો તત્ત્વોના રાસાયણિક તુલ્યાંક(e)ના સમપ્રમાણમાં હોય છે. (કોઈ ધાતુનો રાસાયણિક તુલ્યાંક એટલે તે ધાતુનો પરમાણ્વિય દળ અને તેની સંયોજકતાનો ગુણોત્તર.)

તમે શું શીખ્યા ?

- **વિદ્યુતભાર :** વિદ્યુતભાર એ પરમાણુમાં રહેલા પ્રોટોન અને ઇલેક્ટ્રૉનનો આંતરિક ગુણધર્મ છે. વિદ્યુતભાર બે પ્રકારના છે : (1) ધન વિદ્યુતભાર (2) ઋણ વિદ્યુતભાર
- **વિદ્યુતપ્રવાહ :** એકમ સમયમાં વાહકના કોઈ પણ આડછેદમાંથી વહેતા વિદ્યુતભારના ચોખ્ખા જથ્થાને વિદ્યુતપ્રવાહ કહે છે.

  $$I = \frac{Q}{t}$$, વિદ્યુતપ્રવાહનો એકમ (A) છે.

  રૈવાજિક વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા વાહકમાં ઇલેક્ટ્રૉન પ્રવાહની દિશા કરતાં વિરુદ્ધ લેવાય છે.
- **વિદ્યુતસ્થિતિમાન :** અનંત અંતરેથી વિદ્યુતક્ષેત્રમાંના કોઈ પણ બિંદુ સુધી એકમ ધન વિદ્યુતભારને લાવવા વિદ્યુતીય બળ વિરુદ્ધ કરવા પડતા કાર્યને તે બિંદુ પાસેનું વિદ્યુતસ્થિતિમાન કહે છે.

- **વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત :** વિદ્યુતક્ષેત્રના કોઈ બે બિંદુ A અને B વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત એટલે એકમ ધન વિદ્યુતભારને વિદ્યુતીય બળ વિરુદ્ધ Aથી B સુધી લઈ જવા માટે કરવું પડતું કાર્ય.

$$V = \frac{W}{Q}$$

વિદ્યુતસ્થિતિમાન અને વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવતનો એકમ J / C અથવા volt છે.

- **ઓહ્મનો નિયમ :** નિશ્ચિત ભૌતિક પરિસ્થિતિમાં વાહકમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ તે વાહક પર લાગુ પાડેલા વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવતના સમપ્રમાણમાં હોય છે. ($I \propto V$)

ઓહ્મનો નિયમ સૂત્ર સ્વરૂપે : $V = IR$ અથવા $R = \frac{V}{I}$

R વાહકનો અવરોધ છે અને તેનો એકમ Ω છે.

- વાહકનો અવરોધ એ દ્રવ્યની જાત અને તેના પરિમાણ પર આધાર રાખે છે.

$R = \rho \frac{l}{A}$, જ્યાં, ρ = પદાર્થની અવરોધકતા, l = અવરોધક તારની લંબાઈ,

A = અવરોધક તારના આડછેદનું ક્ષેત્રફળ

- **અવરોધોનું શ્રેણી જોડાણ :** R_1, R_2, R_3, ..., R_n અવરોધોને શ્રેણીમાં જોડતાં તેમનો સમતુલ્ય અવરોધ, $R = R_1 + R_2 + ... + R_n$. અવરોધોના શ્રેણી જોડાણમાં દરેક અવરોધમાંથી વહેતો પ્રવાહ સમાન હોય છે. પરંતુ અવરોધો પરનો વૉલ્ટેજ ડ્રૉપ અલગ અલગ હોય છે.

- **અવરોધોનું સમાંતર જોડાણ :** R_1, R_2, R_3, ..., R_n અવરોધોને સમાંતર જોડતાં તેમનો સમતુલ્ય અવરોધ

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + ... + \frac{1}{R_n}$$

આ પ્રકારના જોડાણમાં દરેક અવરોધો વચ્ચેનો વૉલ્ટેજ ડ્રૉપ સમાન હોય છે. પરંતુ તેમાંથી વહેતો પ્રવાહ જુદો જુદો હોય છે.

- **વિદ્યુતઊર્જા :** કોઈ નિશ્ચિત સમય (t) માટે (R) અવરોધના વાહકમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ (I) પસાર કરતાં તેમાં ખર્ચાતી વિદ્યુતઊર્જા

$$W = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t = VIt$$

વિદ્યુતઊર્જાનો એકમ joule છે. તેને kWh અથવા યુનિટમાં પણ માપવામાં આવે છે.

- **વિદ્યુત પાવર :** એકમ સમયમાં ખર્ચાતી વિદ્યુતઊર્જાને વિદ્યુત પાવર કહે છે. તેનો એકમ વૉટ (W) છે.

$$P = \frac{W}{t} = I^2R = \frac{V^2}{R} = IV$$

- **ઇલેક્ટ્રોપ્લેટિંગ :** વિદ્યુતપ્રવાહની રાસાયણિક અસરની મદદથી એક ધાતુનો ઢોળ બીજી ધાતુ પર ચઢાવવાની પદ્ધતિને ઇલેક્ટ્રોપ્લેટિંગ કહે છે.

જે પદાર્થ પર ઢોળ ચઢાવવાનો હોય તેને બૅટરીના ઋણ ધ્રુવ સાથે અને જે ધાતુનો ઢોળ ચઢાવવો હોય તેને બૅટરીના ધન ધ્રુવ સાથે જોડવામાં આવે છે.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) વિદ્યુતભારનો SI એકમ .... છે.

(A) ઍમ્પિયર (B) વોલ્ટ (C) વૉટ (D) કુલંબ

(2) 1.6 C વિદ્યુતભારમાં ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા કેટલી હોય ?

(A) 10^{17} (B) 10^{18} (C) 10^{19} (D) 10^{20}

(3) 1μA .... mA.

(A) 10^{-6} (B) 10^{-3} (C) 10^{3} (D) 10^{6}

(4) નીચે પૈકી કયા પદાર્થમાં મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉનનું પ્રમાણ વધારે હોય છે ?

(A) તાંબું (B) કાચ (C) રબર (D) લોખંડ

(5) ઓહ્મના નિયમ પ્રમાણે ....

(A) પરિપથમાં પ્રવાહ વધારતા અવરોધ વધે છે.

(B) પરિપથમાં વૉલ્ટેજ વધારતા અવરોધ વધે છે.

(C) પરિપથમાં વૉલ્ટેજ વધારતાં પ્રવાહ વધે છે.

(D) પરિપથમાં વૉલ્ટેજ વધારતાં અવરોધ અને પ્રવાહ બંને વધે છે.

(6) વિદ્યુતપ્રવાહનું સૂત્ર .... છે.

(A) $I = Qt$ (B) $I = \frac{Q}{t}$ (C) $I = \frac{t}{Q}$ (D) $I = W \cdot t$

(7) એક વાહકતારમાંથી 2 A જેટલો વિદ્યુતપ્રવાહ 1 મિનિટ માટે પસાર કરવામાં આવે છે. આ તારમાંથી પસાર થતો કુલ વિદ્યુતભાર કેટલો હશે ?

(A) 2 C (B) 30 C (C) 60 C (D) 120 C

(8) એક વિદ્યુત ઉપકરણમાં 4.8A જેટલો પ્રવાહ પસાર થાય છે. તો તેમાંથી દર સેકંડે પસાર થતા ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા ....

(A) 0.33×10^{19} (B) 3.3×10^{19}

(C) 3×10^{19} (D) 4.8×10^{19}

(9) નીચેનામાંથી કયું સૂત્ર વૉલ્ટેજ દર્શાવે છે ?

(A) $\frac{\text{કાર્ય}}{\text{પ્રવાહ} \times \text{સમય}}$ (B) $\frac{\text{કાર્ય} \times \text{સમય}}{\text{પ્રવાહ}}$

(C) કાર્ય × વિદ્યુતભાર (D) કાર્ય × વિદ્યુતભાર × સમય

(10) વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવતનો એકમ .... છે.

(A) J (B) J / C (C) JC (D) C / J

(11) 3 C વિદ્યુતભારને વિદ્યુતક્ષેત્રના એક બિંદુથી બીજા બિંદુ સુધી લઈ જવા 15 J કાર્ય કરવું પડતું હોય તો તે બે બિંદુ વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત કેટલો હશે ?

(A) 3V (B) 15V (C) 5V (D) 45V

(12) એક વાહકતારનો અવરોધ 10 Ω છે. તેને 1.5Vની બેટરી જોડતા તેમાંથી કેટલો વિદ્યુતપ્રવાહ વહેશે ?

(A) 0.15 mA (B) 1.5 mA (C) 15 mA (D) 150 mA

(13) વાહકતારની અવરોધકતા શેના પર આધારિત છે ?

(A) તારની લંબાઈ (B) તારના આડછેદના ક્ષેત્રફળ

(C) તારના કદ (D) તારના દ્રવ્ય

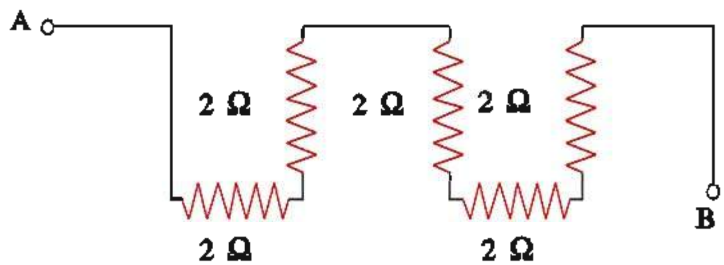
(14) 5 Ωના અવરોધક તારના એકસરખા પાંચ ટુકડા કરી તેમને સમાંતર જોડવામાં આવે તો તેમનો સમતુલ્ય અવરોધ .... થશે.

(A) 1/5 Ω (B) 1 Ω (C) 5 Ω (D) 25 Ω

(15) દ્રવ્યની અવરોધકતાનો એકમ ....

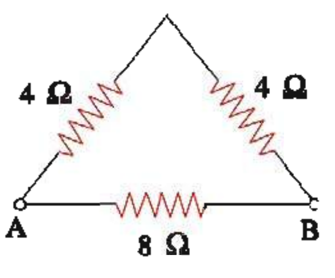
(A) Ω (B) Ω m (C) Ω/m (D) m/Ω

(16) નીચે દર્શાવેલ વિદ્યુત પરિપથનો બિંદુ A અને બિંદુ B વચ્ચે સમતુલ્ય અવરોધ કેટલો થશે ?



(A) 1Ω (B) 2 Ω (C) 5 Ω (D) 10 Ω

(17) નીચે દર્શાવેલ વિદ્યુત પરિપથનો બિંદુ A અને બિંદુ B વચ્ચે સમતુલ્ય અવરોધ ....



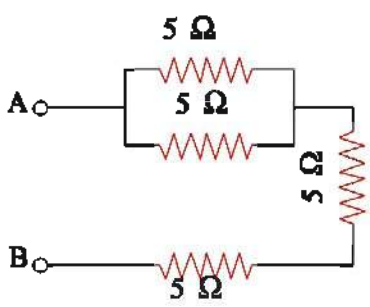
(A) 4 Ω

(B) 8 Ω

(C) 2 Ω

(D) 16 Ω

(18) નીચે દર્શાવેલ વિદ્યુત પરિપથનો બિંદુ A અને B પાસેનો સમતુલ્ય અવરોધ ....



(A) 2.5 Ω

(B) 5 Ω

(C) 12.5 Ω

(D) 20 Ω

(19) kWh કઈ ભૌતિક રાશિનો એકમ છે ?

(A) કાર્ય (B) વિદ્યુત પાવર (C) વિદ્યુતપ્રવાહ (D) વિદ્યુતસ્થિતિમાન

(20) 1 kWh = ... joule

(A) 3.6×10^6 (B) 3.6×10^3 (C) 3.6×10^{-6} (D) 3.6×10^{-3}

(21) એક ઇલેક્ટ્રિક હીટરને 220 Vનો વોલ્ટેજ આપતા તે 1.1 kW જેટલો પાવર ખર્ચે છે. આ હીટરમાંથી કેટલો પ્રવાહ વહેતો હશે ?

(A) 1.1A (B) 2.2A (C) 4A (D) 5A

(22) ઇલેક્ટ્રોલાઇટના દ્રાવણમાં વિદ્યુતપ્રવાહનું વહન કોને લીધે થાય છે ?

(A) ફક્ત મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉન (B) ફક્ત ધન આયનો

(C) ફક્ત ઋણ આયનો (D) ધન અને ઋણ આયનો

(23) શુદ્ધ પાણી વિદ્યુત માટે .... તરીકે વર્તે છે.

(A) સુવાહક (B) અવાહક (C) અર્ધવાહક (D) આપેલ પૈકી એક પણ નહિ

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) વિદ્યુતભાર એટલે શું ? તેના પ્રકાર જણાવો અને તેનો એકમ લખો.

(2) મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉન એટલે શું ? તે પરથી વાહક પદાર્થો અને અવાહક પદાર્થો સમજાવો.

(3) વિદ્યુતપ્રવાહની વ્યાખ્યા આપો અને તેનો એકમ વ્યાખ્યાયિત કરો.

(4) અવરોધોના શ્રેણી અને સમાંતર જોડાણોના ફાયદા-ગેરફાયદા જણાવો.

(5) વિદ્યુત પૃથ્થકરણ માટેના ફેરેડેના નિયમ લખો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :

(1) વિદ્યુતસ્થિતિમાન એટલે શું ? વિદ્યુત-સ્થિતિમાનની વ્યાખ્યા અને તેનો એકમ જણાવો.

(2) અવરોધોના શ્રેણી જોડાણ સમજાવી તેના સમતુલ્ય અવરોધનું સૂત્ર તારવો.

(3) અવરોધોના સમાંતર જોડાણ સમજાવી તેના સમતુલ્ય અવરોધનું સૂત્ર તારવો.

(4) વિદ્યુતઊર્જા સમજાવો અને તેનું સૂત્ર તારવો.

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :

(1) વૉલ્ટાના કોષની આકૃતિ દોરી તેની રચના જણાવો. આ કોષ દ્વારા વાહકમાં થતા વિદ્યુતપ્રવાહનું વહન સમજાવો.

(2) ઇલેક્ટ્રોલાઇટ એટલે શું ? ઇલેક્ટ્રોલાઇટમાં વિદ્યુતનું વહન દર્શાવતા પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

5. નીચેના પ્રશ્નોના મુદ્દાસર ઉત્તર આપો :

(1) ઓહ્‌મનો નિયમ લખો. ઓહ્‌મના નિયમનું નિર્દેશન કરતા પ્રયોગનું વર્ણન કરો અને તેના તારણો જણાવો.

(2) ઢોળપ્રક્રિયા (ઇલેક્ટ્રોપ્લેટિંગ) એટલે શું ? ઉદાહરણ આપી સમજાવો.

6. નીચેના દાખલા ગણો :

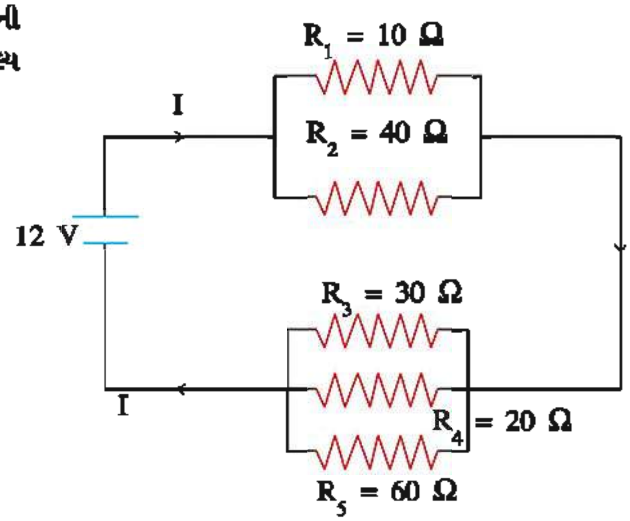
(1) જો એક બલ્બમાં 400 mA પ્રવાહ 1 મિનિટ માટે વહેતો હોય તો તેમાંથી કેટલા ઇલેક્ટ્રૉન પસાર થશે ?

(જવાબ : 15×10^{19} electron)

(2) એક વિદ્યુત બલ્બમાંથી 1 કલાકમાં 1800 C વિદ્યુતભાર પસાર થાય છે તો વિદ્યુત બલ્બમાંથી કેટલો પ્રવાહ વહેતો હશે ? (જવાબ : 0.5 A)

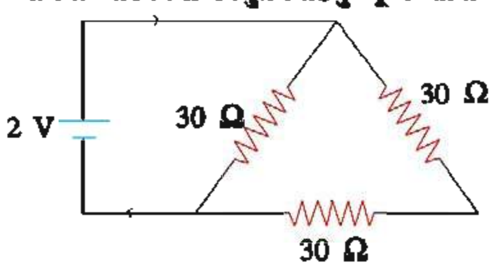
(3) ત્રણ અવરોધો 5 Ω, 10 Ω અને 30 Ωને સમાંતરમાં જોડી 12 Vની એક બેટરી સાથે જોડેલા છે, તો (a) પરિપથનો કુલ પ્રવાહ (b) પરિપથનો સમતુલ્ય અવરોધ શોધો. (જવાબ : (a) I = 4 A (b) R = 3 Ω)

(4) બાજુની આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ અવરોધો 12 Vની બેટરી સાથે જોડેલા છે, તો (a) પરિપથનો સમતુલ્ય અવરોધ (b) પરિપથમાંથી વહેતો પ્રવાહ શોધો.



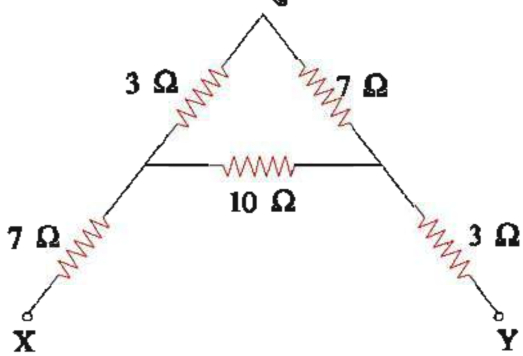
(જવાબ : (a) R = 18 Ω (b) I = 0.66A)

(5) નીચેના પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહનું મૂલ્ય શોધો :



(જવાબ : 0.1 A)

(6) નીચે દર્શાવેલ પરિપથમાં બિંદુ X અને Y વચ્ચે સમતુલ્ય અવરોધ શોધો :



(જવાબ : 15 Ω)

(7) 100 W અને 60 Wના બે બલ્બ સમાંતરમાં એક 220 V લાઇન સાથે જોડ્યા છે, તો પરિપથમાં કેટલો પ્રવાહ વહેશે ? (જવાબ : 0.73 A)

(8) એક ઇલેક્ટ્રિક હીટરને 220 Vની લાઇન સાથે જોડતાં તે 4.4 kW જેટલો પાવર ખર્ચે છે, તો

(i) આ હીટરમાંથી પસાર થતો પ્રવાહ ગણો.

(ii) આ હીટરનો અવરોધ ગણો.

(iii) 2 કલાકમાં ખર્ચાતી વિદ્યુતઊર્જા ગણો. (જવાબ : (1) 20 A (2) 11 Ω (3) 3.168×10^7 W)

એકમ

5

વિદ્યુતપ્રવાહની ચુંબકીય અસરો
(Magnetic Effects of Electric Current)

5.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

આગળના પ્રકરણમાં આપણે વિદ્યુતપ્રવાહની તાપીય તેમજ રાસાયણિક અસરોનો અભ્યાસ કર્યો. પ્રસ્તુત પ્રકરણમાં આપણે વિદ્યુતપ્રવાહની ચુંબકીય અસરો જોઈશું.

ઈ. સ. 1819-20માં વિજ્ઞાનશિક્ષક ઑર્સ્ટેડે વિદ્યુતપ્રવાહ વડે ચુંબકીયક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે તેવી શોધ કરી. આનાથી ઊલટી પ્રક્રિયા દ્વારા માઇકલ ફેરેડે, ઍન્દ્રે ઍમ્પિયર જેવા વૈજ્ઞાનિકોએ ચુંબકીયક્ષેત્રથી વિદ્યુતપ્રવાહ મેળવ્યો. અનેક પ્રયોગો દ્વારા સિદ્ધ થયું કે વિદ્યુત અને ચુંબકત્વ એકબીજાની સાથે સંકળાયેલા છે. વિદ્યુત અને ચુંબકત્વના સર્વગ્રાહી અભ્યાસને આવરી લેતી ભૌતિક વિજ્ઞાનની આ શાખાને વિદ્યુતચુંબકત્વ (electromagnetic) કહે છે. વિદ્યુતચુંબકત્વના સિદ્ધાંતોનો ઉપયોગ લાઉડસ્પીકર, ઈલેક્ટ્રિક મોટર, ઈલેક્ટ્રિક જનરેટર, મૅગ્નેટિક ટ્રેન (મૅગ્લેવ), કમ્પ્યૂટરની હાર્ડડિસ્ક, સંદેશાવ્યવહાર વગેરેમાં બહોળા પ્રમાણમાં થાય છે.

પ્રસ્તુત પ્રકરણમાં આપણે વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહકતાર, ગૂંચળું, સોલેનોઇડથી ઉત્પન્ન થતાં ચુંબકીયક્ષેત્રની લાક્ષણિકતાઓ, ચુંબકીયક્ષેત્રથી પ્રેરિત થતાં વિદ્યુતપ્રવાહ માટેનાં ફેરેડેના પ્રયોગોનો અભ્યાસ કરીશું. આ ઉપરાંત ચુંબકત્વના સિદ્ધાંત પર આધારિત ઈલેક્ટ્રિક મોટર અને ઈલેક્ટ્રિક જનરેટરની રચનાનો પ્રાથમિક ખ્યાલ મેળવીશું.

5.2 ચુંબકીયક્ષેત્ર અને ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ (Magnetic Field and Magnetic Field Lines)

વિદ્યાર્થીમિત્રો,

તમે પ્રયોગશાળામાં ગજિયો ચુંબક (bar magnet) જોયો હશે. ધોરણ 8માં તમે તેનો અભ્યાસ કર્યો છે.

ગજિયા ચુંબકને બે ચુંબકીય ધ્રુવો હોય છે : (1) ઉત્તર ધ્રુવ (N) (2) દક્ષિણ ધ્રુવ (S). ગજિયા ચુંબકને દોરીથી લટકાવતાં તેનો જે ધ્રુવ પૃથ્વીના ઉત્તર ધ્રુવ તરફ સ્થિર થાય તેને ચુંબકનો ઉત્તર ધ્રુવ (N) અને બીજા ધ્રુવને દક્ષિણ ધ્રુવ (S) કહે છે. બે જુદાં જુદાં ચુંબકોના N-N અથવા S-S ધ્રુવો નજીક લાવતા તેમની વચ્ચે અપાકર્ષણ બળ ઉદ્ભવે છે. જ્યારે N-S ધ્રુવો નજીક લાવતાં આકર્ષણ બળ ઉદ્ભવે છે. ચુંબકનું ચુંબકત્વ તેના ધ્રુવો પર મહત્તમ હોય છે. ચુંબકીય બળને ચુંબકીયક્ષેત્ર વડે રજૂ કરી શકાય છે.

ગજિયા ચુંબકની નજીકના વિસ્તારમાં ચુંબકીય સોય (magnetic needle) મૂકતાં તે કોણાવર્તન અનુભવે છે. આમ, ચુંબકની આજુબાજુના જેટલા વિસ્તારમાં ચુંબકીય બળ અનુભવી શકાતું હોય તેને ચુંબકનું ચુંબકીયક્ષેત્ર કહે છે. આ ચુંબકીયક્ષેત્રનું વર્ણન અથવા તેનો અભ્યાસ કરવા માટે ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ (magnetic field lines) દોરી શકાય છે.

ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ એ ચુંબકીયક્ષેત્રની ચિત્રાત્મક રજૂઆત છે.

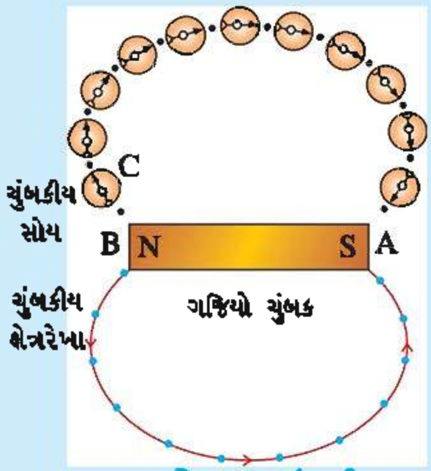
હવે, આપણે પ્રવૃત્તિ દ્વારા ગજિયા ચુંબકની ક્ષેત્રરેખાઓ કેવી રીતે દોરી શકાય તે સમજીશું.

પ્રવૃત્તિ 1

- આ પ્રવૃત્તિ કરવા માટે તમારે ગજિયો ચુંબક, ચુંબકીય સોય, સફેદ કાગળ, ડ્રૉઈંગબોર્ડ અને પેન્સિલ જોઈશે.

(1) સૌપ્રથમ સફેદ કાગળને ડ્રૉઈંગબોર્ડ પર મૂકી તેના મધ્યમાં ગજિયો ચુંબક મૂકો અને પેન્સિલથી તેનું સ્થાન અંકિત કરો.

(2) હવે ચુંબકીય સોયને ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવ નજીક મૂકો. તમે જોશો કે તેનો દક્ષિણ ધ્રુવ ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવ તરફની દિશામાં હશે અને ચુંબકીય સોયનો ઉત્તર ધ્રુવ ચુંબકથી બહાર તરફ જતી દિશામાં હશે. ચુંબકીય સોયના આ બંને છેડાના સ્થાન પેન્સિલથી અંકિત કરો. આકૃતિ 5.1માં બિંદુ A અને B એ અનુક્રમે ચુંબકીય સોયના દક્ષિણ ધ્રુવ અને ઉત્તર ધ્રુવના સ્થાન દર્શાવે છે.



આકૃતિ 5.1 : ચુંબકની ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ દોરવી

(3) હવે ચુંબકીય સોયને બીજાના સ્થાને એવી રીતે ગોઠવો, જેથી સોયનો દક્ષિણ ધ્રુવ બિંદુ B પર ગોઠવાય. આ સ્થિતિમાં ચુંબકીય સોયના ઉત્તર ધ્રુવનું સ્થાન બિંદુ C અંકિત કરો.

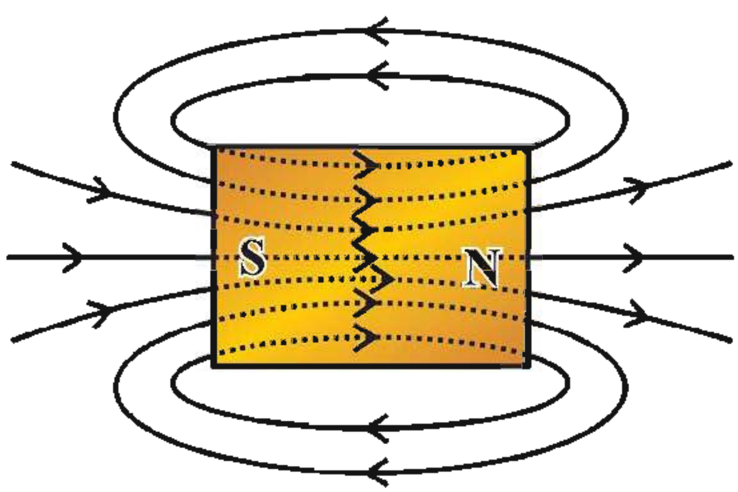
(4) આમ, એક પછી એક સ્થાને ચુંબકીય સોયને ચુંબકના દક્ષિણ ધ્રુવ સુધી ગોઠવતા જઈ તેના ઉત્તર ધ્રુવના સ્થાનને અંકિત કરતા જાઓ.

(5) હવે આ બધા જ બિંદુઓને જોડતો વક્ર દોરો. આ વક્ર એ ચુંબકની ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ દર્શાવે છે. ચુંબકીય સોયને જુદા જુદા સ્થાને મૂકી શકાય તેટલી ક્ષેત્રરેખા દોરો. આ ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ એ ચુંબકની આસપાસનું ચુંબકીયક્ષેત્ર દર્શાવે છે.

ગજિયા ચુંબક માટે ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ આકૃતિ 5.2માં દર્શાવી છે.

હવે આપણે આ ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓની કેટલીક લાક્ષણિકતાઓ જોઈએ :

(1) ચુંબકની ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવ (N) પાસેથી શરૂ થઈ દક્ષિણ ધ્રુવ (S) પાસે પહોંચે છે અને ચુંબકની અંદર આ રેખાઓ દક્ષિણ ધ્રુવ (S) થી ઉત્તર ધ્રુવ (N) તરફની દિશામાં હોય છે. આમ, તેઓ બંધગાળાઓ રચે છે.



આકૃતિ 5.2 : ગજિયા ચુંબકની ક્ષેત્રરેખાઓ

(2) જે વિસ્તારમાં ક્ષેત્રરેખાઓ એકબીજાની નજીક હોય ત્યાં ચુંબકીયક્ષેત્ર પ્રબળ હોય છે અને જો ક્ષેત્રરેખાઓ એકબીજાથી દૂર આવેલી હોય તો તે વિસ્તારમાં ચુંબકીયક્ષેત્ર નબળું હોય છે. ચુંબકના ધ્રુવો પાસે ક્ષેત્રરેખાઓ એકબીજાથી નજીકના અંતરે હોવાથી ત્યાં ચુંબકીયક્ષેત્ર પ્રબળ હોય છે.

(3) ચુંબકીયક્ષેત્ર સદિશ રાશિ છે. તેને મૂલ્ય અને દિશા બંને છે. ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાના કોઈ બિંદુએ દોરેલ સ્પર્શક (એટલે કે તે બિંદુએ મૂકેલ ચુંબકીય સોયની દિશા) તે બિંદુ પાસે ચુંબકીયક્ષેત્રની દિશા દર્શાવે છે.

(4) ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ એકબીજાને છેદતી નથી.

5.3 વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સુરેખ વાહક વડે ઉદ્‌ભવતું ચુંબકીયક્ષેત્ર

(Magnetic Field due to a Current Carrying straigth Conductor) :

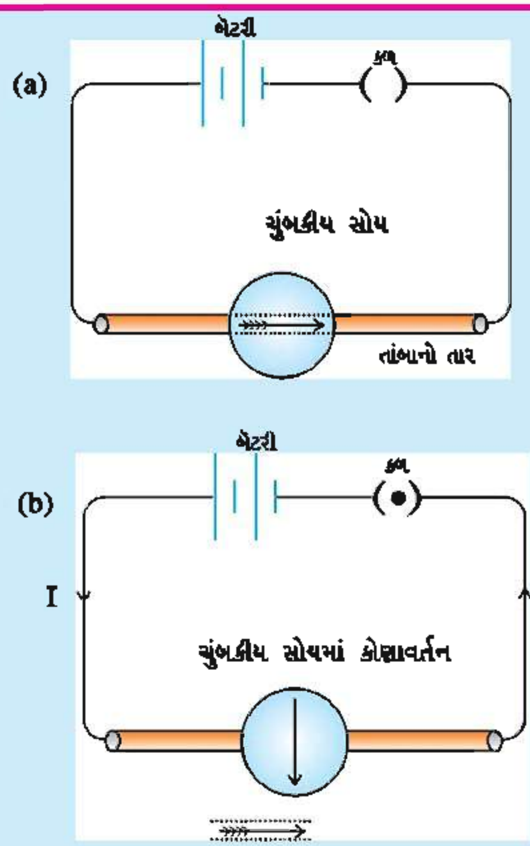
ડેન્માર્કની એક શાળાના વિજ્ઞાનશિક્ષક ઑર્સ્ટેડે ઈ. સ. 1819માં સૌપ્રથમ શોધી કાઢ્યું કે જ્યારે વાહકતારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે ત્યારે તેની આસપાસના વિસ્તારમાં ચુંબકીયક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે. આની સમજૂતી આપણે એક પ્રવૃત્તિ દ્વારા મેળવીશું.

પ્રવૃત્તિ 2

આકૃતિ 5.3 (a)માં દર્શાવ્યા મુજબ લાંબા તાંબાના સુરેખ તારને બૅટરી અને કળ સાથે શ્રેણીમાં જોડો. તાંબાના તાર પર ચુંબકીય સોય ગોઠવો અને તાર એવી રીતે ગોઠવો જેથી તે ચુંબકીય સોયને સમાંતર રહે.

હવે પરિપથમાં કળ મૂકી તારમાં વિદ્યુતપ્રવાહ વહેવડાવો અને ચુંબકીય સોયનું અવલોકન કરો. તમને ચુંબકીય સોયમાં કોણાવર્તન જોવા મળશે. જુઓ આકૃતિ 5.3 (b). આ સોય તારને લંબરૂપે ગોઠવાય છે. પરિપથમાં બૅટરીના ધ્રુવોની અદલાબદલી કરતાં તારમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પહેલાં કરતાં વિરુદ્ધ દિશામાં વહેશે. આ સ્થિતિમાં ચુંબકીય સોય પણ વિરુદ્ધ દિશામાં ગોઠવાય છે.

આ પ્રવૃત્તિ દ્વારા આપણે કહી શકીએ કે, તારમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરતા તે ચુંબકની જેમ વર્તે છે અને તે ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે. આથી ચુંબકીય સોય કોણાવર્તન પામે છે. તારમાં વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા ઊલટાવતા ઉત્પન્ન થતાં ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા પણ ઊલટાય છે.



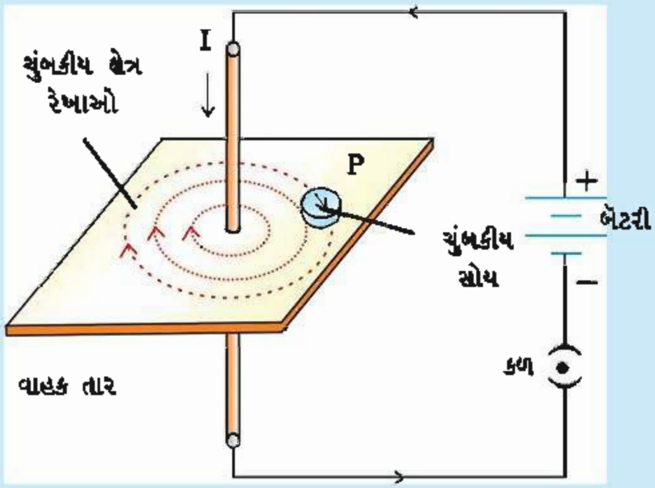
આકૃતિ 5.3 : વાહકતારથી ઉત્પન્ન થતું ચુંબકીયક્ષેત્ર

આ પ્રવાહધારિત વાહકતારનું ચુંબકીયક્ષેત્ર કેવા પ્રકારનું હશે તેની ક્ષેત્રરેખાઓ કેવી હશે તે સમજવા નીચેની પ્રવૃત્તિ કરો :

પ્રવૃત્તિ 3

એક પૂંઠાના કેન્દ્રમાં છિદ્ર પાડી તેમાંથી વાહકતાર પસાર કરો. આ વાહકતાર સાથે બૅટરી અને કળને શ્રેણીમાં જોડો. પૂંઠા પર વાહકતારની આજુબાજુ લોખંડનો બારીક ભૂકો સમાન રીતે પાથરો.

હવે પૂંઠું સ્થિર રહે તેમ પરિપથમાં કળ મૂકી તારમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરો અને પૂંઠાને હળવેથી બેથી ત્રણ ટકોરા મારો. પૂંઠા પર જુઓ કે લોખંડના ભૂકા પર વિદ્યુતપ્રવાહની શી અસર થાય છે ? તમે જોશો કે લોખંડનો ભૂકો વાહકતારની આજુબાજુ સમકેન્દ્ર વર્તુળ આકારે ગોઠવાઈ જશે. આ વર્તુળાકાર ભાત (pattern) એ વાહકતારમાં વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહથી ઉદ્ભવતા ચુંબકીયક્ષેત્રની ક્ષેત્રરેખાઓ દર્શાવે છે.



આકૃતિ 5.4 : વાહકતારથી ઉદ્ભવતા ચુંબકીયક્ષેત્રની ક્ષેત્રરેખાઓ

આ ચુંબકીયક્ષેત્રની દિશા જાણવા માટે પૂંઠા પર કોઈ બિંદુ P આગળ ચુંબકીય સોય મૂકો. ચુંબકીય સોયનો ઉત્તર ધ્રુવ (તીર) જે દિશામાં ગોઠવાય તે દિશાએ તે બિંદુ આગળ ચુંબકીયક્ષેત્રની દિશા દર્શાવે છે.

હવે વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા ઊલટાવતાં તમે જોશો કે P બિંદુએ મૂકેલ સોયની દિશા પણ વિરુદ્ધ દિશામાં ગોઠવાય છે.

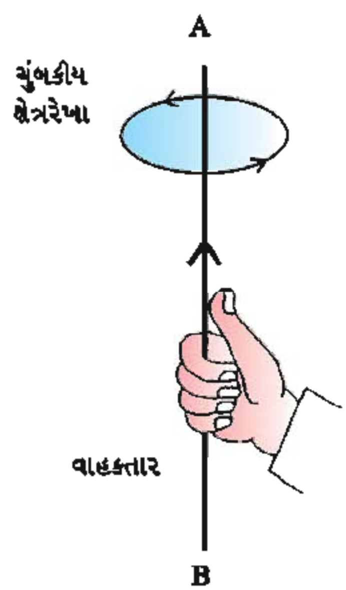
વાહકતારમાં વહેતા પ્રવાહને લીધે ઉદ્ભવતું ચુંબકીયક્ષેત્ર વાહકતારમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહને સમપ્રમાણમાં હોય છે, (ચુંબકીયક્ષેત્ર ∝ વિદ્યુતપ્રવાહ). આ ચુંબકીયક્ષેત્રની ક્ષેત્રરેખાઓ વાહકતારની આસપાસ વિદ્યુતપ્રવાહની દિશાને લંબ એવા સમતલમાં વર્તુળાકારે ગોઠવાયેલી હોય છે. વાહકતારથી દૂર જતાં ચુંબકીયક્ષેત્ર અંતરના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં ઘટતું જાય છે.

$$\therefore \left(\text{ચુંબકીયક્ષેત્ર} \propto \frac{1}{\text{અંતર}} \right)$$

જમણા હાથના અંગૂઠાનો નિયમ :

કોઈ વાહકમાંથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહને લીધે ઉદ્ભવતા ચુંબકીયક્ષેત્રની દિશા જાણવા માટે જમણા હાથના અંગૂઠાના નિયમ(right hand thumb rule)નો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

તારને જમણા હાથમાં એવી રીતે પકડો (વિદ્યુતપ્રવાહને કારણે શૉક ન લાગે તે રીતે !!) જેથી અંગૂઠો પ્રવાહની દિશામાં રહે અને આંગળીઓ તાર પર વીંટાય. આ સ્થિતિમાં આંગળી તાર પર જે રીતે વીંટાય છે તે રીતે વર્તુળાકાર-બંધગાળાઓ રચતી ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ હોય છે. (આકૃતિ 5.5)



આકૃતિ 5.5 જમણા હાથના અંગૂઠાનો નિયમ

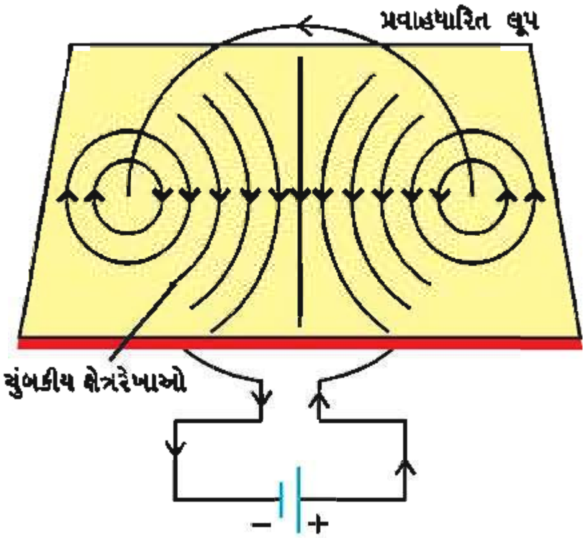
5.4 વિદ્યુતપ્રવાહધારિત લૂપથી ઉદ્‌ભવતું ચુંબકીયક્ષેત્ર

(Magnetic Field produced by a Current Carrying Coil)

આપણે જોયું કે સુરેખ તારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરતાં તેની આસપાસ ચુંબકીયક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે. જો તારને વર્તુળાકારે વાળીને તેમાંથી પ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે તો પ્રવાહની ચુંબકીય અસર વધે છે.

આકૃતિ 5.6માં વર્તુળાકાર લૂપ(રિંગ)માં પ્રવાહ પસાર કરતા તેના દ્વારા ઉત્પન્ન થતું ચુંબકીયક્ષેત્ર દર્શાવ્યું છે. લૂપના તારની નજીક ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ વર્તુળાકાર છે. જેમ જેમ તારથી દૂર જઈએ તેમ તેમ આ વર્તુળો મોટા થતા જાય છે અને લૂપના કેન્દ્ર આગળ આ વર્તુળો સુરેખ બની જાય છે.

લૂપના કેન્દ્ર નજીક ક્ષેત્રરેખાઓ નજીકના અંતરે હોવાથી કેન્દ્ર પર ચુંબકીયક્ષેત્ર પ્રબળ હોય છે. ચુંબકીયક્ષેત્રની દિશા જમણા હાથના અંગૂઠાના નિયમ વડે શોધી શકાય છે. લૂપના કેન્દ્ર પરનું ચુંબકીયક્ષેત્ર લૂપમાંથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહના સમપ્રમાણમાં અને લૂપની ત્રિજ્યાના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.

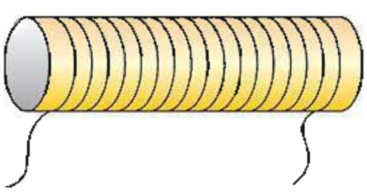


આકૃતિ 5.6 : પ્રવાહધારિત લૂપમાં ઉત્પન્ન થતું ચુંબકીયક્ષેત્ર

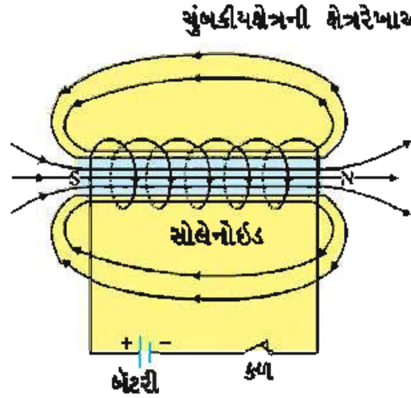
જો રિંગ ખૂબ જ પાસે પાસે રહેતા N આંટાઓની બનેલી હોય તો રિંગના કેન્દ્ર પર ચુંબકીયક્ષેત્ર N ગણું પ્રબળ બને છે.

5.5 સોલેનોઈડ (Solenoid)

સુરેખ વાહકતારને વર્તુળાકારે વાળીને N આંટાવાળું ગૂંચળું (લૂપ) બનાવતાં તે પોલા નળાકાર જેવી રચના બને છે. **નળાકાર સ્વરૂપે પાસ પાસે વીંટેલા અલગ કરેલા વાહકતારથી બનતી ગૂંચળા જેવી રચનાને સોલેનોઈડ કહે છે.** આકૃતિ 5.7 (a)માં આવો એક સોલેનોઈડ દર્શાવ્યો છે.



(a) સોલેનોઈડ



(b) સોલેનોઈડનું ચુંબકીયક્ષેત્ર

આકૃતિ 5.7 : સોલેનોઈડ અને તેનું ચુંબકીયક્ષેત્ર

આકૃતિ 5.7 (a) માં દર્શાવ્યા મુજબ સોલેનોઈડમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરતા ગૂંચળાના N આંટાઓમાંથી એક જ દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ વહેશે. દરેક આંટામાં વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા સમાન હોવાથી દરેક આંટાદીઠ ઉદ્‌ભવતા ચુંબકીયક્ષેત્રનો સરવાળો થશે.

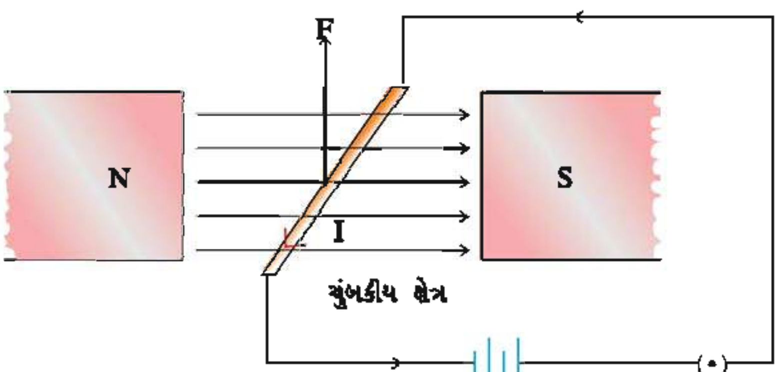
સોલેનોઇડમાં N આંટા હોવાથી તેના દ્વારા ઉદ્‌ભવતું ચુંબકીયક્ષેત્ર દરેક વર્તુળાકાર ગૂંચળાથી ઉદ્‌ભવતા ચુંબકીયક્ષેત્ર કરતાં N ગણું પ્રબળ હોય છે.

આકૃતિ 5.7 (b)માં સોલેનોઇડ દ્વારા ઉદ્‌ભવતી ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ દર્શાવી છે. આકૃતિ 5.2 અને આકૃતિ 5.7 (b) સરખાવતાં જણાય છે કે સોલેનોઇડનું ચુંબકીયક્ષેત્ર એ ગજિયા ચુંબકના ચુંબકીયક્ષેત્ર જેવું જ છે. આમ, સોલેનોઇડનો એક છેડો ચુંબકીય ઉત્તર ધ્રુવ અને બીજો છેડો દક્ષિણ ધ્રુવ તરીકે વર્તે છે. સોલેનોઇડના અંદરના વિસ્તારમાં ક્ષેત્રરેખાઓ સમાંતર આવેલી હોય છે એટલે સોલેનોઇડની અંદર દરેક બિંદુએ ચુંબકીયક્ષેત્ર સમાન હોય છે. આ ચુંબકીયક્ષેત્ર સોલેનોઇડ પર વીંટેલા આંટાના સમપ્રમાણમાં તેમજ તેમાંથી પસાર થતા પ્રવાહના પણ સમપ્રમાણમાં હોય છે.

સોલેનોઇડના અંદરના વિસ્તારમાં લોખંડ જેવી ધાતુ (દા.ત., લોખંડના મોટા ખીલા અથવા સળિયા) મૂકતાં તેનું ચુંબકીય-ક્ષેત્ર પ્રબળ બને છે. સોલેનોઇડમાંથી પ્રવાહ પસાર કરતા તે હંગામી ધોરણે ચુંબક તરીકે વર્તે છે. આવા ચુંબકોને ઇલેક્ટ્રોમૅગ્નેટ (વીજચુંબક) કહે છે. લોખંડની ભારે વસ્તુઓ (દા.ત., કાર) ઊંચકવા માટે ક્રેનમાં ઇલેક્ટ્રોમૅગ્નેટનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

5.6 ચુંબકીયક્ષેત્રમાં મૂકેલા વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહક પર લાગતું બળ

(Force on a Current Carrying Conductor in a Magnetic Field) :



આકૃતિ 5.8 : પ્રવાહધારિત તાર પર લાગતું બળ

ઑર્સ્ટેડના અગાઉ નોંધેલા અવલોકનોને પ્રસિદ્ધિ મળી તે પછી માત્ર થોડા દિવસોમાં જ વિજ્ઞાની ઍમ્પિયરે એક બીજું અવલોકન કર્યું. તેણે જોયું કે વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તારને પ્રબળ ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મૂકતાં તેના પર બળ લાગે છે.

આકૃતિ 5.8માં દર્શાવ્યા મુજબ એક વાહકતારને સ્થિર પ્રબળ ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મૂકો.

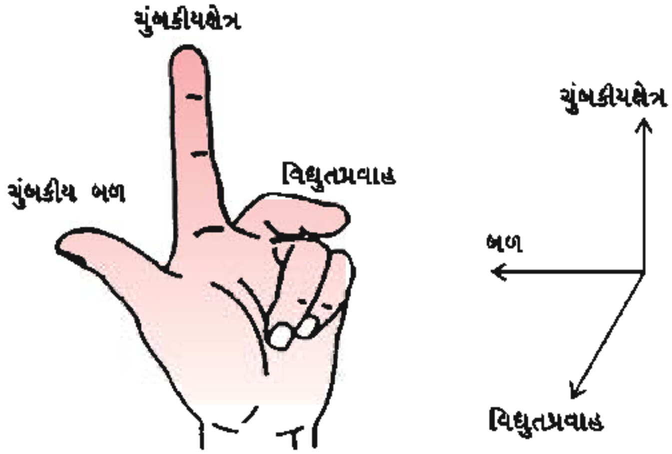
આ ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં હલકા સુરેખ વાહકતારને બંને બાજુથી જડિત આધાર સાથે બાંધીને ક્ષેત્રને લંબ ગોઠવો. હવે તારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરો. તમે જોશો કે તાર ઉપરની તરફ વળે (bend) છે. બૅટરીના ધ્રુવોની અદલાબદલી કરી વાહકતારમાંથી વિરુદ્ધ દિશામાં પ્રવાહ વહેવડાવતા તાર નીચેની તરફ વળે છે.

વાહકતારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ વહે છે ત્યારે તેની આસપાસ ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે. આ તારનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર અને પ્રબળ ચુંબકના ચુંબકીય ક્ષેત્ર વચ્ચેની આંતરક્રિયા દરમિયાન તાર અને ચુંબક પરસ્પર એકબીજા પર સમાન મૂલ્યનું અને વિરુદ્ધ દિશામાં ચુંબકીય બળ લગાડે છે. અહીં ચુંબક સ્થિર તેમજ ભારે હોવાથી તે ગતિ કરતો નથી પરંતુ વાહકતાર હલકો હોવાથી તેનાં પર બળ લાગતાં તે ઉપરની તરફ વળે છે.

વાહકતાર પર લાગતું ચુંબકીય બળ એ વિદ્યુતપ્રવાહ, ચુંબકના ચુંબકીય ક્ષેત્ર તથા તારની જેટલી લંબાઈ ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં રહેલી છે તેના સમપ્રમાણમાં હોય છે. જ્યારે વાહકમાંના વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશાને લંબ હોય ત્યારે તાર પર મહત્તમ બળ લાગે છે. આ બળની દિશા હંમેશા વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા અને ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશાને લંબ હોય છે. જો વાહકતારમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા અથવા વિરુદ્ધ દિશામાં હોય તો તાર પર બળ લાગતું નથી. ચુંબકીય બળની દિશા ફ્લેમિંગના ડાબા હાથના નિયમ પરથી સમજી શકાય છે.

ફ્લેમિંગનો ડાબા હાથનો નિયમ :

ડાબા હાથના પંજાની તર્જની (પહેલી આંગળી), મધ્યમા (બીજી આંગળી) અને અંગૂઠો પરસ્પર લંબ રહે તેમ ગોઠવો. પહેલી આંગળીને ચુંબકીયક્ષેત્રની દિશામાં અને બીજી આંગળીને વિદ્યુતપ્રવાહની દિશામાં ગોઠવતાં, અંગૂઠાની દિશા એ ચુંબકીય બળની દિશા દર્શાવે છે. (આકૃતિ 5.9)



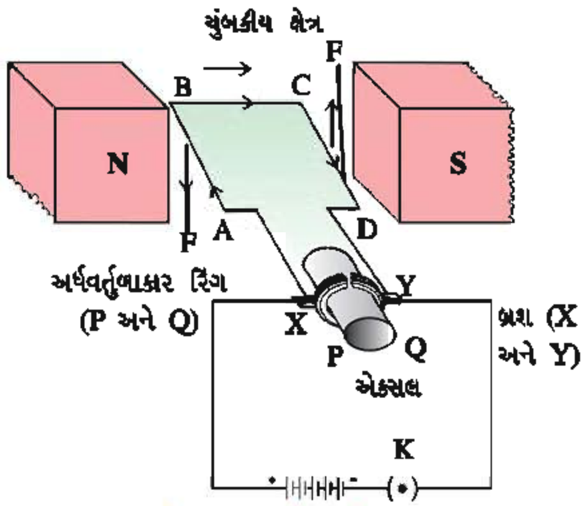
આકૃતિ 5.9 : ફ્લેમિંગનો ડાબા હાથનો નિયમ

વિદ્યાર્થીમિત્રો, આકૃતિ 5.8માં હવે દર્શાવેલ પ્રયોગમાં ફ્લેમિંગનો ડાબા હાથનો નિયમ લગાવી તાર પર લાગતાં ચુંબકીય બળની દિશાની ચકાસણી કરો.

5.7 વિદ્યુતમોટર (Electric Motor)

વિદ્યુતમોટર વિદ્યુતઊર્જાનું યાંત્રિકઊર્જામાં રૂપાંતર કરતું ઉપકરણ છે. વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તારને ચુંબકીયક્ષેત્રમાં મૂકતાં તેના પર બળ લાગે છે. આ સિદ્ધાંત પર વિદ્યુતમોટર કાર્ય કરે છે.

આકૃતિ 5.10માં વિદ્યુતમોટરની રચના દર્શાવી છે. અલગ કરેલા તાંબાના તારનું લૂપ ABCD કાયમી ચુંબકીયક્ષેત્રમાં એવી રીતે મૂકેલ છે, જેથી AB અને CD એ ચુંબકીયક્ષેત્રને લંબ રહે. આ બંને તારના છેડા P અને Q બે અર્ધવર્તુળાકાર રિંગ સાથે જોડેલાં છે. આ બંને રિંગનો અંદરનો ભાગ અવાહક હોય છે. બંને રિંગોને એક ઍક્સલ (axle) પર ગોઠવવામાં આવે છે જેથી તેઓ સરળતાથી તેના પર ભ્રમણ કરી શકે. આ રિંગોનો બહારનો ભાગ એ સ્થિર બ્રશ X અને Y સાથે સંપર્કમાં હોય છે (વાસ્તવિક મોટરમાં ઘણાબધાં આંટાવાળું લૂપ એક અક્ષ પર ગોઠવવામાં આવેલ હોય છે. આ વ્યવસ્થાને આર્મેચર (armature) કહે છે.)



આકૃતિ 5.10 : વિદ્યુતમોટરની રચના

બ્રશ X અને Yની વચ્ચે બેટરી જોડતા લૂપ ABCDમાં વિદ્યુતપ્રવાહ વહે છે. તાર BC અને તાર ADમાં વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ ચુંબકીય ક્ષેત્રને સમાંતર અથવા પ્રતિસમાંતર હોવાથી તેમના પર બળ લાગતું નથી. પરંતુ તાર AB અને તાર CDમાં વહેતો પ્રવાહ ચુંબકીય ક્ષેત્રને લંબ હોવાથી તેમના પર બળ લાગે છે. આ બળની દિશા ફ્લેમિંગના ડાબા હાથના નિયમ પરથી મેળવી શકાય છે. આકૃતિ 5.10માં દર્શાવ્યા અનુસાર લૂપના AB ખંડ પર બળ અધોદિશામાં (નીચેની તરફ) અને CD ખંડ પર બળ ઊર્ધ્વદિશા(ઉપરની તરફ)માં લાગે છે. આ બંને બળો સમાન અને પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં હોવાથી લૂપ ABCDનું ભ્રમણ થાય છે.

લૂપનું અડધું ભ્રમણ પૂરું થાય ત્યારે રિંગ Q એ બ્રશ Xના અને રિંગ P એ બ્રશ Yના સંપર્કમાં આવે છે જેથી લૂપમાં પ્રવાહની દિશા ઊલટાય છે, જેને કારણે AB અને CD ખંડ પર લાગતા બળની દિશા પણ ઊલટાય છે. પરિણામે લૂપ એક

જ દિશામાં ભ્રમણ કરવાનું ચાલુ રાખે છે. લૂપના એક ભ્રમણને અંતે તે પહેલાંના જેવી સ્થિતિમાં આવે છે. આમ, લૂપમાં દરેક અડધા ભ્રમણ બાદ પ્રવાહની દિશા ઊલટાતી રહે છે અને લૂપ સતત ફર્યા કરે છે.

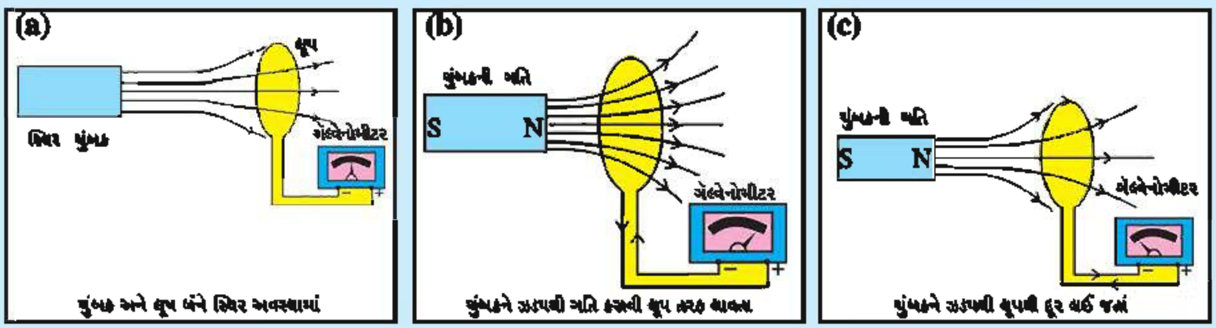
ઇલેક્ટ્રિક મોટર એ ઇલેક્ટ્રિક પંખા, મિક્સર, વૉશિંગ મશીન, કમ્પ્યૂટર, CD / DVD પ્લેયર વગેરે જેવા ઉપકરણોમાં વપરાય છે. જેમાં ઇલેક્ટ્રિક મોટરનો ઉપયોગ થતો હોય તેવા બીજા વિદ્યુત ઉપકરણોની યાદી બનાવો.

5.8 વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણ (Electromagnetic Induction)

આપણે જોયું કે વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તાર, વર્તુળાકાર રિંગ અને સોલેનોઇડમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરીને ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. તો શું ચુંબકીયક્ષેત્રની મદદથી વિદ્યુતપ્રવાહ મેળવી શકાય ? આ પ્રશ્નનો જવાબ 1831માં બ્રિટિશ વૈજ્ઞાનિક માઇકલ ફેરાડેએ આપ્યો. તેણે અનેક પ્રયોગો દ્વારા ચુંબકીયક્ષેત્રની મદદથી વિદ્યુતપ્રવાહ કેવી રીતે મેળવી શકાય તે દર્શાવ્યું અને તે પરથી 'વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણ'નો સિદ્ધાંત આપ્યો. આ સિદ્ધાંત સમજવા માટે નીચેની પ્રવૃત્તિ ધ્યાનમાં લો :

પ્રવૃત્તિ 4

- આકૃતિ 5.11માં દર્શાવ્યા મુજબ એક વાહકતારનું વર્તુળાકાર લૂપ બનાવો અને તેની સાથે વિદ્યુતપ્રવાહની હાજરી નોંધવા માટે ગૅલ્વેનોમીટર જોડો.



આકૃતિ 5.11 : લૂપમાં પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ

(i) એક ગજિયો ચુંબક લઈ તેને લૂપની નજીક સ્થિર રાખો. તમે જોશો કે ગૅલ્વેનોમીટર કોઈ આવર્તન દર્શાવતું નથી. [આકૃતિ 5.11 (a)]

(ii) હવે ચુંબકના N ધ્રુવને લૂપ તરફ ઝડપથી ગતિ કરાવો અને જુઓ કે ગૅલ્વેનોમીટર એક તરફ આવર્તન દર્શાવે છે, જે લૂપમાં વિદ્યુતપ્રવાહની હાજરી દર્શાવે છે. [આકૃતિ 5.10 (b)]

(iii) હવે ચુંબકને લૂપથી ઝડપથી દૂર લઈ જાઓ. અહીં ગૅલ્વેનોમીટરની સોય વિરુદ્ધ દિશામાં આવર્તન દર્શાવશે. [આકૃતિ 5.11 (b)], જે લૂપમાં વિદ્યુતપ્રવાહની હાજરી દર્શાવે છે.

(iv) આ જ રીતે ચુંબકના S ધ્રુવને લૂપ તરફની દિશામાં કે લૂપથી દૂર તરફ લઈ જતાં ઉપરનાં બંને કિસ્સામાં મળતા આવર્તન કરતાં ગૅલ્વેનોમીટરમાં વિરુદ્ધ દિશામાં આવર્તન જોવા મળશે.

(v) જો ચુંબકને બદલે લૂપને ગતિ આપવામાં આવે તોપણ ઉપર મુજબના પરિણામ મળે છે તે ચકાસો.

આ પ્રયોગ પરથી એવું તારણ કાઢી શકાય કે ચુંબક અને લૂપની સાપેક્ષ ગતિ કરાવવામાં આવે તો પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહ વહે છે. આ વિદ્યુતપ્રવાહ કોઈ બૅટરી દ્વારા ઉત્પન્ન કરાયો નથી પણ ચુંબકની 'ગતિ' દ્વારા પ્રેરિત (induced) કરાયો છે. આવા વિદ્યુતપ્રવાહને 'પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ' (induced electric current) કહે છે. આ ઘટનાને વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણ કહે છે.

ચુંબકની ગતિ (અથવા લૂપની ગતિ) દરમિયાન લૂપ સાથે સંકળાયેલ ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓની સંખ્યામાં થતાં ફેરફારના દરને કારણે લૂપમાં પ્રેરિત વિદ્યુત ચાલકબળ (induced eletromotive force) (એટલે કે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત) ઉદ્ભવે છે, જેને કારણે લૂપમાં પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ મળે છે.

જો ચુંબકની ઝડપ વધુ હોય તો ક્ષેત્રરેખાઓની સંખ્યામાં થતો ફેરફારનો દર વધે છે અને મોટા પ્રમાણમાં પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ મળે છે. જો ચુંબક સ્થિર હશે તો ક્ષેત્રરેખાઓની સંખ્યામાં થતો ફેરફાર શૂન્ય થશે અને પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ મળશે નહિ.

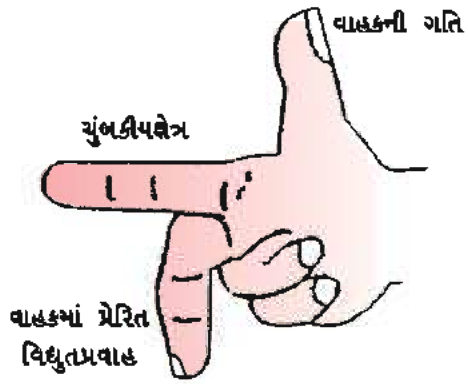
લૂપમાં ઉદ્ભવતું પ્રેરિત વિદ્યુત ચાલકબળ (કે પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ) એ ગૂંચળા સાથે સંકળાયેલ ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓની સંખ્યામાં થતા ફેરફારના દર અને લૂપના આંટાઓની સંખ્યાના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણની ઘટનામાં વાહક ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ગતિ કરે અથવા વાહકની આસપાસ ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ફેરફાર થાય ત્યારે વાહકમાં પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ મળે છે. સામાન્ય રીતે વાહકને ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ગતિ કરાવી પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ સરળતાથી મેળવી શકાય છે. વાહકની ગતિ ચુંબકીય ક્ષેત્રને લંબ દિશામાં હોય તો પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ વધુ પ્રમાણમાં મળે છે.

પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા અને વાહકની ગતિની દિશા પરથી નક્કી થાય છે. આ માટે ફ્લેમિંગનો જમણા હાથનો નિયમ ઉપયોગી છે.

ફ્લેમિંગનો જમણા હાથનો નિયમ :

જમણા હાથનાં પંજાની તર્જની, મધ્યમા અને અંગૂઠો પરસ્પર લંબ રહે તેમ ગોઠવો. જમણા હાથની તર્જનીને ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશામાં ગોઠવો અને અંગૂઠાને વાહકની ગતિની દિશામાં રાખો. મધ્યમાની દિશા એ પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા દર્શાવે છે.

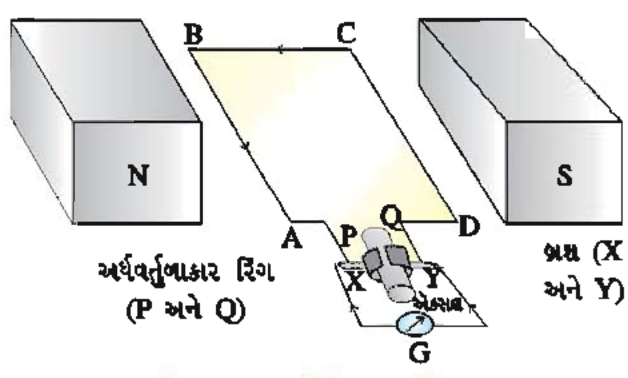


આકૃતિ 5.12 : ફ્લેમિંગનો જમણા હાથનો નિયમ

5.9 ઇલેક્ટ્રિક જનરેટર (Electric Generator)

આપણે જોયું કે ચુંબકીય ક્ષેત્ર વડે પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહ મેળવી શકાય છે. આપણા ઘરમાં જે વિદ્યુતનો ઉપયોગ થાય છે. તે પણ આ રીતે ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. જે સાધનની મદદથી વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરી શકાય તેને ઇલેક્ટ્રિક જનરેટર કહે છે. ઇલેક્ટ્રિક જનરેટર એ યાંત્રિકઊર્જાનું વિદ્યુતઊર્જામાં રૂપાંતરણ કરે છે, જે વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે.

ઇલેક્ટ્રિક જનરેટરની રચના ઇલેક્ટ્રિક મોટરની રચના જેવી જ છે, જે આકૃતિ 5.13માં દર્શાવી છે. ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ભ્રમણ કરતાં લૂપ ABCDના બે છેડા, બે અર્ધવર્તુળાકાર રિંગ P અને Q સાથે જોડેલાં છે. આ બંને રિંગો એકબીજાથી અલગ કરેલી હોય છે. આ રિંગો બ્રશ X અને Y સાથે સંપર્કમાં રહી સરકી શકે તેવી હોય છે. બ્રશના બે છેડા વચ્ચે ગેલ્વેનોમીટર જોડેલું હોય છે. ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં લૂપ ABCDને યાંત્રિક રીતે ભ્રમણ આપતાં તેની સાથે સંકળાયેલ ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓની સંખ્યા સમય સાથે બદલાય છે. આથી તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પ્રેરિત થાય છે, જે ગેલ્વેનોમીટરના કોણાવર્તન વડે જોઈ શકાય છે. આમ, યાંત્રિક ઊર્જાનું વિદ્યુતઊર્જામાં રૂપાંતરણ થાય છે.



આકૃતિ 5.13 : ઇલેક્ટ્રિક જનરેટરની રચના

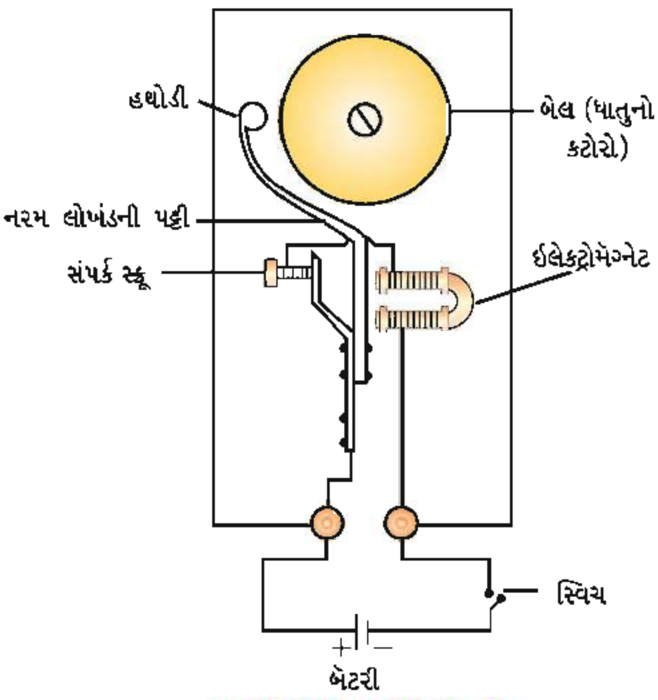
ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં લૂપને ભ્રમણ આપતાં લૂપની AB બાજુ ઉપરની તરફ અને CD બાજુ નીચેની તરફ ગતિ કરે છે. ફ્લેમિંગના જમણા હાથના નિયમની મદદથી AB અને CD ખંડોમાં પ્રેરિત થતાં વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા જાણી શકાય છે. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ પ્રેરિત પ્રવાહ B-A-G-D-C-B માર્ગે વહે છે.

લૂપના અડધા ભ્રમણ બાદ P રિંગ Y બ્રશ સાથે અને Q રિંગ X બ્રશ સાથે સંપર્કમાં આવે છે. અહીં બ્રશ X હંમેશા લૂપની ઉપરની તરફ જતી બાજુ સાથે અને બ્રશ Y હંમેશા લૂપની નીચે તરફ જતી બાજુ સાથે સંપર્કમાં હોય છે, જેને પરિણામે ગૅલ્વેનોમીટરમાં વિદ્યુતપ્રવાહ સતત એક જ દિશામાં વહે છે. આ પ્રવાહને એકદિશ પ્રવાહ (Direct Current અથવા DC) કહે છે. આ પ્રકારના જનરેટરને DC જનરેટર કહે છે. જો અર્ધવર્તુળાકાર રિંગને બદલે પૂર્ણ વર્તુળાકાર રિંગ લેવામાં આવે તો AC વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. આવા જનરેટરને AC જનરેટર કહે છે.

વ્યવહારમાં ઇલેક્ટ્રિક જનરેટરમાં લૂપને બદલે ઘણા આંટાવાળું ગૂંચળું વપરાય છે. ઇલેક્ટ્રિક જનરેટરમાં આ ગૂંચળાને ફેરવવા માટે અલગ અલગ પ્રકારની ઊર્જા વાપરવામાં આવે છે. દા.ત., પવનચક્કીમાં પવનઊર્જા વડે આ ગૂંચળાને ફેરવીને વીજળી ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. બંધમાં સંગ્રહ કરેલા પાણીના ધોધ કે પ્રવાહનો ઉપયોગ કરી ગૂંચળું ફેરવવામાં આવે તો મોટા પ્રમાણમાં વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. હૉસ્પિટલ કે થિયેટરમાં વપરાતા જનરેટરમાં ડીઝલ એન્જિનની મદદથી ગૂંચળું ફેરવવામાં આવે છે અને કટોકટીના સમયે જરૂરી વિદ્યુત પ્રાપ્ત કરી શકાય છે.

5.10 ઈલેક્ટ્રિક બેલ (Electric Bell)

ઈલેક્ટ્રિક બેલ ઈલેક્ટ્રોમૅગ્નેટના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે. ઈલેક્ટ્રિક બેલ ઈલેક્ટ્રોમૅગ્નેટ બેલ (ધાતુનો કટોરો), નરમ લોખંડની પટ્ટી અને સંપર્ક માટેના સ્ક્રૂનું બનેલ હોય છે. નરમ લોખંડની પટ્ટી એ નાની હથોડી જેવું કાર્ય કરે છે. ઈલેક્ટ્રિક બેલની રચના આકૃતિ 5.14માં દર્શાવી છે.



આકૃતિ 5.14 : ઈલેક્ટ્રિક બેલ

પરિપથમાં મૂકેલ સ્વિચ ચાલુ કરતાં વિદ્યુતપ્રવાહ ઈલેક્ટ્રોમૅગ્નેટ, નરમ લોખંડની પટ્ટી, સંપર્કમાં રહેલ સ્ક્રૂમાંથી પસાર થઈ બૅટરીમાં પાછો આવે છે. ઈલેક્ટ્રોમૅગ્નેટમાંથી પ્રવાહ પસાર થતાં તે ચુંબક તરીકે વર્તે છે અને તે લોખંડની પટ્ટીને આકર્ષે છે. લોખંડની પટ્ટી (હથોડી) સ્થિતિસ્થાપક હોવાથી તે બેલ સાથે અથડાય છે. આ જ સમયે પટ્ટીનો સ્ક્રૂ સાથેનો સંપર્ક તૂટી જાય છે અને ઈલેક્ટ્રોમૅગ્નેટમાં વહેતો પ્રવાહ અટકી પડે છે. લોખંડની પટ્ટી પોતાની મૂળ સ્થિતિ પ્રાપ્ત કરી સ્ક્રૂ સાથે સંપર્કમાં આવે છે અને વળી પાછો ઈલેક્ટ્રોમૅગ્નેટમાં પ્રવાહ પસાર થાય છે.

આ ઘટના એક સેકન્ડમાં અનેકવાર પુનરાવર્તિત થાય છે અને હથોડી અનેકવાર બેલ સાથે અથડાય છે પરિણામે બેલ રણકે છે. જ્યાં સુધી પરિપથમાં સ્વિચ બંધ કરવામાં ના આવે ત્યાં સુધી બેલ રણકતો રહે છે.

ઈલેક્ટ્રિક બેલનો ઉપયોગ સ્કૂલમાં, ઘરમાં, ટેલિફોનમાં સિક્યૂરિટી સિસ્ટમ, ફાયર અલાર્મ વગેરેમાં થાય છે.

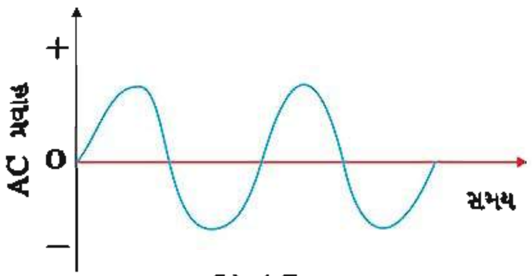
5.11 એકદિશ પ્રવાહ અને ઊલટસૂલટ પ્રવાહ (DC Current and Alternating current)

વિદ્યુતપ્રવાહના બે પ્રકાર છે : (1) એકદિશ પ્રવાહ (Direct Current અથવા DC)

(2) ઊલટસૂલટ પ્રવાહ (Alternating Current અથવા AC)

ઘર વપરાશમાં આપણે બે પ્રકારના વિદ્યુત ઉપકરણો વાપરીએ છીએ, જેમાં અમુક ઉપકરણોનો ઉપયોગ કરવા માટે બેટરી વાપરીએ છીએ. દા.ત., રેડિયો, સેલફોન, ઘડિયાળ, લેપટોપ વગેરે. બેટરી દ્વારા મળતો પ્રવાહ એ એકદિશ પ્રવાહ (DC) છે, જેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ હંમેશા બેટરીના ધન ધ્રુવમાંથી ઉપકરણમાં થઈ ઋણ ધ્રુવ તરફ વહે છે. એટલે કે તે એક જ દિશામાં વહે છે. આ પ્રવાહનું મૂલ્ય સમય સાથે અચળ રહે છે તેમજ તેની દિશા બદલાતી નથી (આકૃતિ 5.15 (a)). DC પ્રવાહને DC જનરેટર દ્વારા પણ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

(a) DC પ્રવાહ



(b) AC પ્રવાહ

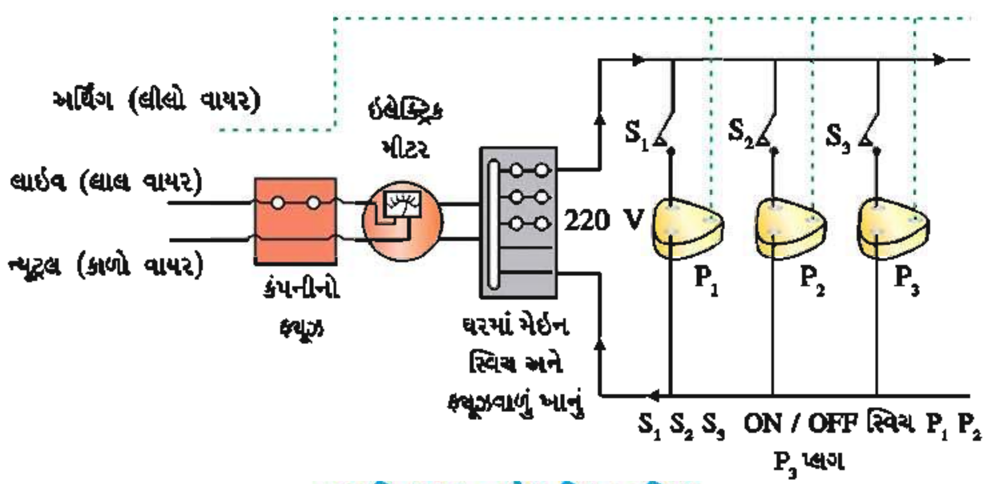
આકૃતિ 5.15 : DC અને AC પ્રવાહ

બીજા પ્રકારના ઉપકરણો જેવા કે રેફ્રિજરેટર, મિક્સર, ઇસ્ત્રી, પંખા વગેરે AC પ્રવાહ પર કાર્યશીલ હોય છે. AC પ્રવાહ મેળવવા માટે AC જનરેટર ઉપયોગમાં લેવાય છે. AC વૉલ્ટેજ અને પ્રવાહ સમય સાથે ધનથી ઋણ અને ઋણથી ધન એમ બદલાતા રહે છે. ઘરમાં આપણે જે વિદ્યુત ઉપયોગમાં લઈએ છીએ તે AC વૉલ્ટેજ અથવા AC પ્રવાહની દિશા એક સેકન્ડમાં 100 વાર બદલાય છે. આથી તેની આવૃત્તિ 50 Hz છે.

AC પ્રવાહ કે વૉલ્ટેજ વાપરવાનો મુખ્ય ફાયદો એ છે કે તેનો વાહકતાર દૂરના અંતરે લઈ જઈએ તો તારમાં વિદ્યુતઊર્જાનો વ્યય પ્રમાણમાં ઓછો થાય છે તેમજ તેનું ઉત્પાદન સહેલું છે. જ્યારે DC વૉલ્ટેજનું ઉત્પાદન પ્રમાણમાં મોંઘું છે. (બજારમાં 1.5 V ની બેટરીનો શું ભાવ છે ? તે પૂછવો.)

5.12 ઘરેલુ વિદ્યુત પરિપથો (Domestic Electric Circuits)

પાવરસ્ટેશનમાં વીજળી ઉત્પન્ન થાય છે. પાવરસ્ટેશનમાંથી આ વીજળી જમીનમાં પાથરેલા તાંબાના જાડા તાર (underground cables) અથવા થાંભલા ઉપરના તાર દ્વારા આપણા ઘરમાં પહોંચે છે. ઘરમાં આ વિદ્યુત દરેક જગ્યાએ કેવી રીતે પહોંચે છે તે આકૃતિ 5.16 માં દર્શાવ્યું છે.



આકૃતિ 5.16 : ઘરેલુ વિદ્યુત પરિપથ

ઘરમાં આવતા વાયરમાંથી એક વાયર લાલ રંગના અવાહક પડ(insulator)વાળો હોય છે, જે live વાયર (અથવા positive) તરીકે ઓળખાય છે. બીજો વાયર કાળા રંગના અવાહક પડવાળો હોય છે, જે neutral વાયર (અથવા negative) તરીકે ઓળખાય છે. આ બે વાયરો વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત 220 V જેટલો હોય છે. આ તારમાં વહેતો પ્રવાહ AC હોય છે જેની આવૃત્તિ 50 Hz છે. અન્ય દેશો જેમ કે અમેરિકામાં આ વૉલ્ટેજ 110 V AC અને 60 Hz આવૃત્તિવાળો હોય છે.

આ બંને વાયરો ઘરનાં ઇલેક્ટ્રિક બોર્ડમાં ગોઠવેલા મુખ્ય ફ્યૂઝમાંથી મીટરમાં પસાર થઈ મુખ્ય સ્વિચબોર્ડ સુધી આવે છે. મુખ્ય સ્વિચબોર્ડમાં ઘરની જરૂરિયાત પ્રમાણે અલગ અલગ પરિપથો માટે ફ્યૂઝ રાખવામાં આવેલા હોય છે. ત્યાંથી આ વાયરો ઘરમાં જુદી જુદી જગ્યાએ જાય છે.

આ વાયરો ઘરમાં બે જુદા જુદા પ્રકારનાં પ્રવાહો લઈ જાય છે : (1) 15 Aના પ્રવાહની લાઇન - જે વધુ પાવરરેટિંગ વાળા વિદ્યુત ઉપકરણો સાથે જોડેલ હોય છે. દા.ત., એરકંડિશન મશીન, ગીઝર, હીટર વગેરે. (2) 5 Aના પ્રવાહની લાઇન - જે ઓછા પાવરવાળા વિદ્યુત ઉપકરણ સાથે જોડેલ હોય છે. દા.ત., ટ્યૂબલાઇટ, ટીવી, બલ્બ વગેરે.

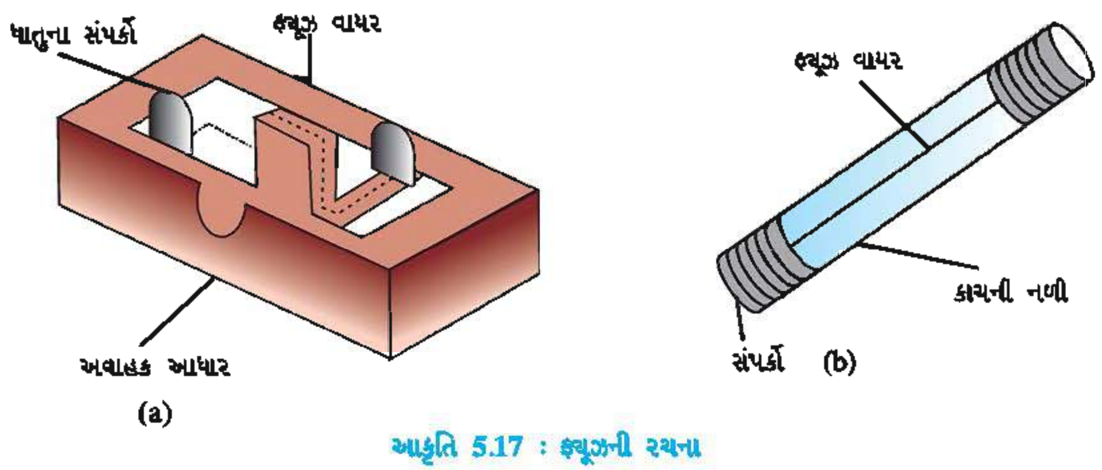
ત્રીજો લીલા રંગના અવાહક પડવાળો વાયર જેને અર્થિંગ વાયર કહે છે. આ વાયરને ઘર નજીક ઊંડા ખાડામાં ધાતુની પ્લેટ સાથે જોડેલો હોય છે. ઇલેક્ટ્રિક ઇસ્ત્રી, ટોસ્ટર, ટેબલફેન વગેરે જેવા ધાતુની સપાટીવાળા સાધનોમાં કોઈ પણ પ્રકારે પ્રવાહનું લીકેજ હોય તો તે ધાતુની સપાટી પર આવે છે, જેના દ્વારા શૉક લાગવાનો ભય રહે છે. આ અર્થિંગ વાયરને આવા સાધનોની ધાતુની સપાટી સાથે જોડવામાં આવે છે જેથી લીકેજ પ્રવાહ અર્થિંગ દ્વારા સીધો જમીનમાં જાય અને શૉક લાગતો નથી. ઘરમાં આવેલા દરેક વિદ્યુત ઉપકરણોનું વાયરિંગ સમાંતર જોડાણમાં થયેલું હોય છે.

5.13 વિદ્યુતના વપરાશમાં રાખવાની સાવચેતીઓ (Safety Measures in the Use of Electricity)

વિદ્યુત ઊર્જાનું સ્વરૂપ છે માટે વિદ્યુતનો ઉપયોગ કરતી વખતે અનેક સાવચેતીઓ રાખવી જરૂરી છે. વિદ્યુતઊર્જાના અનેકવિધ ઉપયોગો સમજ્યા પછી અહીં આપણે વિદ્યુત વાપરતી વખતે કેવી સાવચેતીઓ રાખવી જોઈએ એ વિશે થોડું સમજીએ. આપણે જાણીએ છીએ કે વિદ્યુતને લીધે થતા અકસ્માતોમાં શૉક (shock) લાગવો, આગ લાગવી વગેરે મુખ્ય છે.

ક્યારેક વિદ્યુતપરિપથમાં શોર્ટસર્કિટ (short circuit) થાય છે. શોર્ટસર્કિટનો અર્થ છે પરિપથના પૉઝિટિવ (positive) અને નેગેટિવ (negative) વાયરો ક્યાંક અકસ્માતે ભેગા થઈ ગયા છે. જો વાયરોનું અવાહક પડ (insulation) ક્યાંક નીકળી ગયું હોય અથવા પરિપથના કોઈ સાધનમાં કંઈ ખામી હોય તો આવું થઈ શકે છે. આ સંજોગોમાં પરિપથનો કુલ અવરોધ એકદમ ઘટી જાય છે અને ઓહ્મના નિયમ મુજબ પરિપથમાં અતિશય વિદ્યુતપ્રવાહ વહે છે, જેને કારણે પુષ્કળ ઉષ્મા ઉત્પન્ન થાય છે અને short circuit જે બિંદુએ થયું હોય ત્યાં તણખો (spark) થાય છે, જેથી આગ લાગવાની સંભાવના વધે છે. (એક જ પરિપથમાં વધારેપડતાં સાધનો જોડવાથી પણ ઘણીવાર પ્રવાહ વધી જાય છે, જેને over loading કહે છે.)

આમ થતું અટકાવવા માટે ફ્યૂઝ (fuse)ની રચના કરવામાં આવી છે. આગળના પ્રકરણમાં વિદ્યુતપ્રવાહની તાપીય અસરના અભ્યાસ વખતે ફ્યૂઝ વિશે તમે થોડું સમજ્યા છો. અહીં ફ્યૂઝની રચના વિશે સમજીએ, જે નીચેની આકૃતિ 5.17માં દર્શાવી છે.



આકૃતિ 5.17 : ફ્યૂઝની રચના

અવાહક આધારના બંને છેડે ધાતુના સંપર્કો સાથે જેનું ગલનબિંદુ નીચું હોય તેવો ધાતુનો વાયર જોડવામાં આવે છે. આકૃતિ 5.17 (b)માં એક નાના કાચની નળીમાં ફ્યૂઝવાયર બે ધાતુના સંપર્ક સાથે જોડેલો દર્શાવેલ છે. આવા નાના ફ્યૂઝ ઘર વપરાશનાં સાધનો જેવા કે ટીવી, ટેપ, રેફ્રિજરેટર વગેરેમાં વપરાય છે. જ્યારે કોઈ કારણસર વિદ્યુત પરિપથમાં પ્રવાહ વધી જાય છે ત્યારે ઉત્પન્ન થતી ઉષ્માને કારણે ફ્યૂઝવાયર બળી જાય છે અને પરિપથમાંથી પ્રવાહ પસાર થઈ શકતો નથી. આમ, ફ્યૂઝને કારણે મોટું નુકસાન થતું અટકી જાય છે.

ઘણા પ્રકારના ફ્યૂઝવાયરો ઉપલબ્ધ છે. શુદ્ધ ટિન (tin) અથવા લેડ અને ટિનના મિશ્રણથી ફ્યૂઝવાયર બનાવી શકાય છે. ઉપરાંત મોટા સાધનો વાપરતી વખતે થ્રી-પિન પ્લગ(three pin plug)નો ઉપયોગ કરાય છે, જેમાં ત્રીજી પિન earthing દર્શાવે છે. earthingને કારણે આપણને શૉક લાગતો અટકી શકે છે.

તમે શું શીખ્યા ?

- **ચુંબકીયક્ષેત્ર અને ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ :** ચુંબકના આસપાસના વિસ્તારમાં ચુંબકીયક્ષેત્ર હોય છે. આ ચુંબકીયક્ષેત્રને ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ વડે દર્શાવી શકાય છે. ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ ચુંબકની બહારના વિસ્તારમાં ઉત્તર ધ્રુવ (N) થી દક્ષિણ ધ્રુવ (S) તરફ હોય છે. તેઓ બંધગાળાઓ રચે છે. આ ક્ષેત્રરેખાઓના કોઈ બિંદુએ મૂકેલ ચુંબકીય સોય ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા દર્શાવે છે. ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ ક્યારેય એકબીજાને છેદતી નથી.
- **વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સુરેખ વાહકતારનું ચુંબકીયક્ષેત્ર :** સુરેખ વાહકતારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરતાં તેની આજુબાજુ સમકેન્દ્રિય વર્તુળાકારે ચુંબકીયક્ષેત્ર ઉદ્ભવે છે. આ ચુંબકીયક્ષેત્ર વિદ્યુતપ્રવાહના સમપ્રમાણમાં અને તારથી તેના અંતરના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.
- **વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વર્તુળાકાર રિંગ(ગૂંચળું અથવા લૂપ)નું ચુંબકીયક્ષેત્ર :** વર્તુળાકાર રિંગમાં ઉદ્ભવતું ચુંબકીયક્ષેત્ર તાર પાસે સમકેન્દ્રિય વર્તુળો આકારનું હોય છે. ગૂંચળાના કેન્દ્ર આગળ આ વર્તુળો સીધી રેખા બને છે. ગૂંચળાના કેન્દ્ર પર ઉદ્ભવતું ચુંબકીયક્ષેત્ર વિદ્યુતપ્રવાહના સમપ્રમાણમાં અને ત્રિજ્યાના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.
- **સોલેનોઇડ :** નળાકાર સ્વરૂપે પાસપાસે વીંટેલાં અલગ કરેલા વાહકતારથી બનેલી ગૂંચળા જેવી રચનાને સોલેનોઇડ કહે છે. તેનું ચુંબકીયક્ષેત્ર ગજિયા ચુંબકના ચુંબકીયક્ષેત્ર જેવું હોય છે.
- **વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તાર પર લાગતું બળ :** વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તારને ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મૂકતાં તેના ચુંબકીય બળ લાગે છે. આ બળ ચુંબકીયક્ષેત્રને લંબ દિશામાં હોય છે. આ બળનું મૂલ્ય વિદ્યુતપ્રવાહને સમપ્રમાણ હોય છે. જો વાહકતાર ચુંબકીયક્ષેત્રને સમાંતર આવેલ હોય તો તેના પર બળ લાગતું નથી. તાર પર લાગતા બળની દિશા ફ્લેમિંગના ડાબા હાથના નિયમથી શોધી શકાય છે.
- **ઇલેક્ટ્રિક મોટર વિદ્યુતઊર્જાનું યાંત્રિકઊર્જામાં રૂપાંતર કરે છે :** વાહકતારના લૂપને ચુંબકીયક્ષેત્રમાં મૂકતાં તેની સામસામેની બે બાજુઓ પર સમાન ચુંબકીય બળ પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં લાગે છે. પરિણામે તે ભ્રમણ કરે છે.
- **વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણ :** ચુંબક અને લૂપની સાપેક્ષ ગતિ કરાવતાં લૂપ સાથે સંકળાયેલ ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓની સંખ્યામાં ફેરફાર થાય છે. આથી લૂપમાં વિદ્યુતચાલકબળ પ્રેરિત થાય છે જેને કારણે ગૂંચળામાં પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ મળે છે, જેને વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણ કહે છે. પ્રેરિત પ્રવાહની દિશા ફ્લેમિંગના જમણા હાથના નિયમથી શોધી શકાય છે.
- **ઇલેક્ટ્રિક જનરેટર :** આ ઉપકરણ વડે યાંત્રિકઊર્જાનું વિદ્યુતઊર્જામાં રૂપાંતરણ કરી શકાય છે. ઇલેક્ટ્રિક મોટર વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે.
- **DC અને AC પ્રવાહ :** જે પ્રવાહ સમય સાથે બદલાતો ના હોય અને એક જ દિશામાં (ધનથી ઋણ તરફ) વહેતો હોય તેને એકદિશ પ્રવાહ અથવા DC પ્રવાહ કહે છે.

  જે પ્રવાહની દિશા ધનથી ઋણ અને ઋણથી ધન નિયમિત રીતે બદલાતી હોય તેને ઊલટસૂલટ પ્રવાહ અથવા AC પ્રવાહ કહે છે. ઘરમાં આપણે 220Vનો AC વૉલ્ટેજ વાપરીએ છે. આ વૉલ્ટેજની આવૃત્તિ 50 Hz હોય છે.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) ગજિયા ચુંબકની બહારના વિસ્તારમાં ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓની દિશા ....

(A) ચુંબકના N ધ્રુવથી S ધ્રુવ તરફ હોય છે.

(B) ચુંબકના S ધ્રુવથી N ધ્રુવ તરફ હોય છે.

(C) ચુંબકના બંને ધ્રુવોથી બહાર નીકળતી દિશામાં હોય છે.

(D) ચુંબકના બંને ધ્રુવોમાં અંદર દાખલ થતી દિશામાં હોય છે.

(2) નીચેનામાંથી કયું વિધાન ખોટું છે ?

(A) ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓની દિશા N થી S તરફ હોય છે.

(B) જે વિસ્તારમાં ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ એકબીજાથી નજીક હોય ત્યાં પ્રબળ ચુંબકીયક્ષેત્ર હોય છે.

(C) ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ બંધગાળાઓ રચે છે.

(D) ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ એકબીજા પરથી પસાર થઈ શકે છે.

(3) ચુંબકીયક્ષેત્રની હાજરી કયા સાધન વડે જાણી શકાય છે ?

(A) વૉલ્ટમીટર (B) એમીટર (C) ગૅલ્વેનોમીટર (D) ચુંબકીય સોય

(4) વિદ્યુતપ્રવાહની ચુંબકીય અસર સૌપ્રથમ કોણે નોંધી ?

(A) ફૅરેડેએ (B) ઑર્સ્ટેડે (C) વૉલ્ટાએ (D) ઍમ્પિયરે

(5) કયા નિયમની મદદથી ચુંબકીયક્ષેત્રની દિશા જાણી શકાય છે ?

(A) ફૅરેડેનો નિયમ (B) ફ્લેમિંગનો જમણા હાથનો નિયમ

(C) જમણા હાથના અંગૂઠાનો નિયમ (D) ફ્લેમિંગનો ડાબા હાથનો નિયમ

(6) જમણા હાથના અંગૂઠાના નિયમ મુજબ અંગૂઠો શેની દિશા દર્શાવે છે ?

(A) વિદ્યુતપ્રવાહ (B) ચુંબકીયક્ષેત્ર (C) ચુંબકીય બળ (D) વાહકની ગતિ

(7) સુરેખ વાહકતારમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરતાં ઉદ્‌ભવતું ચુંબકીયક્ષેત્ર ...

(A) પ્રવાહની દિશામાં હોય છે. (B) પ્રવાહની વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે.

(C) તારની આજુબાજુ વર્તુળાકારે હોય છે. (D) તારને સમાંતર એવી દિશામાં હોય છે.

(8) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વર્તુળાકાર લૂપના કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી ચુંબકીયક્ષેત્રની ક્ષેત્રરેખા કેવી હોય છે ?

(A) વર્તુળાકાર (B) સીધી રેખા

(C) લંબગોળ (D) કેન્દ્ર પર ચુંબકીયક્ષેત્ર હોતું નથી.

(9) કોનું ચુંબકીયક્ષેત્ર એ ગજિયા ચુંબકના ચુંબકીયક્ષેત્ર જેવું હોય છે ?

(A) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તાર (B) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત રિંગ

(C) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સોલેનોઇડ (D) નાળ ચુંબક (Horse shoe magnet)

(10) વિદ્યુત પ્રેરણનો સિદ્ધાંત કોણે આપ્યો ?

(A) ફૅરાડેએ (B) ઑર્સ્ટેડે (C) ઍમ્પિયરે (D) વૉલ્ટાએ

(11) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તારને ચુંબકીયક્ષેત્રમાં મૂકતાં તેના પર લાગતું ચુંબકીય બળ કઈ દિશામાં હોય છે ?

(A) ચુંબકીયક્ષેત્ર (B) વિદ્યુતપ્રવાહ

(C) ચુંબકીયક્ષેત્રને લંબ (D) ચુંબકીયક્ષેત્રની વિરુદ્ધ દિશા

(12) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તારને ચુંબકીયક્ષેત્રમાં કેવી રીતે મૂકવામાં આવે કે જેથી તેના પર ચુંબકીય બળ ના લાગે ?

(A) ચુંબકીયક્ષેત્રને સમાંતર (B) ચુંબકીયક્ષેત્રને લંબ

(C) ચુંબકીયક્ષેત્ર સાથે 45°ના ખૂણે (D) ચુંબકીયક્ષેત્ર સાથે 120°ના ખૂણે

(13) નીચેના કયા કિસ્સા માટે લૂપમાં પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ નહિ મળે ?

(A) લૂપને ચુંબકની દિશામાં ગતિ કરાવવામાં આવે.

(B) ચુંબકને લૂપની દિશામાં ગતિ કરાવવામાં આવે.

(C) લૂપ અને ચુંબકને સમાન ઝડપથી પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં ગતિ કરાવવામાં આવે.

(D) લૂપ અને ચુંબકને સમાન ઝડપથી એક જ દિશામાં ગતિ કરાવવામાં આવે.

(14) વિદ્યુતઊર્જાનું યાંત્રિકઊર્જામાં રૂપાંતરણ કરવા માટે કયું સાધન વપરાય છે ?

(A) ઈલેક્ટ્રિક જનરેટર (B) ઈલેક્ટ્રિક મોટર (C) ઈલેક્ટ્રિક ઈસ્ત્રી (D) ઈલેક્ટ્રિક ઓવન

(15) ઈલેક્ટ્રિક જનરેટર કયા સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે ?

(A) વિદ્યુતઊર્જાનું યાંત્રિકઊર્જામાં રૂપાંતર કરે છે. (B) વિદ્યુતઊર્જાનું ઉષ્માઊર્જામાં રૂપાંતર કરે છે.

(C) યાંત્રિકઊર્જાનું વિદ્યુતઊર્જામાં રૂપાંતર કરે છે. (D) વિદ્યુતઊર્જાનું પ્રકાશઊર્જામાં રૂપાંતર કરે છે.

(16) ભારતમાં ગૃહ-વપરાશ માટેના AC વૉલ્ટેજનું મૂલ્ય .... અને આવૃત્તિ .... છે.

(A) 110 V, 60 Hz (B) 110 V, 50 Hz (C) 220 V, 50 Hz (D) 220 V, 60 Hz

(17) પ્રણાલિગત રીતે અર્થિંગ માટે કયા રંગનો વાયર વપરાય છે ?

(A) લાલ (B) કાળો (C) લીલો (D) સફેદ

(18) બૅટરી દ્વારા મળતો વિદ્યુતપ્રવાહ કેવા પ્રકારનો હોય છે ?

(A) DC પ્રવાહ (B) AC પ્રવાહ

(C) AC અને DC બંને પ્રકારના પ્રવાહ (D) બૅટરીના પ્રકાર પર આધાર રાખે છે.

(19) વિદ્યુતપ્રવાહની હાજરી જાણવા કયું સાધન વપરાય છે ?

(A) ફ્યૂઝ (B) ગૅલ્વેનોમીટર (C) વૉલ્ટમીટર (D) બૅટરી

(20) ફ્યૂઝ .... તાર હોય છે.

(A) નીચા ગલનબિંદુવાળો વાહક (B) નીચા ગલનબિંદુવાળો અવાહક

(C) નીચા ગલનબિંદુવાળો અર્ધવાહક (D) ઊંચા ગલનબિંદુવાળો વાહક

(21) પરિપથમાં પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા જાણવા માટે .... નિયમનો ઉપયોગ થાય છે.

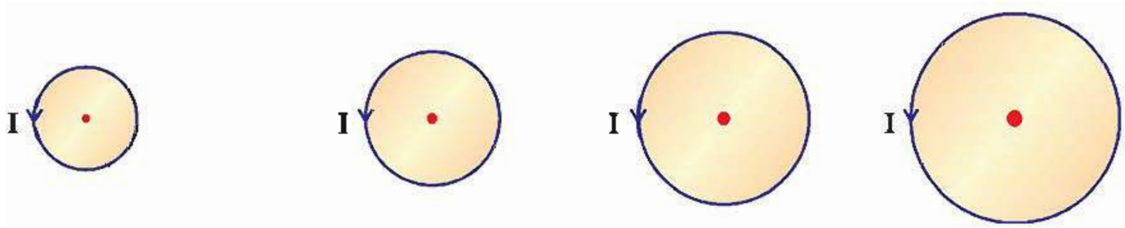
(A) ફ્લેમિંગના ડાબા હાથનો (B) ફ્લેમિંગના જમણા હાથનો

(C) જમણા હાથના અંગૂઠાનો (D) ઍમ્પિયરનો

(22) 50 Hz આવૃત્તિવાળો AC વિદ્યુતપ્રવાહ એક સેકન્ડમાં કેટલી વાર દિશા બદલે છે ?

(A) 25 (B) 50 (C) 100 (D) 200

(23) નીચે દર્શાવેલ ચાર વર્તુળાકાર રિંગમાંથી સમાન વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરતાં, કઈ રિંગના કેન્દ્ર પર ચુંબકીયક્ષેત્ર મહત્તમ હશે ?



(A) (B) (C) (D)

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓની લાક્ષણિકતાઓ જણાવો.

(2) ચુંબકીયક્ષેત્રની દિશા જાણવા માટે 'જમણા હાથના અંગૂઠાનો નિયમ' સમજાવો.

(3) પ્રવાહધારિત વાહકતારને ચુંબકીયક્ષેત્રમાં મૂકતાં ઉદ્‌ભવતી અસર સમજાવો.

(4) પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા કયા નિયમ વડે જાણી શકાય ? તે નિયમની સમજૂતી આપો.

(5) અર્થિંગ વાયરનું પ્રયોજન સમજાવો.

(6) ઘરેલું વિદ્યુત પરિપથમાં ફ્યૂઝની ઉપયોગિતા જણાવો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :

(1) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વર્તુળાકાર રિંગથી ઉદ્‌ભવતા ચુંબકીયક્ષેત્રની ચર્ચા કરો.

(2) સોલેનોઇડ એટલે શું ? સોલેનોઇડથી ઉદ્‌ભવતા ચુંબકીયક્ષેત્રની લાક્ષણિકતા જણાવો.

(3) વિદ્યુત વપરાશમાં કેવા પ્રકારની સાવચેતીઓ રાખવી જોઈએ ?

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :

(1) વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણની ઘટના સમજાવતા પ્રયોગનું વર્ણન કરો અને તેના તારણો જણાવો.

(2) ટૂંક નોંધ લખો : ઇલેક્ટ્રિક બેલ

(3) ઘરેલુ વિદ્યુત પરિપથ માટેનો ડાયાગ્રામ દોરી તેનું વર્ણન કરો.

5. નીચેના પ્રશ્નોના મુદ્દાસર ઉત્તર આપો :

(1) ઇલેક્ટ્રિક મોટરનો સિદ્ધાંત, રચના અને કાર્ય આકૃતિ સહિત વર્ણવો.

(2) ઇલેક્ટ્રિક જનરેટરનો સિદ્ધાંત, રચના અને કાર્ય આકૃતિ સહિત વર્ણવો.

એકમ

6

બ્રહ્માંડ (Universe)

6.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

માનવીની બ્રહ્માંડના રહસ્યો વિશે જાણવાની જીજ્ઞાસા માનવસંસ્કૃતિ જેટલી જ જૂની છે અને તેમાં સહેજ પણ ઘટાડો થયો હોય તેમ જણાતું નથી. અવકાશીય પદાર્થની ગતિવિધી અને વર્તણૂંક હંમેશા આપણને અચંબિત કરે છે. બ્રહ્માંડ વિશેના આપણાં ઘણાં પ્રશ્નો વૈજ્ઞાનિક અને ટેક્નોલૉજીના વિકાસ દ્વારા ઉકેલી શકાયા છે, ત્યારે ઘણા નવા પ્રશ્નો ઉદ્‌ભવ્યા છે અને એમાંના કેટલાક તો પ્રચલિત માન્યતા સાથે સુસંગત પણ નથી ! અવકાશ સંશોધન માટે વૈજ્ઞાનિક ફલક પૂરું પાડવાના હેતુથી અવકાશ સંશોધન ક્ષેત્રે થયેલા વિકાસ, તેમાં વપરાતા સાધનો અને ખાસ કરીને આપણા સૂર્યમંડળનો ઊંડાણપૂર્વકનો અભ્યાસ અત્રે આપણે કરીશું. આ પ્રકરણમાં ભારતમાં અવકાશવિજ્ઞાન કાર્યક્રમની પણ સંક્ષિપ્ત ચર્ચા સામેલ કરી છે.

6.2 અવકાશ સંશોધન : એક ઝલક (Space Research : An Overview)

અવકાશ સંશોધન માટેના પહેલા વૈજ્ઞાનિક અવલોકનોનું મૂળ છેક 17મી સદીમાં જાય છે કે જ્યારે ગેલિલિયોએ તેના ટેલિસ્કોપ દ્વારા ગુરુ(jupiter)ના વિશાળ ચાર ચંદ્રો(moons)ની શોધ તથા શુક્ર(venus)ની જુદી જુદી કળા(phase)ની પુષ્ટિ કરી. હકીકતમાં, 1940 સુધી નજીકના બ્રહ્માંડ અને સૂર્યમંડળ વિશેની લગભગ બધી જ માહિતી આવા પ્રકાશીય ટેલિસ્કોપ (optical telescope) દ્વારા જ મેળવવામાં આવતી હતી. પરંતુ પ્રકાશીય ટેલિસ્કોપની કેટલીક ક્ષતિઓને કારણે પાછળથી વિશાળ રેડિયો ટેલિસ્કોપની શોધ કરવામાં આવી અને તેમને પ્રસ્થાપિત કરવામાં આવ્યા. રેડિયો ટેલિસ્કોપ સામાન્ય રીતે માનવવસ્તીથી દૂર તેવા ઊંચા સ્થાન (high altitudes) ઉપર ગોઠવવામાં આવે છે કે જેથી રેડિયો, ટીવી, રડાર વગેરેથી થતી વિદ્યુતચુંબકીય ખલેલથી તેને બચાવી શકાય. રેડિયો ટેલિસ્કોપ પ્રકાશીય (દૃશ્યપ્રકાશ) પ્રદૂષણ માટે અસંવેદનશીલ હોવાથી પ્રકાશીય ટેલિસ્કોપ કરતા ચડિયાતા છે. દા.ત., હબલ સ્પેસ ટેલિસ્કોપ (hubble space telescope) દૃશ્યપ્રકાશ, પારજાંબલી (ultraviolet) અને પારરક્ત (infrared) તરંગો દ્વારા આપણને બહોળા પ્રમાણમાં માહિતી પૂરી પાડે છે.

વૈજ્ઞાનિકોએ પછીથી અનુભવ્યું કે બ્રહ્માંડની શોધ અને તેના અસ્તિત્વની જોડતી કડી સમજવા માટે ન્યૂટ્રૉન સ્ટાર (neutron star), બ્લૅક હોલ (black hole) અને સુપરનોવા (supernova) વિશેની ઊંડી સમજ હોવી જરૂરી છે. તેથી તેઓને ક્ષ-કિરણ ખગોળશાસ્ત્ર(X-ray astronomy)ની જરૂર પડી. આ દૃષ્ટિકોણથી, સૌપ્રથમ રેડિયો ટેલિસ્કોપ X-ray telescope, આઈન્સ્ટાઈન(HEAO-2)ને NASA (National Aeronautics and Space Administration) દ્વારા 1978માં કક્ષામાં મૂકવામાં આવ્યો. તેનું જ ફરીથી નવું નામ ચંદ્રા (Chandra) કરી 1999માં પ્રસ્થાપિત કરવામાં આવ્યો. ચંદ્રા X-ray વેધશાળા (observatory) દૂરના તારાવિશ્વો(galaxies)નાં X-ray ફોટાઓ પણ મોકલે છે.

6.3 બ્રહ્માંડ વિશે બદલાતાં ખ્યાલો (changing Views on the Universe)

પહેલાના ખગોળવેત્તા (astronomers) આ આકાશીય ઘટનાઓનો અભ્યાસ અવલોકન દ્વારા કરતાં હતાં. ઘણી ખગોળીય ઘટનાઓ જીવનમાં એકથી વધારે વખત જોઈ શકાતી નથી કે તેઓને પ્રયોગશાળામાં સમજી શકાતી નથી. તેથી આ નોંધણીઓને અંતિમ અહેવાલનું સ્વરૂપ આપવા માટે ખૂબ જ લાંબો સમય લાગતો હતો અને આ અવલોકનો પરથી કાઢેલા મોટાભાગના તારણો એ આંતરિક તત્ત્વજ્ઞાનને આભારી હતા. દા.ત., ગ્રીક ખગોળશાસ્ત્રી, ટોલોમી(Ptolemy)ના મત અનુસાર બધા જ અવકાશીય પદાર્થો પૃથ્વીને ફરતે પરિભ્રમણ કરે છે. બ્રહ્માંડના કેન્દ્રમાં રહેલ પૃથ્વી ગતિ કરતી નથી. ટોલોમીના આ "પૃથ્વી-કેન્દ્રિત" (earth-centred) કે "ભૂકેન્દ્રિય" (geocentric) વાદને પોલીશ (polish) ગણિતશાસ્ત્રી અને ખગોળશાસ્ત્રી નિકોલસ કૉપરનિકસે (Nicolus Copernicus) તેના ગણિતીય વાદ દ્વારા પડકાર્યો. તેણે સૂચવ્યું કે બધા જ ગ્રહો અને પૃથ્વી પણ સૂર્યને ફરતે ગતિ કરે છે, જ્યારે ચંદ્ર પૃથ્વીની ફરતે ગતિ કરે છે. સૂર્ય બ્રહ્માંડનાં કેન્દ્રમાં છે અને તે સ્થિર છે. કૉપરનિકસનો આ વાદ "સૂર્ય-કેન્દ્રિય" (sun-centred or heliocentric) તરીકે ઓળખાય છે. આ બંને વાદમાં અવકાશીય પદાર્થોની કક્ષા વર્તુળાકાર ધારવામાં આવી છે. એ અવશ્ય નોંધવું જોઈએ કે ઐતિહાસિક રીતે, કૉપરનિકસનો વાદ એ સૌપ્રથમ ભૂમિતિય અનુમાનિત (predictive geometrical) વાદ છે. ગેલેલિયોના અવકાશીય અવલોકન દ્વારા પણ આ સૂર્ય-કેન્દ્રિત વાદને સમર્થન મળ્યું હતું.

16મા સૈકામાં, જ્હોન કેપ્લરે (John Kepler) ન્યૂટનના ગતિના નિયમોની જેમ ગ્રહોની ગતિ માટેના નિયમો આપ્યા. તેમણે મંગળ(mars)ની ગતિનો અભ્યાસ કરવા માટે લંબવૃત્તીય (elliptical) કક્ષાનો ઉપયોગ કર્યો હતો. પાછળથી એવું માલૂમ પડ્યું કે સૂર્ય એ કોઈ પણ ગ્રહની કક્ષાના ભૌમિતિક કેન્દ્ર પર નથી. તે લંબવૃત્તીય કક્ષાનાં કોઈ એક કેન્દ્ર પર છે. 18મી અને 19મી સદીમાં સૂર્ય પણ બીજા તારાઓની જેમ જ એક તારો છે તેમ પ્રસ્થાપિત થયું. 20મી સદીની શરૂઆતમાં "આકાશગંગા" (milky way) તારાવિશ્વ (galaxy) વિશે સમજ સ્પષ્ટ થઈ. એવું સાબિત થયું કે સૂર્ય પણ તારાવિશ્વના કેન્દ્રથી 30,000 પ્રકાશવર્ષ જેટલો દૂર છે.

માત્ર જાણકારી માટે

ખગોળશાસ્ત્રીઓ અંતર ખગોળીય એકમ astronomical units (AU)માં માપે છે. 1 AU એટલે પૃથ્વીના કેન્દ્ર અને સૂર્યના કેન્દ્ર વચ્ચેનું સરેરાશ અંતર.

અર્થાત્ $1 \text{ AU} = 149{,}598{,}000 \text{ km} = 1.496 \times 10^8 \text{ km}$

અવકાશીય અંતરો માપવા માટેનો બીજો એકમ એ પ્રકાશવર્ષ છે.

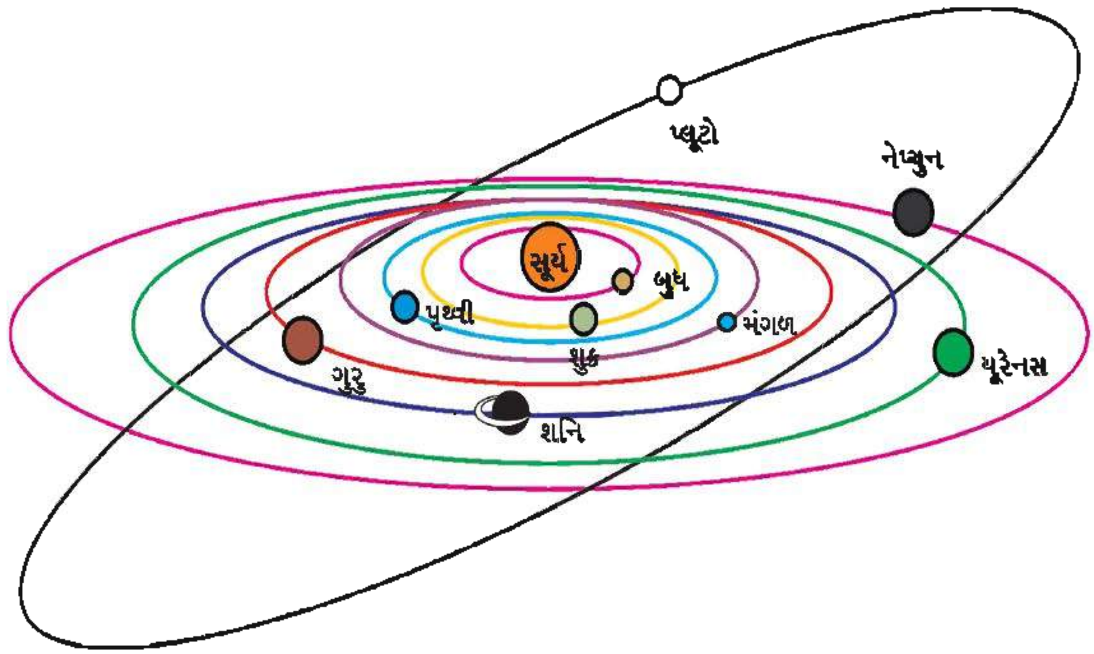
1 પ્રકાશવર્ષ $= 9.46 \times 10^{12} \text{ km} = 63{,}000 \text{ AU}$

અલબત્ત, આલ્બર્ટ આઈન્સ્ટાઈનનો 'સાપેક્ષતાનો સિદ્ધાંત' (principle of relativity) સૂચવે છે કે બ્રહ્માંડને કોઈ દેખીતું કેન્દ્ર નથી. હબલ અને X-ray ટેલિસ્કોપના અવલોકનો એ હકીકત દર્શાવે છે કે બ્રહ્માંડ વિસ્તરતું જાય છે, અને તારાઓ તથા બીજા અવકાશીય પદાર્થો એકબીજાથી દૂર ખસે છે. પ્રખ્યાત ભૌતિકશાસ્ત્રી સ્ટીફન હોકિન્સના મત અનુસાર આવા બીજા ઘણા બ્રહ્માંડો હશે !

6.4 સૂર્યમંડળ (Solar System)

લગભગ 4.568 ખર્વ (billion) વર્ષો પૂર્વે વિશાળ આણ્વિય વાદળ(giant molecular cloud)ના નાના ભાગનું ગુરુત્વીય ભંગાણ (collapse) થવાથી સૂર્યમંડળની ઉત્પત્તિ અને તેની ઉત્ક્રાંતિ થઈ હતી. મોટાભાગનું ભંગાણ પામેલ દ્રવ્ય કેન્દ્રમાં ભેગું થઈને સૂર્યની રચના થઈ હતી. તેથી જ સૂર્ય સમગ્ર સૂર્ય કુટુંબનું 99.86 % દળ ધરાવે છે. જ્યારે બાકી રહેલું દળ કક્ષાઓમાં પથરાઈ જવાથી ગ્રહો, ઉપગ્રહો, લઘુગ્રહો, ઉલ્કાઓ, ધૂમકેતુઓ વગેરેની રચના થઈ હતી. આકૃતિ 6.1 (a)માં નવ ગ્રહોની

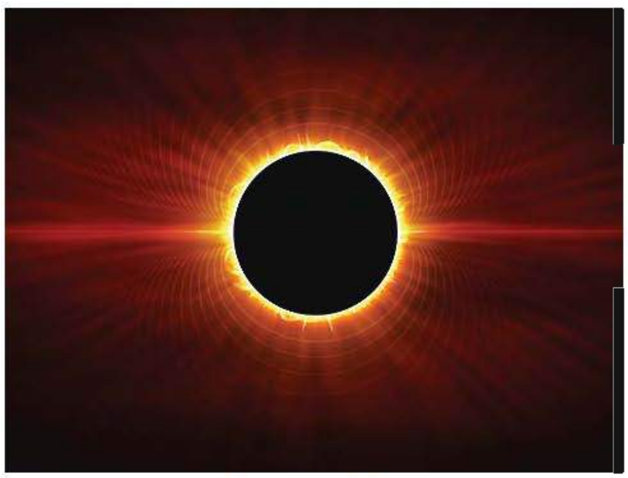
કક્ષા દર્શાવેલ છે. અલબત્ત હવે પ્લૂટોને નાના ગ્રહ (dwarf planet) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ગ્રહોને જે-તે કક્ષામાં રાખવા માટે જરૂરી એવું કેન્દ્રગામી બળ એ ગ્રહ અને સૂર્ય વચ્ચે લાગતા ગુરુત્વાકર્ષણ બળની મદદથી પૂરું પડે છે.



આકૃતિ 6.1 સૂર્યમંડળના ગ્રહોની કક્ષાઓ

સૂર્ય આપણા માટે મુખ્ય ઊર્જાસ્રોત છે. આપણને જરૂર પૂરતા પ્રમાણમાં જ ઊર્જા મળે છે કે જેથી પાણી પ્રવાહી સ્વરૂપમાં રહી શકે. જીવનનાં ઉદ્ભવ અને ઉત્ક્રાંતિ માટે આ ખૂબ જ જરૂરી છે. આમ, સૂર્ય સૂર્યમંડળના અસ્તિત્વ માટે જરૂરી હોવાથી, સૌપ્રથમ આપણે સૂર્ય વિશે અભ્યાસ કરીશું.

(1) સૂર્ય : તેનો વ્યાસ લગભગ 13,92,000 km છે. તેના ગર્ભનું તાપમાન લગભગ 1.5 કરોડ K (કેલ્વિન) જેટલું છે. આટલા ઊંચા તાપમાનને કારણે ગર્ભમાં રહેલ દ્રવ્ય પ્લાઝ્મા સ્વરૂપમાં હોય છે. વળી ખૂબ જ ઊંચી ઘનતાને કારણે ગર્ભમાં દબાણ પણ ઘણું વધારે હોય છે. આ સ્થિતિ તાપીય ન્યુક્લિય સંલયન(thermo nuclear fusion)થી 4 હાઇડ્રોજન ન્યુક્લિયસોનું રૂપાંતરણ હિલિયમ (He) ન્યુક્લિયસમાં કરવા માટે જવાબદાર છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન હાઇડ્રોજન ન્યુક્લિયસના અમુક ભાગના દળનું આઇન્સ્ટાઇનના દળ-ઊર્જા સૂત્ર, $E = \Delta mc^2$ અનુસાર ઊર્જામાં રૂપાંતર થાય છે. અહીં c એ પ્રકાશનો શૂન્યાવકાશમાં વેગ છે. આ બહોળા પ્રમાણમાં છૂટી પડતી ઊર્જા જ આપણા માટેનો ઊર્જાસ્રોત છે. આ પ્રક્રિયાને કારણે જ સૂર્યને પોતાની તેજસ્વિતા છે.



આકૃતિ 6.2 : કોરોના

ગર્ભથી સપાટી તરફ જતાં સૂર્યનું તાપમાન ઘટીને લગભગ 6000 K જેટલું થાય છે. આમ, સૂર્ય ધગધગતા વાયુના ગોળા જેવો લાગે છે. સૂર્યમાં રહેલું દ્રવ્ય (પ્લાઝ્મા) એ તેને વીંટળાયેલા પ્રબળ ચુંબકીયક્ષેત્ર વડે કેન્દ્રિત થયેલું રહે છે. આ ચુંબકીયક્ષેત્રમાં થતા ફેરફારો સૂર્યકલંકો (sun spots) આપે છે. સૂર્યકલંકોની સંખ્યા આવર્ત રીતે સતત બદલાતી રહે છે. તેનો આવર્તકાળ 11 વર્ષ છે.

સૂર્યને ફરતે 400 km સુધીના તેજસ્વી આવરણને ફોટોસ્ફિયર (photosphere) કહે છે. ફોટોસ્ફિયરમાં દ્રવ્યઘનતા ખૂબ જ ઓછી અને તેની ઉપર આવેલા વાયુની ઘનતા વધારે હોવાથી, આ આવરણ ફક્ત સૂર્યગ્રહણ (solar eclips) વખતે જ જોવા મળે છે. તેને 'કોરોના' (corona) એટલે મુગુટ કહે છે. (આકૃતિ 6.2)

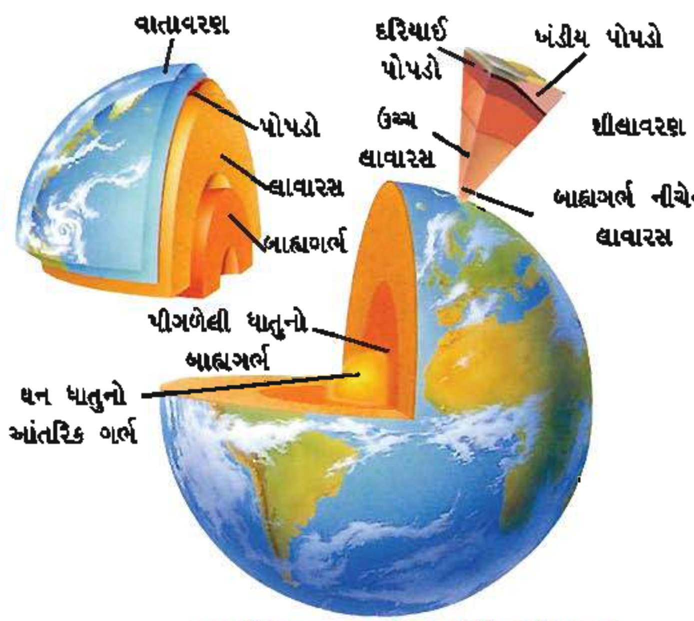
હાલમાં સૂર્ય તેની પૂર્ણ વિકસિત અવસ્થામાં છે. એવું ધારવામાં આવે છે કે સૂર્ય બીજા લગભગ 5 અબજ (billion) વર્ષોને અંતે મૃત્યુ પામશે. તે પહેલા તેના કદમાં વધારો થશે અને red-giant બનશે. તદ્ઉપરાંત સૂર્યના ગ્રહો નજીકમાંથી પસાર થતા બીજા મોટા અવકાશીય પદાર્થો સાથે ટકરાઈ જશે અથવા તેઓનો નાશ થશે કે આંતરઅવકાશ(interstelller space)ની અંદર ફેંકાઈ જશે.

(2) ટેરેસ્ટ્રીયલ (પાર્થિવ) ગ્રહો : સૂર્ય પછી સૂર્યમંડળમાં અગત્યના ઘટકો ગ્રહો છે. સૂર્યમંડળમાં કુલ નવ ગ્રહો છે. તેઓને બે સમૂહમાં વહેંચી શકાય : (1) એવા ગ્રહો કે જેઓ મંગળ ગ્રહની કક્ષાની અંદર આવેલા હોય તેમને ટેરેસ્ટ્રીયલ ગ્રહો કહે છે. (2) જેઓ મંગળ ગ્રહની કક્ષાની બહાર આવેલા હોય તેમને જોવિયન ગ્રહો કહે છે. બુધ (mercury), શુક્ર (venus), પૃથ્વી (earth) અને મંગળ (mars) ટેરેસ્ટ્રીયલ ગ્રહો છે. આ ગ્રહોનું બંધારણ પૃથ્વીના બંધારણ જેવું જ છે. આ ગ્રહોને ઓછી સંખ્યામાં કુદરતી ઉપગ્રહો હોય છે અને તેઓ પાતળું વાતાવરણ ધરાવે છે.

બુધ : તે સૂર્યમંડળનો સૌથી નાનો ગ્રહ છે. તેનું દળ પૃથ્વીના દળ કરતાં લગભગ 1/18મા ભાગનું છે. તેના કેન્દ્રમાં નિકલ (Ni) અને આયર્ન (Fe) જેવી ધાતુઓ રહેલી છે. તેની બાહ્ય સપાટી પથરાળ છે. તેની ગુરુત્વીય તાકાત એ પૃથ્વી કરતા ત્રીજા ભાગની છે. આવા નબળા ગુરુત્વાકર્ષણ અને સૂર્યથી સૌથી નજીક હોવાને કારણે તેના પર બાષ્પ સ્વરૂપમાં રહેલ પોટેશિયમ (potassium – K) અને સોડિયમ(sodium – Na)નું ખૂબ પાતળું વાતાવરણ છે. પરિણામ સ્વરૂપ, દિવસ અને રાત્રિ વચ્ચે તાપમાનનો બહુ જ મોટો તફાવત જોવા મળે છે. સૂર્ય તરફની સપાટીનું તાપમાન 427^0 C જેટલું જ્યારે રાત્રિ તાપમાન -173^0C જેટલું જોવા મળે છે. આવા ઊંચા તાપમાનના તફાવતને કારણે બુધ પર જીવન શક્ય નથી. તેની સપાટી પર ઘણા ખાડાઓ (craters) જોવા મળે છે. તેમાંના કેટલાક તો જ્વાળામુખી છે. મોટાભાગના ખાડાઓ ઉલ્કાપાતને કારણે ઉદ્ભવ્યા છે. બુધને કોઈ ચંદ્ર નથી.

શુક્ર : તે સૂર્યમંડળનો બીજો ગ્રહ છે અને તે પૃથ્વીનો પડોશી છે. તે સૌથી વધારે તેજસ્વી ગ્રહ છે. તેનું બાહ્ય વાતાવરણ કાર્બન ડાયોક્સાઈડ(CO_2)ના સફેદ વાદળનું બનેલું છે. તે એક જ એવો ગ્રહ છે કે જે પૂર્વથી પશ્ચિમ દિશામાં પરિક્રમણ કરે છે, અને જે બીજા ગ્રહો કરતાં ઊલટી દિશામાં છે. આ કારણથી **શુક્ર પર સૂર્ય પશ્ચિમમાં ઊગે છે અને પૂર્વમાં આથમે છે.** તેની કક્ષા વધુ ગોળાકાર છે. તેની સપાટી પર મોટા પહાડો, ખીણો અને જ્વાળામુખીઓ આવેલા છે. તેને પણ કોઈ ચંદ્ર નથી.

પૃથ્વી : સૌરમંડળનો ત્રીજો ગ્રહ પૃથ્વી છે. સૌરમંડળનો આ એક જ ગ્રહ છે, જે **સજીવસૃષ્ટિ ધરાવે છે.** તેનું વાતાવરણ પાતળું છે. આ સ્તર(વાતાવરણ)ની જાડાઈ લગભગ 800 થી 1000 km જેટલી છે. વાતાવરણને લીધે જ ઉલ્કાપાત વખતે, ઘર્ષણના કારણે ઉલ્કાઓ સળગીને વાયુરૂપ પદાર્થમાં ફેરવાઈ જાય છે. આમ, વાતાવરણ આપણને ઉલ્કાઓ સામે રક્ષણ આપે છે. વધારામાં તે પાતળા ઓઝોન વાયુનું સ્તર ધરાવે છે. આ ઓઝોન વાયુનું સ્તર સૂર્યમાંથી આવતા પારજાંબલી (ultraviolet) વિકિરણોનું શોષણ કરીને સજીવો



આકૃતિ 6.3 : પૃથ્વીનું આંતરિક બંધારણ

પર તેની નુકસાનકારક અસર ઘટાડે છે. વાતાવરણ ગ્રીન હાઉસ અસર થકી જીવન માટે જરૂરી તાપમાન જાળવી રાખવામાં મદદરૂપ છે. આવા સાનુકૂળ સંજોગોને કારણે પૃથ્વી પર જીવનનો આરંભ થયો હતો.

પૃથ્વીનું બહારનું સ્તર કાદવ અને પથ્થરો(સિલિકેટ)નું બનેલું છે. અહીં, સિલિકોન ડાયૉક્સાઇડ(SiO_2)નું પ્રમાણ ખૂબ વધારે છે. તેનો ગર્ભ પીગળેલા આયર્ન મૅગ્નેશિયમ અને સિલિકેટ જેવા દ્રવ્યોનું અર્ધપ્રવાહી સ્વરૂપ છે (આકૃતિ 6.3). તેને એક કુદરતી ઉપગ્રહ, ચંદ્ર છે.

મંગળ : મંગળ પણ સૂર્યથી દૂર તરફનો આપણો પડોશી ગ્રહ છે. તે લાલાશપડતો છે. તેની સપાટી પર મોટી ખીણો, પહાડો અને શુષ્ક નદીઓ આવેલી છે. તેને અવગણી શકાય તેટલું વાતાવરણ છે (પૃથ્વીના વાતાવરણ કરતા લગભગ 1 % જેટલું). તે મુખ્યત્વે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું બનેલું છે. તેમાં નાઇટ્રોજન (N_2) અને આર્ગોન (Ar) પણ થોડા પ્રમાણમાં હોય છે. **એવું માનવામાં આવે છે કે તેનો ધ્રુવપ્રદેશ સૂકા બરફ(ઘન CO_2)નો બનેલો છે.** પાથ ફાઈન્ડર મિશન (Path Finder Mission) – 1997, દ્વારા મળેલ માહિતી પ્રમાણે મંગળ પર ભૂતકાળમાં નદીઓ વહેતી હશે. હાલના તબક્કે મંગળ પર જીવનની શક્યતા નહિવત્ છે. તેને ફોબોસ (Phobos) અને ડેમોસ (Demos) નામના બે ચંદ્રો છે.

ફક્ત જાણકારી માટે

ઑગસ્ટ 2005માં મંગળના અભ્યાસ માટે USAની NASA સંસ્થા દ્વારા Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) નામનું અવકાશયાન (space vehicle) મોકલવામાં આવ્યું હતું. આ માનવરહિત અવકાશયાને મંગળ પર સાત માસની મુસાફરી બાદ 10 માર્ચ, 2006ના રોજ ઉતરાણ કર્યું. તેણે મંગળના વાતાવરણ અંગેની માહિતી અને ફોટાઓ મોકલ્યા હતા. NASA આવતા 10 વર્ષમાં મંગળ પર માનવ મોકલવાનું વિચારે છે. NASAના વૈજ્ઞાનિકો દૃઢપણે માને છે કે નજીકના વર્ષોમાં માનવને મંગળ પર મોકલી શકાશે.

(3) જોવિયન ગ્રહો : સૂર્યમંડળના એવા ગ્રહો કે જેમની કક્ષા મંગળની કક્ષા કરતા વધારે હોય અને જેમનું બંધારણ ગુરુ જેવું હોય તેને જોવિયન ગ્રહો કહે છે. આવા ગ્રહોનું કદ મોટું પણ ઘનતા ઓછી હોય છે. તેઓ મુખ્યત્વે હાઇડ્રોજન, એમોનિયા અને હિલિયમના બનેલા છે. તેમને ફરતે વલયો જોવા મળે છે. તેઓને મોટા કદના ચંદ્રો હોય છે.

ગુરુ : તે સૂર્યમંડળનો પાંચમો ગ્રહ છે. તે તેજસ્વી ગ્રહ છે. **તે સૌરમંડળનો સૌથી મોટો ગ્રહ છે.** તે પૃથ્વી કરતાં લગભગ 1400 ગણો મોટો છે. તેના પર ધૂંધળા કથ્થાઈ રંગના પટ્ટા જોવા મળે છે. આ પટ્ટાની રંગ-સાંદ્રતા (colour concentration) સતત બદલાયા કરે છે. તેના ચળકાટને કારણે આ ગ્રહને નરી આંખે પણ જોઈ શકાય છે. તેને પ્રમાણમાં પથરાળ ગર્ભ છે અને કોઈ વાસ્તવિક સપાટી નથી. ગુરુને 60 કરતા વધારે ચંદ્રો છે.

ફક્ત જાણકારી માટે

તેના મોટા દળને કારણે ગુરુનું ગુરુત્વાકર્ષણબળ ઘણું વધારે છે, તેના મોટા ગુરુત્વાકર્ષણબળને કારણે નજીકથી પસાર થતા ધૂમકેતુઓની દિશા બદલાઈ જાય છે, ઘણી વખત તો તેમના ટુકડા પણ થઈ જાય છે. આ માટેનું કારણ સ્પષ્ટ જ છે, ધૂમકેતુનો જે ભાગ ગુરુની નજીક હોય છે તે તેનાથી દૂર રહેલા ભાગ કરતા પણ વધારે ગુરુત્વાકર્ષણબળ અનુભવે છે. ઈ. સ. 1994માં Levy shoemaker નામનો ધૂમકેતુ બે કરતાં વધારે ટુકડાઓમાં તૂટી ગયો હતો. ઘણા ટુકડાઓ તો આ ગ્રહ ઉપર પણ પડ્યા હતા. રેડિયો ટેલિસ્કોપ દ્વારા લીધેલા અવલોકનો એવું સૂચવે છે કે ગુરુનો ગ્રહ તેને સૂર્ય દ્વારા મળતી ઊર્જા કરતા બેથી ત્રણ ગણી ઊર્જાનું વિખેરણ કરે છે. એક શક્ય કારણ એવું હોઈ શકે કે ગુરુના ગર્ભમાં મોટા પ્રમાણમાં તાપીય ન્યુક્લિયર સંલયન પ્રક્રિયા થતી હશે.

શનિ : શનિ એ સૂર્યમંડળનો બીજા મોટા ક્રમનો ગ્રહ છે. તેનું કદ પૃથ્વી કરતાં લગભગ 850 ગણું વધારે છે. **તેના ત્રણ પ્રકાશિત વલયો તેની શોભામાં વધારો કરે છે.** ઘણા વૈજ્ઞાનિકોનું માનવું છે કે શનિ એ સંપૂર્ણ હાઇડ્રોજનનો બનેલો છે. તેનો ગર્ભ ભાગ ઘન હાઇડ્રોજનનો બનેલો છે જ્યારે તેનો ઉપરનો ભાગ પ્રવાહી હાઇડ્રોજનનો બનેલો છે. અન્ય વૈજ્ઞાનિકો એવું માને છે કે તેનો ગર્ભ ભાગ પથ્થરો અને ધાતુઓનો બનેલો છે કે જે બરફના જાડા થર અને વાતાવરણથી ઘેરાયેલા છે. તેની સપાટી પરનું તાપમાન ખૂબ જ ઓછું છે. તેનો સૌથી મોટો ચંદ્ર ટાઇટન (Titan) છે.

યુરેનસ : ઈ. સ. 1781માં વિલિયમ હર્શલે (William Harshall) યુરેનસની શોધ કરી હતી. તેનું કદ પૃથ્વીના કદ કરતાં 64 ગણું છે. તેનો વ્યાસ પૃથ્વીના વ્યાસ કરતાં લગભગ 3.7 ગણો છે. તેનો ગર્ભ ભાગ આયર્ન, મૅગ્નેશિયમ અને સિલિકેટ પથ્થરોનો બનેલો છે. તે હાઇડ્રોજન અને હિલિયમના સ્તરો કે જે બરફ સ્વરૂપે રહેલા મિથેન અને એમોનિયાના વાદળોથી ઘેરાયેલા છે. **આ ગ્રહ નજીક-નજીક રહેલા ભૂખરા રંગના વલયોથી ઘેરાયેલા છે.**

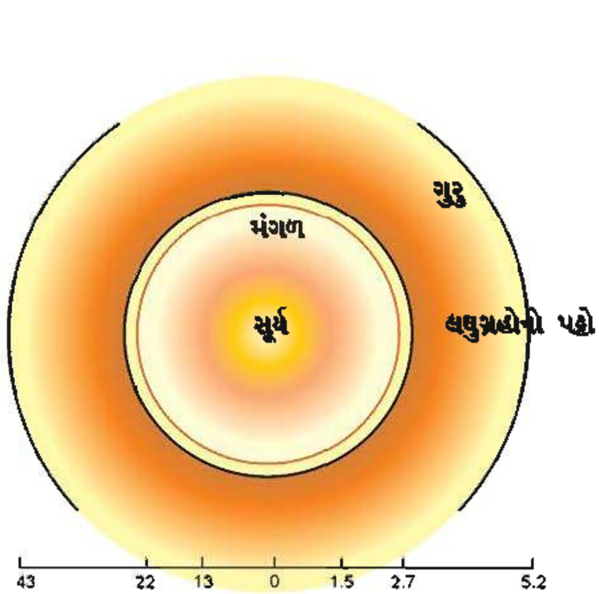
નેપ્ચ્યુન : નેપ્ચ્યુન બ્લ્યૂ રંગનો દેખાય છે. તેને બે તેજસ્વી અને બે ઝાંખા વલયો હોય છે. આમ, તેને કુલ ચાર વલયો છે. **તેનો ગર્ભ ભાગ સિલિકેટના ખડકો અને બરફ**નો બનેલો છે. તેના ઉપરના ભાગમાં મિથેનના બનેલા ખડકો, એમોનિયા અને બરફ સ્વરૂપમાં પાણી આવેલા છે. તે ખૂબ જ ઠંડો ગ્રહ છે. ટ્રીટોન (triton) અને નેરીડ (nerid) તેના જાણીતા ચંદ્રો છે.

પ્લૂટો : ગ્રહોના નવા વર્ગીકરણ મુજબ પ્લૂટોને નાનો ગ્રહ ગણવામાં આવે છે. તે ઠંડો, અંધારિયો અને પીળાશપડતો ગ્રહ છે. તેની સપાટીઘનતા પૃથ્વીને મળતી આવે છે તેથી તેને ટેરેસ્ટ્રીયલ ગ્રહ પણ ગણી શકાય. તેની પરિભ્રમણકક્ષા અતિ લંબવૃત્તીય છે. તેના ગર્ભ ભાગમાં સિલિકેટના બનેલા ખડકો આવેલા છે, જેની ફરતે ઘન અવસ્થામાં રહેલ પાણી, મિથેન અને કાર્બન મૉનોક્સાઇડ છે. તેનું વાતાવરણ મુખ્યત્વે મિથેન વાયુનું બનેલું છે. **પ્લૂટો અને તેનો ચંદ્ર શૅરોન (sheron) એ જોડકું (binary system) રચે છે કે જે તેમના સામાન્ય દ્રવ્યમાનકેન્દ્ર(centre of mass)ને ફરતે પરિભ્રમણ કરે છે.**

યુરેનસ, નેપ્ચ્યુન અને પ્લૂટો નરી આંખે જોઈ શકાતા નથી. તેથી જ પ્રાચીનકાળમાં ફક્ત છ ગ્રહોનો જ ઉલ્લેખ છે. આ ત્રણ ગ્રહો ટેલિસ્કોપની મદદથી શોધી શકાયા છે.

6.5 લઘુગ્રહો (Asteroids)

સૂર્યમંડળના નિર્માણ સમયે ગ્રહ બનવામાં નિષ્ફળ બનેલા નાના-મોટા ખડકોને લઘુગ્રહો કહે છે. મોટાભાગના લઘુગ્રહો મંગળ અને ગુરુ વચ્ચેના પટ્ટામાં આવેલા છે (આકૃતિ 6.4). આવા ખડકો જુદા જુદા કદનાં હોય છે. તેઓ સૂર્યની ફરતે પરિભ્રમણ કરે છે. તેઓની સંખ્યા લગભગ 1 લાખથી વધુ છે, જેમાંના 4000થી વધુ લઘુગ્રહોની કક્ષાઓ નક્કી કરી શકાઈ છે. લઘુગ્રહો અનિયમિત આકારના હોય છે. લઘુગ્રહોની તેજસ્વિતાને આધારે તેમનું કદ નક્કી કરી શકાય છે. લઘુગ્રહોમાં સૌથી મોટો અને સૌથી પહેલો શોધાયેલો લઘુગ્રહ સીરીસ (ceres) છે, જેનો વ્યાસ અંદાજે 1000 km છે. તેજસ્વી લઘુગ્રહ વેસ્ટા(vesta)નો વ્યાસ અંદાજે 400 km જેટલો છે.



આકૃતિ 6.4 : લઘુગ્રહોનો પટ્ટો

આ લઘુગ્રહો સૂર્યની આસપાસ પરિભ્રમણ દરમિયાન એકબીજા સાથે સતત અથડામણ અનુભવતા હોવાથી તેમનું વિભાજન થતું રહે છે. ઘણી વખત તેમનાં આ ટુકડાઓ પૃથ્વી પર ઉલ્કા સ્વરૂપે પડે છે. આમાંના ઘણા મોટા હોય છે, જેને ઉલ્કાશિલા (meteorite) કહે છે.

લઘુગ્રહો સિલિકોન, નિકલ, ક્રોમિયમ અને કેલ્શિયમના બનેલા હોય છે. સોનું કે પ્લેટિનમ જેવી કિંમતી ધાતુઓ પણ અહીં હોવાની સંભાવના છે.

6.6 ખરતા તારા (Shooting Stars)

પૃથ્વી પર અવકાશમાંથી નાના-મોટા ઘણા પદાર્થોનું નિરંતર આગમન થતું રહે છે. આ આકાશી પદાર્થોને ઉલ્કાઓ કહે છે. પૃથ્વીના ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે આ ઉલ્કાઓ પ્રચંડ વેગથી વાતાવરણમાં પ્રવેશે છે ત્યારે તે ઘર્ષણને કારણે સળગી ઊઠે છે, જે પ્રકાશિત લિસોટારૂપે દેખાય છે, જેને સામાન્ય ભાષામાં ખરતો તારો (shooting star) કહે છે (જુઓ આકૃતિ 6.5). હકીકતમાં તેઓ તારાઓ નથી. ઑગસ્ટથી નવેમ્બર માસ દરમિયાન મહત્તમ સંખ્યામાં ઉલ્કાઓ જોવા મળે છે. ઘણી વખત વિશાળ કદની ઉલ્કાઓ વાતાવરણમાં સંપૂર્ણ સળગી ન જતાં સળગતા ગોળા(fire ball)રૂપે પૃથ્વી પર પટકાય છે. આવા સળગતા ગોળાને ઉલ્કાશિલા (meteorite) કહે છે.

આકૃતિ 6.5 (a) : ખરતા તારાઓ

આકૃતિ 6.5 (b) : ઉલ્કાશિલા

માત્ર જાણકારી માટે

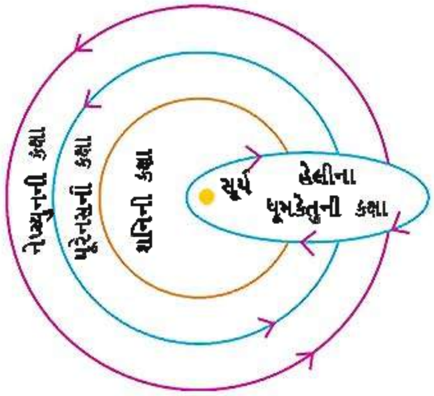
કેટલીક મોટી ઉલ્કાશિલાઓ પૃથ્વી પર ગર્ત (crater) પાડે છે, જેમાંના કેટલાંક સરોવરનું રૂપ પામ્યા છે. મહારાષ્ટ્રમાં આવેલું લોનાર (Lonar) સરોવર એ ઉલ્કાસરોવર છે. અમેરિકામાં એરિઝોના ખાતે આવેલ ગર્ત 1300 મીટર વ્યાસ તથા 180 મીટર ઊંડાઈ ધરાવે છે. આ ગર્ત પાડનાર આ ઉલ્કાશિલા દસ લાખ ટન વજનની હોવાનું મનાય છે. ઈ. સ. 1976માં સૌરાષ્ટ્રમાં સુરેન્દ્રનગર પાસે આવેલા ધજાળા ગામ પાસે એક ખેતરમાં આશરે 40 કિલોગ્રામ વજનની ઉલ્કા પડી હતી, જેને ધજાળા-ઉલ્કા નામ આપવામાં આવ્યું છે. આ ઉલ્કાશિલા પૃથ્વી પર ચોક્કસ ક્યાંથી આવે છે તે જાણી શકાયું નથી પરંતુ કદાચ મંગળ અને ગુરુ વચ્ચે આવેલા અસંખ્ય લઘુગ્રહો પૈકી હોઈ શકે છે. પરંતુ આ એક ધારણા જ છે.

આ ઉલ્કાશિલાઓના બંધારણમાં રેતી (silicate) લોખંડ, નિકલ જેવાં તત્ત્વો વધારે પ્રમાણમાં હોવાનું જણાય છે. આ ઘટકતત્ત્વોની માહિતી પરથી સૂર્યમંડળના ગ્રહોના બંધારણનો અંદાજ મળી શકે છે. પરંતુ ઉલ્કાશિલાઓનું ઉદ્ગમ જાણ્યા વિના ચોકસાઈથી કશું કહી શકાય નહિ.

પશ્ચિમ ઑસ્ટ્રેલિયા ખાતેના રણવિસ્તારમાં સેંકડો ઉલ્કાશિલાઓ મળી આવી છે. આ સ્થળે સ્વયંસંચાલિત મથક સ્થાપવામાં આવ્યું છે, જે ઉલ્કાશિલાઓના ઉદ્ગમસ્થળની માહિતી મેળવશે. વધુમાં એક કરતાં વધારે આવાં મથકોના નેટવર્કની મદદથી ઉલ્કાશિલાઓ ક્યાં પડે છે તેનું સ્થાન પણ જાણી શકાશે.

6.7 ધૂમકેતુ (Comets)

સૂર્યમંડળની ફરતે પ્લુટોની પેલે પાર લગભગ દસ અબજ અવકાશી પદાર્થોનો સમૂહ આવેલો છે, જે ઊર્ટના વાદળ તરીકે ઓળખાય છે. આ અવકાશી પદાર્થો પ્રચંડ ગુરુત્વાકર્ષણબળ ધરાવતા તારાઓની હાજરીમાં કે અન્ય કારણોસર સૂર્ય તરફ ખસવા લાગે છે, જે **ધૂમકેતુ** તરીકે ઓળખાય છે. મોટાભાગના ધૂમકેતુઓ સૂર્યની આસપાસ લંબવૃત્તીય (elliptic) કક્ષામાં પરિક્રમણ કરે છે (આકૃતિ 6.6). ધૂમકેતુ એ ધૂળ જેવા રજકણોમિશ્રિત બરફ આચ્છાદિત અવકાશી ગોળા છે. તે જેમ જેમ સૂર્યની નજીક આવે છે તેમ તેમ ગરમ થતાં તેમાંનો બરફ વરાળમાં રૂપાંતર પામે છે અને પરિણામે તેજસ્વી પૂંછડીની રચના થાય છે. જ્યારે ધૂમકેતુ સૂર્યની સૌથી નજીક હોય છે ત્યારે પ્રકાશિત પૂંછડી લાંબી અને સૂર્યની વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે. સૂર્યથી દૂર જતા આ પૂંછડી ટૂંકાતી જાય છે અને છેવટે અદૃશ્ય થઈ જાય છે.



આકૃતિ 6.6 : ધૂમકેતુની કક્ષા

પૃથ્વી પરથી જોતાં ધૂમકેતુ પ્રકાશિત પૂંછડી ધરાવતો દેખાતો હોવાથી તેને **પૂંછડિયા તારા** તરીકે ઓળખીએ છીએ. હકીકતમાં તે કોઈ તારા નથી અને તેને કોઈ કાયમી પૂંછડી હોતી નથી.

આજ સુધીમાં 750 કરતાં પણ વધુ ધૂમકેતુઓની ભ્રમણકક્ષા જાણી શકાઈ છે. તેમાં સૌથી વિશેષ જાણીતો હેલીનો ધૂમકેતુ છે. તે દર 76 વર્ષે સૂર્યની નજીક આવે છે અને પૃથ્વી પરથી આપણે તેને જોઈ શકીએ છીએ. તે છેલ્લે 1986માં દેખાયો હતો, જે હવે 2062માં ફરી દેખાશે. એડમંડ હેલીએ આ ધૂમકેતુનો વિસ્તૃત અભ્યાસ કર્યો હતો. તેની યાદમાં તે હેલીના ધૂમકેતુ તરીકે ઓળખાય છે.

તે જ રીતે 1997માં ખૂબ જ તેજસ્વી હેલ-બોપ્પ ધૂમકેતુ જોવા મળ્યો હતો, જે 19 મહિના સુધી નરી આંખે જોઈ શકાયો હતો.

ધૂમકેતુના બંધારણ અંગેના અભ્યાસ પરથી જાણવા મળ્યું છે કે તેમાં પાણી ઉપરાંત કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, એમોનિયા તથા બીજા વાયુઓ થીજેલા જોવા મળે છે, જેમાં રજકણો પણ ભળેલા હોય છે. ધૂમકેતુનાં બંધારણીય તત્ત્વો એ સૂર્યમંડળના બંધારણીય તત્ત્વોને રજૂ કરતાં હોવાથી તેનો અભ્યાસ વૈજ્ઞાનિકો માટે ખૂબ જ રસપ્રદ છે. ધૂમકેતુની પૂંછડીના અભ્યાસ પરથી જાણવા મળ્યું છે કે તેમાં કાર્બન, નાઇટ્રોજન અને હાઇડ્રોજનના બનેલા CO અને HCNના અણુઓ રહેલા છે, જે જીવસૃષ્ટિના ઉદ્‌ભવ માટે જરૂરી એવા જટીલ અણુઓ બનાવવા ઉપયોગી છે. આવા અણુઓ ધૂમકેતુ દ્વારા પૃથ્વી પર પહોંચ્યા હશે અને જીવસૃષ્ટિની શરૂઆત થઈ હશે તેવું કેટલાક વૈજ્ઞાનિકોનું માનવું છે.

પ્રાચીનકાળમાં ધૂમકેતુના આગમનને યુદ્ધ, રોગચાળો કે પૂર જેવી વિનાશક દુર્ઘટનાઓના પ્રતિકરૂપ ગણવામાં આવતો હતો. પરંતુ આધુનિક વિજ્ઞાને પુરવાર કર્યું છે કે ધૂમકેતુનું આગમન એક સહજ ઘટના છે, તેનાથી ગભરાવાની કોઈ જરૂર નથી.

6.8 તારાઓ (Stars)

જે અવકાશી પદાર્થો તેની અંદર ચાલતી તાપ-ન્યુક્લિયર સંલયન પ્રક્રિયાના કારણે વિકિરણ (radiation) સ્વરૂપે ઊર્જા ઉત્પન્ન કરતા હોય તેમજ સ્વયં પ્રકાશિત હોય તેને **તારા** કહેવામાં આવે છે. તારાઓ સામાન્ય રીતે હાઇડ્રોજન અને હિલિયમ જેવા વાયુના ધગધગતા ગોળાઓ છે. સૂર્ય પણ એક તારો છે. સૂર્ય જેવા અસંખ્ય નાના-મોટા તારાઓ બ્રહ્માંડમાં છે. સૂર્ય કરતાં વધુ પરિમાણ ધરાવતા તારાઓના ગર્ભમાં કાર્બન-નાઇટ્રોજન જેવી તાપ-ન્યુક્લિયર સંલયન ઘટના થાય છે.

સામાન્ય રીતે તારાઓ અપરિવર્તનશીલ અને કાયમી દેખાતા હોય છે, પરંતુ તારાઓ જન્મે છે, વૃદ્ધિ પામે છે અને છેવટે મૃત્યુ પામે છે. સૂર્ય જેવા તારાઓ white dwarf તરીકે મૃત્યુ પામે છે, જ્યારે તેનાથી ઘણા મોટા કદના તારાઓ બ્લૅક હોલમાં પરિણમે છે. તેમના જીવનકાળના જુદા જુદા તબક્કાઓ તેમના કદ પર આધારિત છે.

તારાઓ જુદા જુદા રંગના દેખાય છે. સૌથી ઓછા તાપમાનવાળો તારો લાલ રંગનો અને સૌથી વધારે તાપમાનવાળો તારો ભૂરા રંગનો હોય છે. તારાનો રંગ તથા તાપમાન તારાની જેન્તે સમયની અવસ્થા પર આધારિત છે. તારાઓની ભૌતિક લાક્ષણિક્તાઓ પણ સમય સાથે બદલાય છે.

6.9 નક્ષત્રો (Nakshatra)

પૃથ્વી જેના કેન્દ્રમાં છે તેવા અનંત ત્રિજ્યાવાળા કાલ્પનિક ગોળાને આકાશી ચંદરવો કહેવામાં આવે છે. આકાશી ચંદરવા પરના ક્રાન્તિવૃત્ત(ecliptic)ના 27 એકસરખા ભાગ કરવાથી મળતા દરેક ભાગને **નક્ષત્ર** કહેવામાં આવે છે. પ્રત્યેક નક્ષત્રનો વિસ્તાર (કોણીય અંતર) = 360 + 27 = 13° 20' (તેર અંશ અને વીસ મિનિટ એમ વાંચો) છે. ચંદ્ર ક્રાન્તિવૃત્ત પર રોજ 13° 20' જેટલું અંતર કાપે છે, તેથી ચંદ્ર દરેક નક્ષત્રમાં 1 દિવસ રહે છે. સૂર્ય દરેક નક્ષત્રમાં 365 + 27 = 13.5 દિવસ સુધી રહે છે. જે-તે નક્ષત્રનું નામકરણ તેમાં આવેલા તારામંડળની કાલ્પનિક આકૃતિઓ કે તેજસ્વી તારાના નામ પરથી કરવામાં આવે છે. આ નક્ષત્રો પૈકી પુષ્ય, સ્વાતિ, આર્દ્રા નક્ષત્રો ખૂબ જ પ્રચલિત બન્યાં છે. ભારતમાં આ નક્ષત્રોનો ધાર્મિક મહિમા ખૂબ જ છે.

6.10 રાત્રિ આકાશ (Night Sky)

તમે કદાચ નોંધ્યું હશે કે તારાઓ અગાઉના દિવસ કરતાં ચાર મિનિટ વહેલા ઊગે છે. આમ થવાનું કારણ એ છે કે પૃથ્વી પોતાની ધરી ઉપર એક ભ્રમણ પૂર્ણ કરવા માટે 23 કલાક અને 56 મિનિટ જેટલો સમય લે છે, દિવસ 24 કલાકનો લાગે છે. આ ચાર મિનિટમાં તારાઓ 1 ડિગ્રી જેટલું કોણીય સ્થાનાંતર કરે છે. તેથી તમે ચોક્કસ સમયે તારાઓને જોશો તો તે એક મહિનામાં 30° જેટલું કોણીય સ્થાનાંતર કરશે. છ મહિનાના અંતે તે 180°નું કોણીય સ્થાનાંતર (ક્ષિતિજથી ક્ષિતિજ) કરે છે. તેથી છ મહિના પછી તે તારાઓ દેખાતા બંધ થઈ જશે. આ દર્શાવે છે કે **આકાશ રોજ રાત્રે બદલાય** છે. જોકે આ ફેરફાર એકાદ દિવસમાં જણાતો નથી પરંતુ તે જોવા માટે ઘણો લાંબો, મહિનાઓ જેટલો સમય લાગે છે.

6.11 આકાશગંગા તથા અન્ય તારાવિશ્વો (Milky-way and other Galaxies)

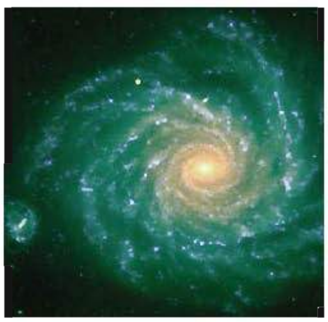
બ્રહ્માંડમાં આવેલા અબજો તારાઓ સમાન વિતરણ પામેલા નથી પરંતુ અતિ મોટાં ઝૂમખાઓમાં એકત્રિત થયેલા હોય છે. તારાઓનાં આવાં અતિવિશાળ ઝૂમખાંઓને તારાવિશ્વો કહે છે. સ્વચ્છ અંધારી રાત્રે આકાશમાં જોતાં ઉત્તરથી દક્ષિણ સુધી ફેલાયેલો લાંબો દૂધિયા રંગનો એક પટ્ટો આકાશમાં ગંગા નદી વહેતી હોય તેવો દેખાતો હોવાથી આપણે તેને આકાશગંગા કહીએ છીએ. આપણી આકાશગંગાને બાજુમાંથી જોતાં વચ્ચે ઉપસેલી પૂરી જેવો અને છેડેથી સાંકડો ભાગ દેખાય છે તથા ઉપરથી જોતાં તે સર્પિલ આકારની દેખાય છે. તેનો વ્યાસ એક લાખ પ્રકાશવર્ષનો અને મધ્ય ભાગની જાડાઈ 15થી 20 હજાર પ્રકાશવર્ષની છે.

સૂર્ય આપણી આકાશગંગાના કેન્દ્રથી 30,000 પ્રકાશવર્ષ દૂર આવેલો છે. તે આકાશગંગાના કેન્દ્ર ફરતે 250 કિમી / સેકન્ડના વેગથી પરિક્રમણ કરે છે. તેને આકાશગંગાનું ચક્ર લગાવતાં 22.5 કરોડ વર્ષ લાગે છે. ખગોળશાસ્ત્રીઓના અંદાજ મુજબ બ્રહ્માંડમાં 10^{11} આકાશગંગાઓ આવેલી છે અને દરેક આકાશગંગામાં 10^{11} તારાઓ આવેલા છે. આમ, બ્રહ્માંડમાં તારાઓની કુલ સંખ્યા આશરે 10^{22} જેટલી થાય. આકાશગંગા જુદા જુદા આકારની હોય છે.

તેમાં મુખ્ય બે પ્રકારના આકાર છે :

(1) સર્પિલ આકારની આકાશગંગા [આકૃતિ 6.7 (a)] (2) ઉપવલય આકારની આકાશગંગા [આકૃતિ 6.7 (b)]

બાકીની અનિયમિત આકારની આકાશગંગા [આકૃતિ 6.7 (c)]માં દર્શાવી છે.



(a) સર્પિલ આકારની આકાશગંગા

(b) ઉપવલય આકારની આકાશગંગા

(c) અનિયમિત આકારની આકાશગંગા

આકૃતિ 6.7 : વિવિધ પ્રકારની આકાશગંગા

ઉપવલય આકારની આકાશગંગામાં મોટાભાગના તારાઓ લાલ રંગના વૃદ્ધ તારાઓ છે. જ્યારે સર્પિલ આકારની આકાશગંગામાં મોટાભાગના તારાઓ નીલા રંગના તેજસ્વી તારા છે. આથી એવું અનુમાન કરવામાં આવે છે કે ઉપવલય આકારની આકાશગંગા, સર્પિલ આકારની આકાશગંગા કરતાં વધુ ઉંમર ધરાવતી હશે. બ્રહ્માંડમાં સર્પિલ આકારની આકાશગંગાની સંખ્યા વધારે હોવાનું જણાય છે.

6.12 બ્લૅક હોલ અને પલ્સાર (Blackhole and Pulsar)

બ્લૅક હોલ : એ અવકાશની એવી જગ્યા છે કે જ્યાંથી કશું જ છટકી ના શકે. જ્યારે તારાના પોતાના ગુરુત્વાકર્ષણનો વિરોધ કરતું બહાર તરફનું દબાણ અપૂરતું બને છે ત્યારે તારાનું ગુરુત્વાકર્ષણ પતન (gravitational collapse) થાય છે. પોતાના મૃત્યુકાળની નજીક ખૂબ મોટા દળ ધરાવતા (જેમનું દળ સૂર્ય કરતા અનેકગણું વધારે હોય) તારાઓ પ્રથમ સુપરનોવા (supernova), અને છેવટે બ્લૅક હોલમાં પરિણમે છે. એક વખત બ્લૅક હોલ બન્યા પછી તે સતત આસપાસના વિસ્તારમાંથી દળનું શોષણ કરી વૃદ્ધિ પામતો જાય છે અને છેવટે લાખો સૂર્ય-દળ ધરાવતા અતિવિશાળ બ્લૅક હોલમાં પરિણમે છે. એવું માનવામાં આવે છે કે બ્રહ્માંડની ઉત્પત્તિ સમયે તારાઓની રચના વખતે સૂર્ય કરતા 1000 ગણા દળ ધરાવતા બ્લૅક હોલ બન્યા હશે. આવા બ્લૅક હોલ મોટાભાગના દરેક તારા વિશ્વોના કેન્દ્રમાં જોવા મળે છે. એક ચોક્કસ માહિતી અનુસાર આપણી આકાશગંગાના કેન્દ્રમાં 4 લાખ સૂર્ય-દળ કરતા વધારે દળ ધરાવતું બ્લૅક હોલ છે.

બ્લૅક હોલની આસપાસ આપણે એક એવી કાલ્પનિક સપાટી 'event horizon' વિચારી શકીએ કે જ્યાંથી પાછા ફરવું અશક્ય હોય. Event horizon સુધી પહોંચેલો પ્રકાશ, થર્મોડાઇનેમિકસમાં કાળા પદાર્થની જેમ શોષાઈ જતો હોવાથી તેને આપણે 'બ્લૅક' (કાળો) કહીએ છીએ. અલબત્ત, ક્વૉન્ટમ યંત્રશાસ્ત્ર અનુસાર પરિમિત તાપમાને બ્લૅક હોલ્સ પણ વિકિરણનું ઉત્સર્જન કરે છે. પરંતુ બ્લૅક હોલનું તાપમાન તેના દળના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોવાથી તે ખૂબ જ અલ્પ પ્રમાણમાં વિકિરણનું ઉત્સર્જન કરે છે. આ જ કારણથી આ વિકિરણનું તાદૃશ્ય અવલોકન શક્ય નથી અને ખગોળ ભૌતિકશાસ્ત્રીઓએ પરોક્ષ અવલોકનો પર આધાર રાખવો પડે છે. તેનું અસ્તિત્વ ઘણી વખતે તેની આસપાસના અવકાશીય પદાર્થો સાથેની ગુરુત્વાકર્ષી આંતરક્રિયાની મદદથી જાણી શકાય છે. દા.ત., binaries (binary-stars કે જેઓ X-ray જેટલી તરંગલંબાઈના વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગોનું ઉત્સર્જન કરે) એ એક તારાનું બીજા તારામાંથી દળ મેળવી વૃદ્ધિ પામવાનું (accreatng star) ઉદાહરણ છે. જે તારામાંથી દળનું શોષણ થાય છે તેને regular star કહે છે. આ regular starનું અવલોકન કરી બ્લૅક હોલનું અસ્તિત્વ જાણી શકાય છે.

બ્લૅક હોલનું વર્ગીકરણ તેના દળ, તેના પરના વિદ્યુતભાર અને કોણીય વેગમાન પરથી કરવામાં આવે છે. અલબત્ત, ખગોળ ભૌતિકશાસ્ત્રીઓ માટે હજુ પણ એ એક રહસ્ય જ છે કે એવી કઈ પ્રક્રિયા છે કે જે બ્લૅક હોલનું ગુરુત્વાકર્ષીપતન શૂન્ય થતું અટકાવે છે.

આવા ગુરુત્વાકર્ષીપતન અનુભવતા પદાર્થોમાં રસ જગાડવા માટે આઈન્સ્ટાઈનની વ્યાપક સાપેક્ષતાવાદથી ન્યૂટ્રૉન સ્ટારની શોધ જવાબદાર છે. તેને ઈ. સ. 1967માં અત્યંત ઝડપથી પરિક્રમણ કરતા ન્યૂટ્રૉન સ્ટાર, પલ્સાર(Pulsar)ની શોધ દ્વારા ટેકો મળ્યો હતો.

પલ્સાર : ખૂબ મોટું દળ ધરાવતો તારો સુપરનોવા દાબીય સ્થિતિને (compression state) અંતે ન્યૂટ્રૉન સ્ટારમાં પરિણમે છે. અલબત્ત, આ નવો બનેલો ન્યૂટ્રૉન સ્ટાર પોતાની મૂળ કોણીયગતિ જાળવી રાખે છે. પરંતુ હવે તેના ઘટેલા કદને કારણે તે ખૂબ જ ઝડપથી પરિક્રમણ કરે છે. આ આંતરિક સ્વયંપતન (infalling) અને ખૂબ જ ઝડપી કોણીય ગતિને કારણે ઊંચી ઊર્જા ધરાવતા વિકિરણનું તેમની ચુંબકીય અક્ષની દિશામાં ઉત્સર્જન કરે છે. અલબત્ત, તેમની ચુંબકીય અક્ષ અને તેમના પરિક્રમણની અક્ષ સરખા નમને હોતી નથી. અક્ષોના નમનોના આ તફાવતને કારણે ન્યૂટ્રૉન સ્ટારના એક પરિક્રમણ દરમિયાન બે વખત વિદ્યુત ચુંબકીય વિકિરણનું ઉત્સર્જન થતું હોય તેવું લાગે છે. આમ, જાણે કે તારો પલ્સમાં (અસતત રીતે) વિકિરણનું ઉત્સર્જન કરતો હોય તેમ લાગે છે. તેથી તેનું નામ pulsar આપ્યું છે. હકીકતમાં તે અંગ્રેજી શબ્દ pulsating starથી બનેલો ટૂંકો શબ્દ છે. આ રીતે અસતત ઊર્જાનું વિકિરણ લગભગ 10-100 લાખો વર્ષને અંતે કે જ્યારે પલ્સાર પરિક્રમણ કરવાનો બંધ થઈ જાય છે ત્યારે અટકી જાય છે. આજની તારીખમાં, પલ્સારનો સૌથી ધીમો આવર્તકાળ 8 સેકન્ડ છે.

6.13 અવકાશ સંશોધનનો ઈતિહાસ (History of Space Exploration)

'અવકાશ સંશોધન' શબ્દ સામાન્ય રીતે અતિ દૂરના અવકાશ સંશોધન માટે વપરાય છે કે જેમાં અવકાશ ટેક્નોલૉજીના સિદ્ધાંતો અને ખગોળવિજ્ઞાનનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આકાશમાં અવલોકન કરવાને ખગોળવિજ્ઞાન કહે છે, પરંતુ વાસ્તવમાં અવકાશ સંશોધન 20મી સદીમાં મોટા રૉકેટોનાં વિકાસને આભારી છે. અવકાશીય મુસાફરી(space travel)ના પ્રણેતા રશિયન Konstantin Tsiokowsky (1857-1935) હતા. તેમણે વિચાર્યું કે રૉકેટ જ આપણને નજીકના અવકાશમાં લઈ જઈ શકશે. તેમણે એવું પણ સૂચવ્યું કે રૉકેટો તબક્કા અથવા ચરણો(stages)માં બનાવવા જોઈએ કે જેથી દરેક તબક્કો (ચરણો) કે જેનું ઈંધણ (fuel) ખાલી થઈ જાય તેને નીચે નાખી દેવાય. આપણે જાણીએ છીએ કે રૉકેટ ન્યૂટનના ગતિના ત્રીજા નિયમ પર કામ કરે છે. રૉકેટના એન્જિનમાં ઈંધણ ખૂબ જ ઝડપથી દહન પામે છે અને ખૂબ જ પ્રમાણમાં વાયુઓ ઉત્પન્ન કરે છે. આ વાયુઓ નીચેના ખુલ્લા છેડામાંથી પ્રચંડ વેગમાન સાથે બહાર નીકળે છે. તેથી રૉકેટ ઉપરની તરફ ધકેલાય છે. આ કાર્ય ચોક્કસ પ્રકારના ઈંધણથી જ શક્ય બને છે. દા.ત., પ્રવાહી હાઇડ્રોજન અને પ્રવાહી ઑક્સિજનનું મિશ્રણ પ્રવાહી ઈંધણ તરીકે વપરાય છે જ્યારે ઍલ્યુમિનિયમ અને એમોનિયમ પરક્લોરેટ અથવા એમોનિયમ નાઇટ્રેટનો મિશ્ર પાઉડર ઘન બળતણ (solid fuel) તરીકે વપરાય છે. જે રૉકેટની રચના વૈજ્ઞાનિક ઉપકરણો અથવા સાધનો અવકાશમાં લઈ જવા માટે કરવામાં આવે છે તેને પે-લોડ (payload) કહે છે.

બહુચરણી (multistage) રૉકેટોમાં બે કે તેથી વધારે ચરણો (તબક્કાઓ) હોય છે, કે જે દરેકને પોતાનું એન્જિન અને બળતણ હોય છે. આવા મલ્ટીસ્ટેજ રૉકેટો અને બુસ્ટરોનો મુખ્ય ફાયદો એ છે કે એક વખત બળતણ ખાલી થઈ જાય એટલે જે-તે સ્ટેજ(ચરણ)ને નાંખી દઈ શકાય છે. તેથી રૉકેટનું દળ પણ ઘટે છે. જેને લીધે રૉકેટને વધુ પ્રવેગ મળે છે અને બળતણ પણ ઓછું વપરાય છે. ખરેખર, આવા મલ્ટીસ્ટેજ રૉકેટોએ અવકાશ સંશોધન ક્ષેત્રે ખૂબ જ ઉમદા કામ કર્યું છે અને એટલે જ હવે અવકાશ સંશોધન એ જીવનના બધા જ ક્ષેત્રોને સ્પર્શે છે.

ઉદાહરણરૂપે 4 ઑક્ટોબર, 1957ના રોજ રશિયનોએ સૌપ્રથમ કૃત્રિમ ઉપગ્રહ સ્પુટનિક-Iનું પ્રક્ષેપણ કર્યું. તરત જ પછી જાન્યુઆરી, 1958માં અમેરિકાએ તેમનો પ્રથમ કૃત્રિમ ઉપગ્રહ એક્સપ્લોરર-I (Explorer-I) તરતો મૂક્યો. 12 એપ્રિલ, 1961ના રોજ રશિયાએ અવકાશમાં સૌપ્રથમ માનવી, યુરી ગેગેરીન(Yuri Gagarin)ને મોકલ્યા, જ્યારે 18 માર્ચ, 1965ના રોજ Aleksi Leonor સૌપ્રથમ વખત સ્પેશ વૉક (space walk) કર્યું. ત્યારપછીના વર્ષોમાં વૈજ્ઞાનિકોએ શ્રેણીબદ્ધ કૃત્રિમ ઉપગ્રહોને સૌરમંડળના જુદા જુદા ગ્રહો અને ચંદ્રના સંશોધન માટે મોકલ્યા. 21 જુલાઈ, 1969ના રોજ અપોલો 11 (Apollo-11) મિશનના ખગોળવેત્તા નીલ આર્મસ્ટ્રોંગે (Neil Armstrong) ચંદ્ર પર પગ મૂક્યો. ઈ. સ. 1971 અને 1973માં રશિયા અને અમેરિકાએ તેમના સ્પેશ સ્ટેશન અનુક્રમે Salyut-I અને Skylabનું પ્રક્ષેપણ કર્યું. **ઈ. સ. 1980માં ભારતે તેના પ્રથમ ઉપગ્રહ રોહિણીનું પ્રક્ષેપણ કર્યું.**

હકીકતમાં, અવકાશ સંશોધનના પ્રથમ 20 વર્ષ બાદ જુદા જુદા દેશોનાં વૈજ્ઞાનિકોને સમજાયું કે અવકાશ સંશોધન ખૂબ જ મોંઘી પ્રક્રિયા છે. તેથી જ તેઓએ તેમનું ધ્યાન હરીફાઈને બદલે એકબીજાને મદદરૂપ થવા માટે કેન્દ્રિત કર્યું અને સાથે મળીને **આંતરરાષ્ટ્રીય અવકાશ સ્ટેશન (International Space Station – ISS)** બનાવ્યું. પરિણામે, બીજા ઘણા દેશો પણ હવે અવકાશ સંશોધનમાં ભાગ લઈ શક્યા.

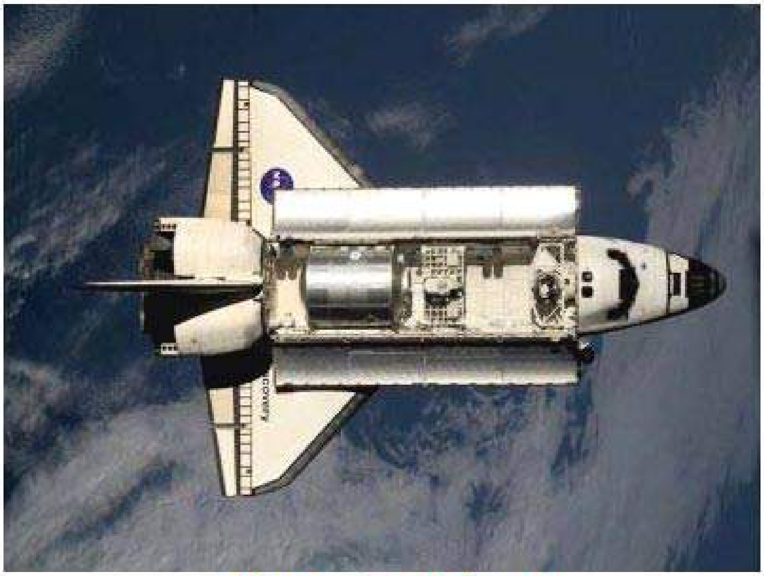
મલ્ટીસ્ટેજ રૉકેટની એક-બે મુખ્ય મર્યાદાઓ છે : (1) સ્ટેજીસ (તબક્કાઓ) હોવાને કારણે બે સ્ટેજ છૂટા પડવાની પ્રક્રિયા, બીજા સ્ટેજનું દહન ચાલુ થવાની પ્રક્રિયા અને બે સ્ટેજ વચ્ચેની આંતરક્રિયા જેવા મુદ્દાઓ તેની નિષ્ફળતાનું કારણ બની શકે છે. અને (2) તેની કિંમત. આ મર્યાદાઓને કારણે જ ફરી વાપરી શકાય તેવા રૉકેટો અને કક્ષીય અવકાશ ક્રાફ્ટ(orbital space craft)ની શોધ કરવામાં આવી. તે પૃથ્વીની નજીકની કક્ષામાં જુદા જુદા પે-લોડ લઈ જવામાં, ISSના સભ્યોની ફેરબદલી કરવામાં અને બીજી સર્વિસ પૂરી પાડવામાં ઉપયોગી છે. તેનો ઉપયોગ સેટેલાઇટને તેની મૂળ કક્ષામાં પાછો મૂકવા માટે કે પૃથ્વી પર પાછા લાવવા માટે કરી શકાય છે. તે કક્ષામાં રહીને જ કૃત્રિમ ઉપગ્રહના નુકસાન થયેલા ભાગનું સમારકામ (repair) કરી શકે છે.

સ્પેશ શટલ :

12 એપ્રિલ, 1981ના રોજ સૌપ્રથમ સ્પેશ શટલ કોલંબિયા અને ત્યારબાદ ચેલેન્જર, ડિસ્કવરી, ઍટલાન્ટિસનું પ્રક્ષેપણ કરવામાં આવ્યું. એપ્રિલ 1990માં હબલ ટેલિસ્કોપનું પ્રક્ષેપણ ડિસ્કવરી સ્પેશ શટલ દ્વારા કરવામાં આવ્યું હતું. (આકૃતિ 6.8)

સ્પેશ શટલ મુખ્ય ત્રણ ભાગોનું બનેલું છે : ફરી વાપરી શકાય તેવું કક્ષીય વાહન (Orbitor Vehicle – OV), વિસ્તૃત થઈ શકે તેવી બાહ્ય ટાંકી (Expandable External Tank – EET) અને ફરી વાપરી શકાય તેવા સૉલિડ રૉકેટ બુસ્ટર (SRB).

સ્પેશ શટલનું પ્રક્ષેપણ સામાન્ય રૉકેટની જેમ જ સીધું ઊભું જ કરવામાં આવે છે. પછી તે પૃથ્વીને ફરતે પરિભ્રમણ કરતા પોતાનું કામ પતાવી પૃથ્વી પર એરોપ્લેનની માફક પાછું ફરે છે. ત્યારબાદ તેની પોલિશ કરી ફરી ઉપયોગમાં લઈ શકાય છે. સ્પેશ શટલના ઉડ્ડયન દરમિયાન SRBનું પેરાશૂટ દ્વારા દરિયામાં પહેલેથી નિર્ધારિત જગ્યા પર પતન કરાવવામાં આવે છે. સ્પેશ શટલની અધોગતિ દરમિયાન ઓરબીટર વાતાવરણના જુદા જુદા સ્તરોમાંથી પસાર થઈ aerobreakingથી ધીમું પડી જાય છે. હજુ પણ તેની ઝડપ ઘણી વધારે હોવાથી વાતાવરણના ઘર્ષણને કારણે ખૂબ ઉષ્માઊર્જા ઉત્પન્ન થાય છે. આ ઉષ્માથી બચવા માટે સ્પેશ શટલનું બહારનું આવરણ ચોક્કસ પ્રકારની મિશ્રધાતુનું બનાવવામાં આવે છે. એક વખત સ્પેશ શટલ ખૂબ નીચે આવી જાય પછી પાયલોટ સ્પેશ શટલનું નિયંત્રણ સંભાળી લે છે અને તેનું ઉતરાણ વિમાનની માફક કરે છે.



આકૃતિ 6.8 : ડિસ્કવરી સ્પેશ શટલ

ભૌમિતિક અનુકૂળ સંજોગોને કારણે બધા જ સ્પેશ શટલ્સનું ઉડ્ડયન કેનેડી સ્પેશ સેન્ટર પરથી કરવામાં આવે છે.

અલબત્ત સ્પેશ શટલનું ઉડ્ડયન દરેક વખતે સુરક્ષિત નથી હોતું. 28 જાન્યુઆરી, 1986માં ચેલેન્જર તેના ઉડ્ડયનની થોડીક જ ક્ષણોમાં તૂટી ગયું હતું અને તેમાં સવાર સાતેય સભ્યો મૃત્યુ પામ્યા હતા. 1 ફેબ્રુઆરી, 2003ના રોજ કોલંબિયાને પૃથ્વી પર પાછાં ફરતી વખતે અકસ્માત નડ્યો હતો. તેમાં પણ સવાર સાતેય ખગોળવેત્તાઓનું મૃત્યુ થયું હતું, જેમાં ભારતીય મૂળના ખગોળવેત્તા કલ્પના ચાવલા પણ હતા.

કુદરત અને બ્રહ્માંડના અસ્તિત્વનું રહસ્ય સમજવા માટે અવકાશ સંશોધન સિવાય પણ વૈજ્ઞાનિકો પ્રયોગશાળામાં એવી પરિસ્થિતિનો અભ્યાસ કરવા માંગે છે કે જે બીગ-બેંગ (bigbang) પછીની થોડીક ક્ષણો બાદ જેવી જ હોય. દા.ત., **લાર્જ હેડ્રોન કોલાઈડર (Large Hadron Collider – LHC)** એ દુનિયાનો મોટામાં મોટો કણ-પ્રવેગક (particle accelerator) પ્રયોગ છે. વૈજ્ઞાનિકો આ પ્રયોગ દ્વારા કુદરતના ગૂઢ નિયમો અંગેનો નવો જ દૃષ્ટિકોણ પ્રાપ્ત થશે તેવી અપેક્ષા રાખે છે, જેની મદદથી અદૃશ્ય દ્રવ્ય (dark matter), બ્રહ્માંડની ઉત્પત્તિ, વગેરે જેવા પ્રશ્નોનાં ઉકેલ મળી શકશે.

ફક્ત જાણકારી માટે

LHC ફ્રાન્સ-સ્વીસ દેશોની વચ્ચે જીનીવા પાસે 175 m ઊંડી અને 27 km લાંબી એવી વર્તુળાકાર ટનલમાં આવેલ છે. તેની રચના એકબીજાથી વિરુદ્ધ ગતિ કરતા અને ખૂબ ઊંચી ઊર્જા ધરાવતા પ્રોટોનની અથડામણ કરવા માટે કરવામાં આવી છે. તેનો વેગ લગભગ શૂન્યાવકાશમાં ગતિ કરતા પ્રકાશના વેગ જેટલો રાખવામાં આવશે. તેની રચના Europian Organization for Nuclear Research દ્વારા કરવામાં આવી છે. આ પ્રયોગનો કુલ ખર્ચો અંદાજે 4.4 ખર્વ ડૉલર (billion dollors) થશે તેમ ધારવામાં આવે છે !

હેડ્રોન એટલે એવા કણો કે જે ક્વાર્કસના બનેલા હોય. દા.ત., પ્રોટોન.

6.14 વિવિધ પ્રકારના કૃત્રિમ ઉપગ્રહો અને તેમની કક્ષાઓ

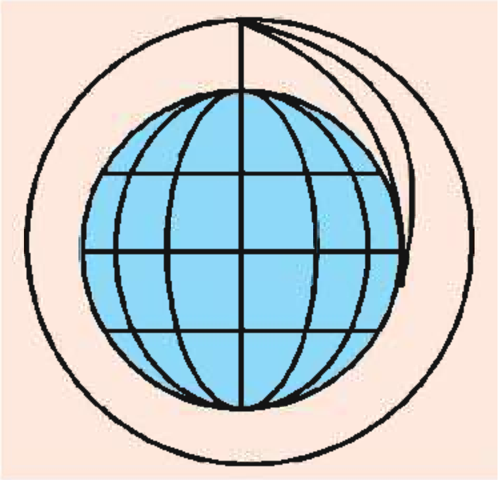
(Various Types of Artificial Satellites and their Orbits)

તમે જાણો છો કે મોટા પદાર્થની ફરતે પરિક્રમણ કરતા નાના પદાર્થને તેનો **ઉપગ્રહ** કહે છે. ચંદ્ર એ પૃથ્વીનો કુદરતી ઉપગ્રહ છે. ''અવકાશમાં સહેતુક તરતી મૂકવામાં આવેલી અને પૃથ્વીની ફરતે પરિક્રમણ કરતી માનવસર્જિત સ્વયંસંચાલિત પ્રણાલીને **કૃત્રિમ ઉપગ્રહો** કહે છે.''

આધુનિક કૃત્રિમ ઉપગ્રહો તેમનાં વિવિધ કાર્યોને અનુરૂપ એન્ટેના (ટ્રાન્સપોન્ડર), કૅમેરા, ઉચ્ચ વિભેદનશક્તિ ધરાવતા રેડિયો-મીટર જેવાં ઉપકરણો તથા સૌરપેનલો અને જરૂરી બળતણ ધરાવે છે. આ ઉપગ્રહો ભૂ-કેન્દ્રો પરથી મોકલેલા સંકેતો મેળવે છે અને ઉપકરણો વડે લેવાયેલાં અવલોકનોને યોગ્ય સ્વરૂપે ભૂ-કેન્દ્રો પર મોકલે છે. ભારતે રોહિણી ઉપગ્રહને 18 જુલાઈ, 1980ના રોજ પોતાના જ પ્રક્ષેપણયાન (SLV-3) દ્વારા પૃથ્વીની ફરતે ભ્રમણકક્ષામાં મૂક્યો હતો અને ઉપગ્રહ મોકલનાર દેશ તરીકે વિશ્વમાં સાતમું સ્થાન મેળવ્યું હતું. ભારતે આજ સુધીમાં રોહિણી, શ્રોસ (SROSS), આઈ. આર. એસ. (IRS) શ્રેણી, રિસોર્સ સેટ (Resource sat) કાર્ટોસેટ (Cartosat) (આકૃતિ 6.9) જેવા ઉપગ્રહોને પોતાના પ્રક્ષેપણયાન દ્વારા સફળતાપૂર્વક પ્રક્ષેપિત કર્યા છે. તથા ઇન્સેટ શ્રેણીના ઉપગ્રહોને વિદેશની મદદથી અવકાશમાં પ્રક્ષેપિત કર્યા છે.

આકૃતિ 6.9 : કાર્ટોસેટ ઉપગ્રહ

કૃત્રિમ ઉપગ્રહોના પ્રક્ષેપણ સાથે સંકળાયેલ સિદ્ધાંતને સમજવા માટે ગુરુત્વાકર્ષણ અંગેની જાણકારી યાદ કરવી પડશે. ધારો કે તમે કોઈ ઊંચા ટાવર પરથી સમક્ષિતિજ દિશામાં પથ્થર નાખો છો. શું થાય છે ? તમે જોશો કે પથ્થર વક્રમાર્ગે અનુસરીને છેવટે પૃથ્વીની સપાટી પર પડે છે. જો તમે વધુ વેગથી પથ્થર નાખશો તો પથ્થર વધુ સમક્ષિતિજ અંતર કાપીને પૃથ્વીની સપાટી પર પડે છે. વધુને વધુ વેગથી પથ્થર ફેંકતા કોઈ એક વેગ માટે છેવટે તે પૃથ્વીની ફરતે કક્ષામાં ગતિ કરવા લાગશે (આકૃતિ 6.10). પૃથ્વીની ફરતે કક્ષામાં ગતિ કરાવવા માટે તેના લઘુતમ વેગ 8 કિમી / સેકન્ડ જેટલો હોવો જરૂરી છે. આ ઉપગ્રહને સમક્ષિતિજ બળ લગાડતાં પહેલાં 200 કિમી ઊંચાઈએ લઈ જવામાં આવે છે, જેથી પૃથ્વીના વાતાવરણમાં ઉદ્ભવતા અવરોધકબળ(ઘર્ષણબળ)ને નિવારી શકાય.


આકૃતિ 6.10 : પ્રક્ષિપ્ત પદાર્થનો ગતિપથ

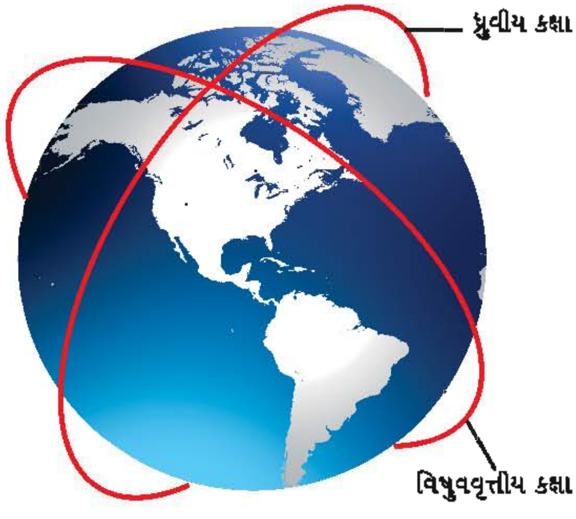
કૃત્રિમ ઉપગ્રહોની કક્ષાઓ :

કૃત્રિમ ઉપગ્રહો બે પ્રકારની પરિક્રમણ કક્ષાઓમાં ગતિ કરે છે : (1) વિષુવવૃત્તીય કક્ષા (equatorial orbit) અને (2) ધ્રુવીય કક્ષા (polar orbit).

જે કક્ષાઓ વિષુવવૃત્તને સમાંતર હોય છે તેને વિષુવવૃત્તીય કક્ષાઓ કહે છે.

જે કક્ષાઓ પૃથ્વીના ધ્રુવોમાંથી પસાર થાય છે તેને ધ્રુવીય કક્ષાઓ કહે છે. (આકૃતિ 6.11)

પૃથ્વીની સપાટીથી 35,786 km ઊંચાઈએ વિષુવવૃત્તીય કક્ષાઓમાં ગતિ કરતા ઉપગ્રહનો ભ્રમણકાળ 24 કલાક જેટલો હોવાથી તેને પૃથ્વી પરથી જોતાં અવકાશમાં સ્થિર જણાય છે. આ ઉપગ્રહને **ભૂ-સ્થિર (Geo-stationary)**



આકૃતિ 6.11 : કૃત્રિમ ઉપગ્રહોની કક્ષા

ઉપગ્રહ અને તે કક્ષાને **ભૂ-સ્થિર કક્ષા** કહે છે. આવા ઉપગ્રહોને હરોળબંધ યોગ્ય સ્થાનોએ ગોઠવીને સમગ્ર પૃથ્વીને સાંકળી શકાય છે અને સંકેતો(signals)ને પૃથ્વીના એક ખૂણેથી બીજા ખૂણે પહોંચાડી શકાય છે.

કેટલાક કૃત્રિમ ઉપગ્રહોને ધ્રુવીય કક્ષાઓમાં પ્રક્ષેપિત કરવામાં આવે છે, જે પૃથ્વીની સપાટીથી લગભગ 1000 km જેટલી ઊંચાઈએ હોય છે. તેમનો પરિક્રમણકાળ લગભગ 2 કલાક અથવા તેથી ઓછો હોય છે. તેથી તે દિવસમાં કેટલાંક પરિક્રમણ કરે છે. આ ઉપગ્રહો નિશ્ચિત સ્થળ પરથી નિયમિત સમયાંતરે પસાર થાય છે. આ સમયગાળાને ઉપગ્રહનો પુનરાગમનગાળો કહેવામાં આવે છે. ભારતના દૂરસંવેદન (રિમોટ સેન્સિંગ) ઉપગ્રહો તથા અમેરિકાના લૅન્ડસૅટ (landsat) ઉપગ્રહોનો પુનરાગમનગાળો અનુક્રમે 21 દિવસ અને 16 દિવસ છે. આ સમયગાળા દરમિયાન પૃથ્વીની સમગ્ર સપાટીનું નિરીક્ષણ થઈ શકે છે.

ઉપગ્રહોનો ઉપયોગી જીવનકાળ તેની ભ્રમણકક્ષાની સ્થિરતા પર આધારિત હોઈ તેના ગતિમાર્ગનું નિરીક્ષણ કરી જરૂર જણાય તો તેની સાથે જોડાયેલા રૉકેટ એન્જિન વડે તેને મૂળ કક્ષામાં પ્રસ્થાપિત કરવામાં આવે છે.

કૃત્રિમ ઉપગ્રહોની કક્ષાઓ, કુદરતી ઉપગ્રહોની જેમ ગુરુત્વાકર્ષણબળની અસર હેઠળ, લંબવૃત્તીય હોય છે. ગણતરીની સરળતા ખાતર આ કક્ષાઓ વર્તુળકાર ગણી તેનો પરિક્રમણ સમયગાળો શોધવામાં આવે છે.

6.15 : કૃત્રિમ ઉપગ્રહોના ઉપયોગો (Uses of Artificial Satellites)

તમે ટેલિવિઝનના માધ્યમ દ્વારા દરરોજ દુનિયાના કોઈ ખૂણે બનતી ઘટનાઓ, રમાતી રમતો તથા હવામાન સમાચાર નિહાળો છો. તમે શિક્ષણક્ષેત્રે ઉપયોગી એવા દેશવ્યાપી વર્ગખંડો (country-wide classrooms) તથા ટેલિકૉન્ફરન્સિંગ વડે યોજાતી મિટિંગ વિશે પણ સાંભળ્યું હશે. આ બધું કૃત્રિમ ઉપગ્રહો વડે જ શક્ય બન્યું છે. આ ઉપગ્રહો અવકાશ-સંશોધન ક્ષેત્રે, સંદેશાવ્યવહાર ક્ષેત્રે, હવામાન ક્ષેત્રે, રિમોટ સેન્સિંગ ક્ષેત્રે, સંચાલન ક્ષેત્રે, સંરક્ષણ ક્ષેત્રે ઉપયોગી સેવાઓ આપે છે. આમ, તેનો આડકતરો લાભ સમગ્ર માનવજાતને થઈ રહ્યો છે. જે અંગે વિગતવાર માહિતી નીચે મુજબ છે :

સંદેશાવ્યવહાર ક્ષેત્રે : દૂર સંદેશાવ્યવહાર સેવાઓ, ટેલિવિઝન પ્રસારણ સેવાઓ, ટેલિફોન તથા રેડિયો નેટવર્ક સેવાઓ, કમ્પ્યૂટર નેટવર્ક સેવાઓ કૃત્રિમ ઉપગ્રહને આભારી છે. વળી, ભારતનાં ગામડાંઓ અને દૂરના વિસ્તારોમાં શિક્ષણનો વ્યાપ વધારવા માટે દેશવ્યાપી વર્ગખંડો, વીડિયો કૉન્ફરન્સિંગ જેવી સેવાઓ આ પ્રકારના ઉપગ્રહોને લીધે શક્ય બની છે. આ સેવાઓ માટે ભારતે ઇન્સેટ (INSAT) શ્રેણીના ઉપગ્રહોને અવકાશમાં પ્રક્ષેપિત કર્યા છે. આપણે અત્યાર સુધીમાં આ હેતુ માટે ઇન્સેટ 1, 2, 3 શ્રેણીના ઉપગ્રહો પ્રક્ષેપિત કર્યા છે.

માત્ર જાણકારી માટે

બ્રિટનના વિજ્ઞાની આર્થર ક્લાર્કે 1945માં ભૂ-સ્થિર કક્ષામાં મૂકેલા કૃત્રિમ ઉપગ્રહને માઇક્રોવેવ રીલેના સ્થાને ઉપયોગમાં લઈ સંદેશાવ્યવહાર કરી શકાય એવું સૂચન સૌપ્રથમ કર્યું હતું.

આબોહવા ક્ષેત્રે : ઇન્સેટ શ્રેણીના ઉપગ્રહો વડે હવામાન સંબંધિત માહિતી પણ મેળવી શકાય છે. તેના વડે વાદળોની છબી, સમુદ્રની સપાટીનું તાપમાન, વાતાવરણના જુદા જુદા સ્તરનું તાપમાન, વાતાવરણમાં ભેજનું પ્રમાણ જાણી શકાય છે. તે પરથી હવામાન કે આબોહવાના પૂર્વાનુમાન તથા ચોમાસાના સંભવિત આગમનની જાણકારી મળે છે. ઉષ્ણ કટિબંધ પરના સમુદ્રી પ્રદેશો પર ઉદ્‌ભવતા મહાવિનાશકારી વાવાઝોડા, સમુદ્રી તોફાનો વિશે પણ જાણકારી મળે છે.

રિમોટ સેન્સિંગ ક્ષેત્રે : ''કોઈ પણ પદાર્થ કે ઘટના સાથે સીધા સંપર્કમાં આવ્યા સિવાય દૂરથી કોઈ ઉપકરણની મદદ વડે તે પદાર્થ કે ઘટનાના ગુણધર્મોની માહિતી મેળવવાની પદ્ધતિને રિમોટ સેન્સિંગ (દૂરસંવેદન) પદ્ધતિ કહે છે.''

રિમોટ સેન્સિંગ માટેના ઉપગ્રહો વડે પૃથ્વીના પેટાળમાં રહેલા ખનીજોનો અંદાજ, વનઆચ્છાદનમાં થતી વધઘટનો અંદાજ, જળસંપત્તિ વ્યવસ્થાપન, કૃષિવિષયક પાકોની ઊપજોનો અંદાજ, ખેતરોના પાકમાં લાગુ પડેલ રોગ અને તેના ફેલાવાનો વિસ્તાર, સમુદ્રમાં માછલીઓના સમુદ્રની ગતિવિધિ જેવી અનેક બાબતોની જાણકારી મેળવી શકાય છે. ઉપગ્રહોની ક્ષમતા પ્રમાણે તેમાં ગોઠવેલા સંવેદકો (sensors) પ્રત્યેક ફોટામાં 10 ચોમીથી 6400 ચોમી વિસ્તારને આવરી લે છે. આ ઉપગ્રહો નિશ્ચિત સ્થળ પરથી સમયાંતરે પસાર થતા હોવાથી તે ગાળામાં થયેલા ફેરફાર અંગેની જાણકારી મળી શકે છે.

માત્ર જાણકારી માટે

રિમોટ સેન્સિંગ (દૂરસંવેદન) દર્શાવતું રેખાચિત્ર રિમોટ સેન્સિંગ (દૂરસંવેદન) ટેક્નિક મૂળભૂત રીતે સૂર્યપ્રકાશ અને ઊર્જા પર આધારિત છે. પૃથ્વીની સપાટી પર તત્ત્વો કે પદાર્થો સૂર્યપ્રકાશ અને ઊર્જાનું જુદી જુદી માત્રામાં પરાવર્તન તથા તેમનાં તાપમાન અનુસાર ઊર્જાનું ઉત્સર્જન કરે છે. ઉપગ્રહોમાં મૂકેલા સંવેદકો આ ઇન્ફ્રારેડ કિરણોને ઝીલે છે અને તે માહિતી ભૂ-કેન્દ્ર પર મોકલી આપે છે. તેનો અભ્યાસ કરીને જે-તે સપાટી પરનું પરિસ્થિતિનું અર્થઘટન થઈ શકે છે. જોકે તે માટે વિશિષ્ટ પ્રશિક્ષણ હોવું જરૂરી છે.

6.16 ભારતીય અવકાશ સંશોધન કાર્યક્રમ (Indian Space Research Programme)

કૃત્રિમ ઉપગ્રહો સંદેશાવ્યવહાર, હવામાનસંબંધી માહિતી તથા રિમોટ સેન્સિંગ વગેરે ક્ષેત્રે ખૂબ ઉપયોગી સાબિત થયા છે, જેના અસરકારક ઉપયોગ વડે ઝડપી આર્થિક વિકાસ હાંસલ કરી શકાય છે. આ બાબત ધ્યાનમાં રાખી ભારતે અવકાશ કાર્યક્રમો ઘડી કાઢ્યા છે.

માત્ર જાણકારી માટે

ડૉ. વિક્રમ સારાભાઈ (1919-1971)

વિક્રમ અંબાલાલ સારાભાઈનો જન્મ ઑગસ્ટ 12, 1919ના રોજ અમદાવાદ ખાતે થયો હતો. એમણે અંતરિક્ષમાંથી આવતાં રહસ્યમય કૉસ્મિક કિરણો પર અનુસંધાન કરી કેમ્બ્રિજ વિશ્વવિદ્યાલયમાંથી પી.એચ.ડી.ની પદવી પ્રાપ્ત કરી હતી. એમણે અમદાવાદમાં ભૌતિક અનુસંધાન પ્રયોગશાળા (PRL) અને અમદાવાદ ટેક્સટાઇલ ઇન્ડસ્ટ્રીઝ રિસર્ચ ઍસોસિયેશન (ATIRA) જેવી ખ્યાતિપ્રાપ્ત સંસ્થાની સ્થાપનામાં રસ દાખવ્યો હતો તથા ભારતીય રૉકેટવિજ્ઞાન તથા અંતરિક્ષવિજ્ઞાન ક્ષેત્રે તેમનું અમૂલ્ય યોગદાન રહ્યું હતું. તેમની સ્મૃતિમાં આ ક્ષેત્રોમાં વિશિષ્ટ અનુસંધાન કરનાર વૈજ્ઞાનિકોને ડૉ. વિક્રમ સારાભાઈ સ્મારક પુરસ્કાર પ્રદાન કરવામાં આવે છે. તેઓને ભારતના અવકાશ સંશોધનના પિતા ગણવામાં આવે છે.

ભારતીય અવકાશ અનુસંધાન કેન્દ્ર – ઇસરો (Indian Space Reaserch Organization-ISRO)એ ઘણા ઉપગ્રહોનું નિર્માણ કરી સફળતાપૂર્વક અવકાશમાં તરતા મૂક્યા છે. જેનો વ્યાપક ઉપયોગ ટીવી તથા સંદેશાવ્યવહાર સંકેતોના પ્રસારણ માટે, પૃથ્વીના પેટાળમાં ખનીજોના ભંડાર ધરાવતા વિસ્તારો વિષયક તથા માછીમારી વિષયક માહિતી મેળવવા માટે થઈ રહ્યો છે.

ઇસરોએ નિર્માણ કરેલા રૉકેટો વડે પોતાના ઉપગ્રહો તથા અન્ય દેશોના ઉપગ્રહોને કાયમી ધોરણે પ્રક્ષેપિત કર્યા છે.

6.17 ISRO દ્વારા કરાયેલા કાર્યક્રમો (Programmes Conducted by ISRO)

- **ઇન્ડિયન નેશનલ સૅટેલાઇટ સિસ્ટમ (INSAT) શ્રેણીના ઉપગ્રહો :** INSAT-1, 2, 3 શ્રેણીના ઉપગ્રહો પ્રક્ષેપિત થઈ ગયા છે. 22 ડિસેમ્બર, 2005ના રોજ ભારતે INSAT-4A ઉપગ્રહ ગુયાના (ફ્રાન્સ) ખાતેથી પ્રક્ષેપિત કર્યો. જે ડાયરેક્ટ ટુ હોમ (DTH) પ્રસારણ માટે ખૂબ જ ઉપયોગી નીવડ્યા છે.
- **ઇન્ડિયન રિમોટ સેન્સિંગ સૅટેલાઇટ (IRS) :** IRS-1 અને IRS-2 શ્રેણી પૃથ્વીની સપાટી તથા દરિયાઈ સંપત્તિનું સર્વેક્ષણ કરવા માટે ઉપયોગી છે.
- METSAT હવામાન સંબંધી જાણકારી માટે ઉપયોગી છે.
- RESOURCESAT સમુદ્રી જીવસૃષ્ટિ તથા તેની સપાટી પરના હવામાનને લગતી જાણકારી માટે ઉપયોગી છે.
- CARTOSAT ભૌગોલિક નકશાઓ સંબંધી જાણકારી માટે ઉપયોગી છે.
- રોહિણી સૅટેલાઇટ સિસ્ટમ ખગોળીય અવલોકનો માટે ઉપયોગી છે.
- **પૉલર સૅટેલાઇટ લોન્ચીંગ વ્હીકલ (PSLV) :** 1000-2000 kg શ્રેણીના રિમોટ સેન્સિંગ ઉપગ્રહોને પ્રક્ષેપિત કરવા વપરાય છે.
- **જીઓ સીન્ક્રોનસ સૅટેલાઇટ લોન્ચીંગ વ્હીકલ (GSLV) :** લગભગ 2500 kg વજનનાં 'EDUSAT' ઉપગ્રહ સપ્ટેમ્બર, 2004માં અવકાશમાં GSLV દ્વારા પ્રક્ષેપિત કરવામાં આવ્યો.

તમે શું શીખ્યા ?

- ઑપ્ટિકલ ટેલિસ્કોપની મર્યાદાને કારણે ક્ષ-કિરણ ટેલિસ્કોપની શોધ કરવામાં આવી. ચંદ્રા - X-ray વેધશાળા અવકાશીય ઘટનાઓના X-ray ફોટોગ્રાફ્સ લે છે.
- બ્રહ્માંડ વિશેના આપણા ખ્યાલો સતત બદલાયા કરે છે. પૃથ્વી-કેન્દ્રિયથી સૂર્ય-કેન્દ્રિય, બ્રહ્માંડનું વિસ્તરણ, ઘણાં બ્રહ્માંડોનું અસ્તિત્વ વગેરે.
- આપણું સૌરમંડળ નવ ગ્રહો, ઉપગ્રહો, લઘુગ્રહો, ઉલ્કાઓ, ધૂમકેતુઓ વગેરેનું બનેલું છે.
- જેની ભ્રમણકક્ષા મંગળની કક્ષાની અંદર હોય અને જેઓનું બંધારણ પૃથ્વી જેવું હોય તેવા ગ્રહોને ટેરેસ્ટ્રિયલ ગ્રહો કહે છે.
- જેની ભ્રમણકક્ષા મંગળની કક્ષાની બહારની તરફ હોય અને જેઓનું બંધારણ ગુરુના ગ્રહ જેવું હોય તેવા ગ્રહોને જોવિયન ગ્રહો કહે છે.
- સૂર્યમંડળમાં શુક્રનો એક જ ગ્રહ એવો છે કે જે સૂર્યને ફરતે બીજા ગ્રહોની વિરુદ્ધ પરિભ્રમણ કરે છે.
- લઘુગ્રહો એ ગ્રહ બનાવવામાં નિષ્ફળ ગયેલા ખડકો છે. તેઓ મંગળ અને ગુરુની વચ્ચે આવેલા છે.
- લઘુગ્રહો એકબીજા સાથે સતત અથડાતા અને તૂટતા રહે છે. પૃથ્વી પર આવતા તેઓનાં આ કાટમાળને ઉલ્કા કહે છે. મોટા કદની ઉલ્કાઓને ઉલ્કાશિલા કહે છે.
- પૃથ્વી પર આવતી ઉલ્કાઓ પૃથ્વીના વાતાવરણમાં સળગી જતાં પ્રકાશનો શેરડો ઉત્પન્ન કરે છે. તેથી તે ખરતા તારા તરીકે દેખાય છે.
- ધૂમકેતુને પૂંછડિયો તારો પણ કહેવામાં આવે છે. તેઓ જ્યારે સૂર્યની સૌથી નજીક હોય ત્યારે તેમની પૂંછડી સૌથી લાંબી અને સૂર્યની વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે. તેઓ સૂર્યને ફરતે ચોક્કસ સમય અંતરાલે પરિભ્રમણ કરે છે.
- તાપીય ન્યુક્લિયર સંલયન પ્રક્રિયાને કારણે સ્વયંપ્રકાશિત પદાર્થને તારો કહેવામાં આવે છે. તેઓ કાયમી નથી. તેઓ જન્મ લે છે, વૃદ્ધિ પામે છે અને છેવટે નાશ પામે છે.
- આકાશી ચંદરવા પરના ક્રાન્તિવૃત્ત(elliptic)ના 27 સરખા ભાગને નક્ષત્ર કહે છે.
- તારાઓ મોટા ઝૂમખા સ્વરૂપે જોવા મળે છે, જેને તારાવિશ્વો કહે છે. આપણું સૌરમંડળ આકાશગંગા તારાવિશ્વમાં આવેલું છે. લગભગ 10^{11} જેટલા તારાવિશ્વો કે જે દરેકમાં 10^{11} જેટલા તારાઓ આવેલા છે. તારાવિશ્વો મુખ્યત્વે સર્પિલ (spiral) અને ઉપવલય (elliptic) એમ બે આકારોમાં જોવા મળે છે.
- બ્લૅક હોલ એ ખૂબ જ અતિ વધારે દળ ધરાવતા અવકાશીય પદાર્થો છે કે જેમાં પ્રચંડ ગુરુત્વાકર્ષણબળને કારણે વિકિરણ પણ છટકી શકતું નથી. તેઓનું અસ્તિત્વ સામાન્ય રીતે ક્ષ-કિરણ binaries દ્વારા નક્કી કરવામાં આવે છે.
- Pulsating ન્યુટ્રૉન સ્ટારને પલ્સાર કહે છે.
- રૉકેટને ચોક્કસ પ્રકારનું બળતણ જોઈએ :
  પ્રવાહી બળતણ : પ્રવાહી હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન
  ઘન બળતણ : એલ્યુમિનિયમ અને એમોનિયા પરક્લોરેટ અથવા એમોનિયમ નાઇટ્રેટનું મિશ્રણ.
- અવકાશ સંશોધન હવે સ્પેશ શટલ દ્વારા કરવામાં આવે છે. તેના અગત્યના ભાગો કક્ષીય વાહન (OV). વિસ્તૃત થઈ શકે તેવી બાહ્ય ટાંકી (EET) અને સૉલિડ રૉકેટ બુસ્ટર (SRB) છે.
- માનવસર્જિત ઉપગ્રહોને કૃત્રિમ ઉપગ્રહો કહે છે. તેઓનો ઉપયોગ માનવના લાભાર્થે કરવામાં આવે છે. ભૂ-સ્તરીય ઉપગ્રહો અને ધ્રુવીય ઉપગ્રહો એમ બે પ્રકારના કૃત્રિમ ઉપગ્રહો છે.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) નીચેનામાંથી કયો તારો છે ?

(A) સૂર્ય (B) ફોબોસ (C) લઘુગ્રહો (D) ધૂમકેતુ

(2) નીચેનામાંથી કોણ સૂર્યમંડળનો સભ્ય નથી ?

(A) લઘુગ્રહો (B) ખરતો તારો (C) સૂર્ય (D) કૃત્રિમ ઉપગ્રહ

(3) હેલીના ધૂમકેતુનો આવર્તકાળ કેટલો છે ?

(A) 67 વર્ષ (B) 76 વર્ષ (C) 86 વર્ષ (D) 100 વર્ષ

(4) સૂર્યના ગર્ભમાં દ્રવ્ય .... અવસ્થામાં હોય છે.

(A) ઘન (B) પ્રવાહી (C) વાયુ (D) પ્લાઝ્મા

(5) .... એ સૌરમંડળનો સૌથી તેજસ્વી ગ્રહ છે.

(A) પૃથ્વી (B) શુક્ર (C) ગુરુ (D) મંગળ

(6) મંગળનો ધ્રુવપ્રદેશ ....થી ઢંકાયેલો છે.

(A) સૂકો બરફ (B) બરફ (C) નાઇટ્રોજન (D) આયર્ન

(7) ચંદ્ર પર સૌપ્રથમ પગ મૂકનાર .... હતા.

(A) Yuri Gagarin (B) Aleksi Leonor

(C) Kalpna Chawla (D) Neil Armstrong

(8) ભૂ-સ્થિર ઉપગ્રહોનું પૃથ્વીની સપાટીથી અંતર .... km છે.

(A) 43,000 (B) 37,956 (C) 35,786 (D) 23,123

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) કૃત્રિમ ઉપગ્રહોના બે ઉપયોગો લખો.

(2) તારાઓ એટલે શું ? તેઓ શાના બનેલા છે ?

(3) પૃથ્વી-કેન્દ્રિત અને સૂર્ય-કેન્દ્રિત મૉડેલો વચ્ચેનો તફાવત આપો.

(4) X-ray ખગોળવિજ્ઞાન અવકાશ સંશોધનમાં કેવી રીતે ઉપયોગી છે ?

(5) સૂર્યમંડળની ઉત્પત્તિ ટૂંકમાં સમજાવો.

(6) પાર્થિવ (ટેરેસ્ટ્રિયલ) ગ્રહો એટલે શું ?

(7) જોવિયન ગ્રહો એટલે શું ?

(8) વિષુવવૃત્તીય અને ધ્રુવીય કક્ષાઓ એટલે શું ?

(9) સંદેશાવ્યવહારમાં કેવી રીતે કૃત્રિમ ઉપગ્રહો ઉપયોગી છે ?

(10) રિમોટ સેન્સિંગ (દૂરસંવેદન) એટલે શું ? ઉપગ્રહો કેવી રીતે રિમોટ સેન્સિંગમાં ઉપયોગી છે ?

3. નીચેના પર ટૂંક નોંધ લખો :

(1) બુધ (2) શુક્ર (3) મંગળ (4) શનિ

(5) પ્લૂટો (6) ખરતો તારો (7) રાત્રિ આકાશ (8) આકાશગંગા

4. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર લખો :

(1) ઇસરો દ્વારા થયેલા કાર્યક્રમો વિશે વિસ્તૃત નોંધ લખો.

(2) બ્લૅક હોલ વિશે નોંધ લખો.

(3) પૃથ્વી પર નોંધ લખો.

(4) નક્ષત્રો વિશે ટૂંક નોંધ લખો.

5. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર લખો :

(1) ધૂમકેતુઓ પર ટૂંક નોંધ લખો.

(2) તારાવિશ્વો એટલે શું ? જુદા જુદા પ્રકારના તારાવિશ્વો પર નોંધ લખો.

(3) સ્પેશ શટલ પર નોંધ લખો.

એકમ

7

એસિડ, બેઈઝ અને ક્ષાર (Acid, Base and Salt)

7.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

અગાઉના ધોરણોમાં કરેલા અભ્યાસને આધારે કહી શકાય કે આપણા રોજિંદા જીવનમાં વપરાતા ખાટાં ફળોના રસ, લીંબુનો રસ, આમલીનું પાણી અને છાશ ઍસિડિક સ્વભાવ ધરાવે છે. ખાવાના સોડા અને ધોવાના સોડાનું જલીય દ્રાવણ બેઝિક સ્વભાવ ધરાવે છે. જ્યારે મીઠાનું જલીય દ્રાવણ તટસ્થ સ્વભાવ ધરાવે છે. જલીય દ્રાવણનો ઍસિડિક, બેઝિક અને તટસ્થ સ્વભાવ તેમાં રહેલા અનુક્રમે ઍસિડ, બેઇઝ અને ક્ષારને કારણે હોય છે. આમ, આપણા રોજિંદા જીવનમાં ઍસિડ, બેઇઝ અને ક્ષારની વિશેષ ઉપયોગિતા છે. આ પદાર્થોના જલીય દ્રાવણો જૈવિકતંત્રો (biological systems) તથા રાસાયણિક ઉદ્યોગોમાં પણ ખૂબ અગત્યના છે. આ એકમમાં આપણે ઍસિડ, બેઇઝ અને ક્ષાર અંગે વિશેષ જાણકારી મેળવીશું.

7.2 ઍસિડ અને બેઇઝના સિદ્ધાંતો (Theories of Acid and Base)

ઍસિડ અને બેઇઝ શું છે ? આ પ્રશ્નોના ઉત્તર માટે ઘણા વિજ્ઞાનીઓએ જુદા જુદા સિદ્ધાંતો રજૂ કર્યા છે. આશરે ત્રણસો વર્ષ પૂર્વે રૉબર્ટ બૉઇલે (Robert Boyle) રાસાયણિક ગુણધર્મને આધારે ઍસિડ-બેઇઝની વ્યાખ્યા કરી હતી. ઍસિડ સ્વાદે ખાટા હોય છે. ભીના ભૂરા લિટમસપત્રને લાલ બનાવે છે અને ધાતુ સાથેની પ્રક્રિયાથી ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ (H_2) મુક્ત કરે છે. જ્યારે બેઇઝ સ્વાદે તૂરા હોય છે. ભીના લાલ લિટમસપત્રને ભૂરું બનાવે છે. ઍસિડ અને બેઇઝ વચ્ચે તટસ્થીકરણ પ્રક્રિયા થઈ ક્ષાર અને પાણી બને છે. આ પ્રકારની વ્યાખ્યાને સંક્રિયાત્મક (operational) વ્યાખ્યા કહે છે, કારણ કે તે તેના ગુણધર્મોને આધારે કરવામાં આવી છે. આ વ્યાખ્યાઓને જૂની વ્યાખ્યાઓ પણ કહે છે. ઍસિડ-બેઇઝની આધુનિક વ્યાખ્યાઓમાં આર્હેનિયસ, બ્રોન્સ્ટેડ-લૉરી, લુઈસ ઍસિડ-બેઇઝ સિદ્ધાંત વગેરેનો સમાવેશ થાય છે. તે પૈકીના પ્રથમ બે આર્હેનિયસ અને બ્રોન્સ્ટેડ-લૉરી સિદ્ધાંતોને આપણે અહીં સમજીશું.

(1) આર્હેનિયસનો ઍસિડ-બેઇઝ સિદ્ધાંત (Arrhenius Acid-Base Theory) : ઍસિડ અને બેઇઝ અંગેનો ચોક્કસ ખ્યાલ 1884માં સ્વિડીશ વૈજ્ઞાનિક સ્વાંતે આર્હેનિયસે (Svante Arrhenius) આપ્યો હતો. તેના મત મુજબ, ''ઍસિડ હાઇડ્રોજન ધરાવતું એવું સંયોજન છે કે જે તેના જલીય દ્રાવણમાં હાઇડ્રોજન આયન (H^+) ઉત્પન્ન કરે છે અને બેઇઝ હાઇડ્રોક્સાઇડ ધરાવતું એવું સંયોજન છે કે જે તેના જલીય દ્રાવણમાં હાઇડ્રોક્સાઇડ આયન (OH^-) ઉત્પન્ન કરે છે.'' આર્હેનિયસના ઍસિડ-બેઇઝ સિદ્ધાંતના આધારે કહી શકાય કે ઍસિડ પાણીમાં આયનીકરણ પામી H^+ અને બેઇઝ પાણીમાં આયનીકરણ પામી OH^- આયન ઉત્પન્ન કરે છે. આમ, આ સિદ્ધાંતના પાયામાં આયનીકરણનો ખ્યાલ સમાયેલ છે.

$HA (l) \xrightarrow{H_2O} H^+(aq) + A^-(aq)$ જ્યાં A^- = ઋણ આયન (દા.ત., Cl^-, Br^-, NO_3^- વગેરે)

એસિડ હાઇડ્રોજન આયન

$HNO_3 (l) \xrightarrow{H_2O} H^+(aq) + NO_3^-(aq)$

નાઇટ્રિક એસિડ નાઇટ્રેટ આયન

$HCl (l) \xrightarrow{H_2O} H^+(aq) + Cl^-(aq)$

હાઇડ્રોક્લોરિક એસિડ ક્લોરાઇડ આયન

$MOH (s) \xrightarrow{H_2O} M^+(aq) + OH^-(aq)$, જ્યાં M^+ = ધાતુ આયન અથવા એમોનિયમ આયન NH_4^+

બેઇઝ હાઇડ્રૉક્સાઇડ આયન

$NaOH (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+(aq) + OH^-(aq)$

સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ

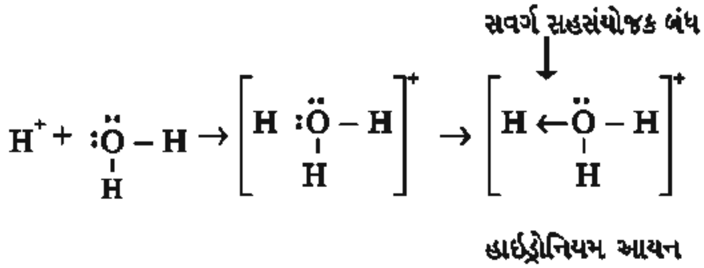
$KOH (s) \xrightarrow{H_2O} K^+(aq) + OH^-(aq)$

પોટૅશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ

આર્હેનિયસનો ઍસિડ-બેઇઝ સિદ્ધાંત વધુ પ્રચલિત હોવા છતાં તેમાં મુખ્યત્વે ત્રણ મર્યાદાઓ જોવા મળે છે : (1) તે માત્ર જલીય દ્રાવણને જ લાગુ પડે છે. (2) એમોનિયા (NH_3) હાઇડ્રૉક્સાઇડ ધરાવતું ન હોવા છતાં તેનું જલીય દ્રાવણ શા માટે બેઇઝ તરીકે વર્તે છે તે સમજાવી શકતો નથી. (3) આ સિદ્ધાંત પ્રમાણે ઍસિડિકતા માટે જવાબદાર સ્પીસીઝ H^+ છે. પણ H^+ ખૂબ જ અસ્થાયી છે, કારણ કે તે ઇલેક્ટ્રોનરહિત હાઇડ્રોજન પરમાણુ એટલે કે ધન હાઇડ્રોજન આયન અથવા પ્રોટોન છે. તેનું સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ નથી હોતું, કારણ કે તે તરત જ દ્રાવક સાથે જોડાઈ જાય છે. જેમ કે $H^+ + H_2O \rightarrow H_3O^+$ (હાઇડ્રોનિયમ આયન)

(2) બ્રોન્સ્ટેડ-લૉરી ઍસિડ-બેઇઝ સિદ્ધાંત (Bronsted-Lowry Acid-Base Theory) : આર્હેનિયસ ઍસિડ-બેઇઝ સિદ્ધાંતની મર્યાદાને દૂર કરવા 1923માં ડેનિશ રસાયણવિજ્ઞાની જોહાનીશ બ્રોન્સ્ટેડ (Johannes Bronsted) અને બ્રિટિશ રસાયણવિજ્ઞાની થૉમસ લૉરીએ (Thomas Lowry) ઍસિડ-બેઇઝનો વિસ્તૃત ખ્યાલ રજૂ કર્યો. તે બ્રોન્સ્ટેડ-લૉરી ઍસિડ-બેઇઝ સિદ્ધાંત તરીકે જાણીતો છે. આ સિદ્ધાંત જલીય તેમજ બિનજલીય દ્રાવણોને લાગુ પાડી શકાય છે. ઉપરાંત તે એમોનિયા જેવા હાઇડ્રૉક્સાઇડ ન ધરાવતાં પદાર્થોના જલીય દ્રાવણ બેઇઝ હોવાની સમજૂતી પણ આપી શકે છે.

જે પદાર્થ, અન્ય પદાર્થને પ્રોટોન (H^+) નું દાન કરી શકે છે તેને બ્રોન્સ્ટેડ-લૉરી ઍસિડ કહે છે. જે પદાર્થ, અન્ય પદાર્થ પાસેથી પ્રોટોન સ્વીકારી શકે છે તેને બ્રોન્સ્ટેડ-લૉરી બેઇઝ કહે છે. ટૂંકમાં, બ્રોન્સ્ટેડ-લૉરી ઍસિડ પ્રોટોનદાતા (proton donor) અને બ્રોન્સ્ટેડ-લૉરી બેઇઝ પ્રોટોનગ્રાહી (proton acceptor) પદાર્થો છે. આમ, આ સિદ્ધાંતના પાયામાં પ્રોટોન વિનિમયનો ખ્યાલ સમાયેલો છે. આ સિદ્ધાંત પ્રમાણે ઍસિડના જલીય દ્રાવણની ઍસિડિકતા માટે જવાબદાર સ્પીસીઝ H^+ નહીં પણ H_3O^+ આયન છે. કારણ કે હાઇડ્રોજન આયન (H^+), પાણી (H_2O) સાથે બંધ બનાવી હાઇડ્રેટેડ હાઇડ્રોજન આયન (H_3O^+) બનાવે છે. સામાન્ય રીતે H_3O^+ ને હાઇડ્રોનિયમ આયન તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. H_3O^+ માં H^+ અને H_2O વચ્ચે સવર્ગ સહસંયોજક બંધ રહેલો છે, કારણ કે તેમની વચ્ચેનો બંધ પાણીના ઑક્સિજન પરમાણુના ઇલેક્ટ્રોનયુગ્મને જ સહિયારી રીતે રાખવાથી બને છે.

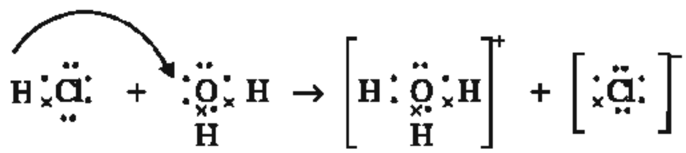


હવે આપણે બ્રોન્સ્ટેડ-લોરી ઍસિડ-બેઈઝના ખ્યાલને ઉદાહરણથી સમજીશું.

જ્યારે હાઈડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુને પાણીમાં ઓગાળવામાં આવે છે ત્યારે હાઈડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુ પાણીને પ્રોટોનનું દાન કરે છે તેથી હાઈડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુ બ્રોન્સ્ટેડ-લોરી ઍસિડ છે અને પાણી પ્રોટોનનો સ્વીકાર કરે છે તેથી પાણી બ્રોન્સ્ટેડ-લોરી બેઈઝ છે.

$$HCl(g) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

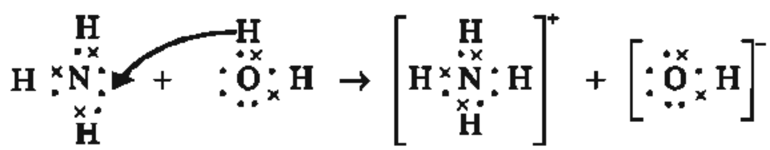
ઍસિડ   બેઈઝ



જ્યારે એમોનિયા વાયુ(હાઈડ્રોક્સાઈડ આયન રહિત)ને પાણીમાં ઓગાળવામાં આવે છે ત્યારે એમોનિયા વાયુ, પાણીના પ્રોટોનનો સ્વીકાર કરે છે, તેથી પાણી બ્રોન્સ્ટેડ-લોરી બેઈઝ એમોનિયા વાયુને પ્રોટોનનું દાન કરે છે. આમ, પાણી બ્રોન્સ્ટેડ-લોરી ઍસિડ છે.

$$NH_3(g) + H_2O(l) \rightarrow NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

બેઈઝ   ઍસિડ



અહીં બંને ઉદાહરણોમાં પાણી અનુક્રમે બેઈઝ અને ઍસિડ તરીકે વર્તે છે. આમ, પાણી પ્રક્રિયાને અનુરૂપ ઍસિડ કે બેઈઝ એમ બંને રીતે વર્તતું હોવાથી તેને ઊભયધર્મી (amphoteric) કહે છે. પાણીનો ઊભયધર્મી સ્વભાવ પાણીના બે અણુઓ વચ્ચેની પ્રક્રિયા પરથી સારી રીતે સમજી શકાય છે.

$$H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$$

બેઈઝ   ઍસિડ

7.3 ઍસિડ અને બેઈઝના રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties of Acid and Base)

ઍસિડ-બેઈઝના રાસાયણિક ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કરતા પહેલાં ઍસિડ અને બેઈઝ શેમાંથી અને કેવી રીતે બને છે તેનો વિચાર કરીએ. અધાતુના ઑક્સાઈડની પાણી સાથેની પ્રક્રિયાથી ઍસિડ બને છે. એટલે કે

અધાતુ ઑક્સાઈડ + પાણી → ઍસિડ

દા.ત.,

$$SO_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(aq)$$

સલ્ફર ટ્રાયોક્સાઈડ   સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ

$CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2CO_3(aq)$

કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ → કાર્બોનિક ઍસિડ

ધાતુના ઑક્સાઇડની પાણી સાથેની પ્રક્રિયાથી બેઇઝ બને છે. એટલે કે,

ધાતુ ઑક્સાઇડ + પાણી → બેઇઝ

દા.ત.,

$Na_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow 2NaOH(aq)$

સોડિયમ ઑક્સાઇડ → સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ

$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq)$

કેલ્શિયમ ઑક્સાઇડ → કેલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ

$Li_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow 2LiOH(aq)$

લિથિયમ ઑક્સાઇડ → લિથિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ

ઍસિડના રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties of Acids) :

ઍસિડની રાસાયણિક પ્રક્રિયા માટે તેના જલીય દ્રાવણમાં રહેલા H^+ અથવા H_3O^+ આયન જવાબદાર હોય છે.

(1) ઍસિડની ધાતુ સાથે પ્રક્રિયા : ઍસિડની ધાતુ સાથેની પ્રક્રિયાથી ધાતુને અનુરૂપ ક્ષાર અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

ઍસિડ + ધાતુ → ધાતુનો ક્ષાર + ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ

દા.ત.,

$2HCl(aq) + Ca(s) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2(g)$

હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ → કેલ્શિયમ ક્લોરાઇડ

$H_2SO_4(aq) + Mg(s) \rightarrow MgSO_4(aq) + H_2(g)$

સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ → મૅગ્નેશિયમ સલ્ફેટ

નાઇટ્રિક ઍસિડ ઑક્સિડેશનકર્તા હોવાથી ધાતુ સાથેની પ્રક્રિયાથી ડાયહાઇડ્રોજન વાયુના બદલે પાણી બનાવે છે.

$8HNO_3(aq) + 3Zn(s) \rightarrow 3Zn(NO_3)_2(aq) + 2NO(g) + 4H_2O(l)$

નાઇટ્રિક ઍસિડ → ઝિંક નાઇટ્રેટ

સામાન્ય રીતે ઉમદા ધાતુઓ Au, Ag, Pt સહેલાઈથી ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરતી નથી.

(2) ઍસિડની બેઇઝ સાથે પ્રક્રિયા : ઍસિડની બેઇઝ સાથે પ્રક્રિયા થઈ ક્ષાર અને પાણી બને છે. આ પ્રક્રિયાને તટસ્થીકરણ પ્રક્રિયા કહે છે.

ઍસિડ + બેઇઝ → ક્ષાર + પાણી

દા.ત.,

$HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$

સોડિયમ ક્લોરાઇડ

$H_2SO_4(aq) + 2KOH(aq) \rightarrow K_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$

પોટૅશિયમ સલ્ફેટ

$2HNO_3(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow Ca(NO_3)_2(aq) + 2H_2O(l)$

કેલ્શિયમ નાઇટ્રેટ

$H_2CO_3(aq) + 2NaOH(aq) \rightarrow Na_2CO_3(aq) + H_2O(aq)$

સોડિયમ કાર્બોનેટ

$HCl(aq) + NH_4OH(aq) \rightarrow NH_4Cl(aq) + H_2O(aq)$

એમોનિયમ ક્લોરાઇડ

(3) એસિડની ધાતુ-ઑક્સાઇડ સાથે પ્રક્રિયા : આ પ્રક્રિયા એસિડની બેઇઝ સાથેની પ્રક્રિયા જેવી જ છે એટલે કે એસિડની ધાતુ-ઑક્સાઇડ સાથે પ્રક્રિયા થઈ ક્ષાર અને પાણી બને છે.

એસિડ + ધાતુ-ઑક્સાઇડ → ક્ષાર + પાણી

દા.ત.,

$2HCl(aq) + Na_2O(s) \rightarrow 2NaCl(aq) + H_2O(l)$

સોડિયમ ઑક્સાઇડ

$H_2SO_4(aq) + MgO(s) \rightarrow MgSO_4(aq) + H_2O(l)$

મૅગ્નેશિયમ ઑક્સાઇડ — મૅગ્નેશિયમ સલ્ફેટ

$2HNO_3(aq) + CaO(s) \rightarrow Ca(NO_3)_2(aq) + H_2O(l)$

કેલ્શિયમ ઑક્સાઇડ — કેલ્શિયમ નાઇટ્રેટ

(4) એસિડની ધાતુ કાર્બોનેટ / ધાતુ હાઇડ્રોજનકાર્બોનેટ સાથે પ્રક્રિયા : મોટા ભાગના એસિડ, ધાતુ કાર્બોનેટ અથવા ધાતુ હાઇડ્રોજનકાર્બોનેટ સાથે પ્રક્રિયા કરી ક્ષાર, પાણી અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ ઉત્પન્ન કરે છે.

એસિડ + ધાતુ કાર્બોનેટ / ધાતુ હાઇડ્રોજનકાર્બોનેટ → ક્ષાર + પાણી + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ

દા.ત.,

$2HCl(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

સોડિયમ કાર્બોનેટ

$H_2SO_4(aq) + MgCO_3(s) \rightarrow MgSO_4(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

મૅગ્નેશિયમ કાર્બોનેટ

$2HNO_3(aq) + K_2CO_3(aq) \rightarrow 2KNO_3(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

પોટૅશિયમ કાર્બોનેટ

$HCl(aq) + NaHCO_3(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

સોડિયમ હાઇડ્રોજનકાર્બોનેટ

$H_2SO_4(aq) + 2NaHCO_3(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l) + 2CO_2(g)$

$HNO_3(aq) + NaHCO_3(aq) \rightarrow NaNO_3(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

સોડિયમ નાઇટ્રેટ

બેઇઝના રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties of Bases) :

બેઇઝની રાસાયણિક પ્રક્રિયા માટે તેના જલીય દ્રાવણમાં રહેલા OH^- જવાબદાર હોય છે.

(1) બેઇઝની ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા : બેઇઝની ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા થઈ ક્ષાર અને પાણી બને છે. આ પ્રક્રિયાને પણ તટસ્થીકરણ પ્રક્રિયા કહે છે.

બેઇઝ + ઍસિડ → ક્ષાર + પાણી

દા.ત., $NaOH(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$

$2KOH(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow K_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$

$Ca(OH)_2(aq) + 2HNO_3(aq) \rightarrow Ca(NO_3)_2(aq) + 2H_2O(l)$

$2NaOH(aq) + H_2CO_3(aq) \rightarrow Na_2CO_3(aq) + 2H_2O(l)$

$NH_4OH(aq) + HCl(aq) \rightarrow NH_4Cl(aq) + H_2O(l)$

(2) બેઇઝની અધાતુ ઑક્સાઇડ સાથે પ્રક્રિયા : આ પ્રક્રિયા બેઇઝની ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયા જેવી જ છે, એટલે કે બેઇઝની અધાતુ ઑક્સાઇડ સાથે પ્રક્રિયા થઈ ક્ષાર અને પાણી બને છે.

બેઇઝ + અધાતુ ઑક્સાઇડ → ક્ષાર + પાણી

દા.ત., $Ca(OH)_2(aq) + CO_2(g) \rightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l)$

કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ

$2NaOH(aq) + SO_3(g) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + H_2O(l)$

સોડિયમ સલ્ફેટ

(3) બેઇઝની કેટલીક ધાતુઓ સાથે પ્રક્રિયા : સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ અને પોટૅશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ જેવા પ્રબળ બેઇઝની (જુઓ 7.7માં પ્રબળ અને નિર્બળ બેઇઝ) કેટલીક ઊભયધર્મી ધાતુઓ (Zn, Al) સાથે પ્રક્રિયા થઈ ક્ષાર અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

બેઇઝ + ધાતુ + પાણી → ક્ષાર + ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ

દા.ત.,

$2NaOH(aq) + Zn(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Na_2Zn(OH)_4(aq) + H_2(g)$

સોડિયમ ઝિંકેટ

$2KOH(aq) + 2Al(s) + 6H_2O(l) \rightarrow 2KAl(OH)_4(aq) + 3H_2(g)$

પોટૅશિયમ ઍલ્યુમિનેટ

અહીં મળતાં સોડિયમ ઝિંકેટ અને પોટૅશિયમ ઍલ્યુમિનેટ સંકીર્ણ ક્ષારો છે.

7.4 દ્રાવણ અને તેની સાંદ્રતા (Solution and its Concentration)

આપણે જાણીએ છીએ તે પ્રમાણે પાણીમાં મીઠાને ઓગાળવાથી જે મળે તેને મીઠાનું દ્રાવણ કહે છે. અહીં મીઠું દ્રાવ્ય પદાર્થ છે, કારણ કે દ્રાવણમાં તેનું પ્રમાણ ઓછું છે અને પાણી દ્રાવક છે, કારણ કે દ્રાવણમાં તેનું પ્રમાણ વધુ છે. આમ, દ્રાવ્યને દ્રાવકમાં ઓગાળવામાં આવે ત્યારે પરિણમતી પ્રણાલીને દ્રાવણ કહે છે.

જો આપણે ત્રણ પ્યાલામાં સરખા કદનું પાણી લઈએ અને પહેલા, બીજા તથા ત્રીજા પ્યાલામાં અનુક્રમે એક, બે અને ત્રણ ચમચી મીઠું નાખીએ તો ત્રણેય પ્યાલામાં રહેલા મીઠાના દ્રાવણની ખારાશમાં તફાવત જોવા મળે છે. તેનું કારણ મીઠાના ત્રણેય દ્રાવણમાં સરખા કદના દ્રાવક(પાણી)માં દ્રાવ્ય(મીઠું)નું પ્રમાણ જુદું જુદું છે. તેવી જ રીતે ત્રણ પ્યાલામાં સમાન જથ્થામાં મીઠું (1 ચમચી) લઈએ તથા પહેલા, બીજા અને ત્રીજા પ્યાલામાં અનુક્રમે એક, બે અને ત્રણ કપ પાણી ઉમેરીએ તોપણ ત્રણેય પ્યાલામાં રહેલા મીઠાના દ્રાવણની ખારાશમાં તફાવત જોવા મળે છે. તેનું કારણ મીઠાના ત્રણેય દ્રાવણોમાં દ્રાવ્યનો સમાન જથ્થો જુદા જુદા કદના દ્રાવકમાં ઓગળેલો છે. આમ, અહીં મીઠાના દ્રાવણની ખારાશ દ્રાવક અને દ્રાવ્ય બંનેના સાપેક્ષ જથ્થા પર આધાર રાખે છે. વિજ્ઞાનની પરિભાષામાં દ્રાવણમાં દ્રાવકના જથ્થાના પ્રમાણમાં દ્રાવ્યના જથ્થાને દ્રાવણની સાંદ્રતા કહે છે. ઓછી ખારાશવાળા અને વધુ ખારાશવાળા મીઠાના દ્રાવણ પૈકી વધુ ખારાશવાળા મીઠાના દ્રાવણની સાંદ્રતા વધુ છે તેમ કહી શકાય.

રસાયણવિજ્ઞાનના પ્રયોગો માટે ચોક્કસ સાંદ્રતાવાળા દ્રાવણો જરૂરી હોય છે. આ દ્રાવણોની સાંદ્રતાને જુદી જુદી રીતે રજૂ કરવામાં આવે છે. જેમ કે ટકાવાર પ્રમાણ, સપ્રમાણતા (નૉર્માલિટી), મોલારિટી, મોલાલિટી, ફૉર્માલિટી, ppm (parts per million) એકમોમાં, જે પૈકીની સપ્રમાણતા અને મોલારિટીનો વ્યવહારમાં વિશેષ ઉપયોગ થાય છે. અહીં આપણે માત્ર મોલારિટી વિશે સમજ મેળવીશું. બાકીના એકમોનો અભ્યાસ ધોરણ 11 અને 12માં કરીશું. દ્રાવણની મોલારિટી એટલે મોલ લિટર$^{-1}$ સાંદ્રતા. 1 લિટર દ્રાવણમાં 1 મોલ દ્રાવ્ય ઓગળેલો હોય તો તે દ્રાવણની સાંદ્રતા 1 મોલારિટી છે એમ કહેવાય. વ્યવહારમાં 1 મોલારિટીને 1 મોલર કહેવાય છે, જેને ટૂંકમાં 1M વડે પણ દર્શાવાય છે. જો મીઠાના 1 લિટર દ્રાવણમાં 2 મોલ મીઠું ઓગળેલું હોય તો તે દ્રાવણની સાંદ્રતા 2 M છે એમ કહેવાય. તે જ પ્રમાણે ગ્લુકોઝના 500 મિલિ દ્રાવણમાં 1 મોલ ગ્લુકોઝ ઓગળેલો હોય તો તે દ્રાવણની સાંદ્રતા 2 M ગણાય છે, કારણ કે 1 લિટર દ્રાવણમાં 2 મોલ ગ્લુકોઝ ઓગળેલો છે એમ ગણતરીથી નક્કી કરી શકાય છે. જો આપણે 3M NaClનું જલીય દ્રાવણ બનાવવા ઇચ્છતા હોઈએ તો મોલારિટીની વ્યાખ્યા પ્રમાણે 1 લિટર દ્રાવણમાં NaClના 3 મોલ ઓગળેલા હોવા જોઈએ. એટલે કે 3 મોલ NaCl લઈ તેને પાણીમાં ઓગાળી દ્રાવણનું કુલ કદ 1 લિટર કરવું પડે, નહીં કે 1 લિટર પાણી લઈ તેમાં NaClના 3 મોલ ઓગાળવા. પણ પ્રશ્ન એ થાય કે 3 મોલ NaCl લેવું કેવી રીતે ? વિચાર કરતાં જણાશે કે NaCl વજનથી જ લઈ શકાય તેમ છે. તેથી NaClને મોલમાં લેવું હોય તો મોલ અને દળ વચ્ચેનો સંબંધ વિચારવો પડે.

આપણે ધોરણ 9માં મોલ અને દળ વચ્ચેનો સંબંધ ધરાવતાં આણ્વિયદળ (અણુભાર) વિશે અભ્યાસ કર્યો છે. આણ્વિયદળનો એકમ ગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે. NaClનું આણ્વિયદળ 58.5 ગ્રામમોલ$^{-1}$ છે. એટલે 58.5 ગ્રામ NaClના જથ્થાને 1 મોલ NaClનો જથ્થો કહેવાય. આમ, કોઈ પણ પદાર્થનો 1 મોલ જથ્થો લેવો હોય તો તેના ગ્રામ આણ્વિયદળ જેટલો જથ્થો લેવો પડે. આપણને અહીં વધુ સ્પષ્ટતા થવી જોઈએ કે જો પદાર્થ તત્ત્વરૂપે હોય તો 1 મોલ જથ્થા માટે તેનું પરમાણ્વિયદળ ધ્યાનમાં લેવું પડે. જો પદાર્થ આયનરૂપે હોય તો પણ તેના પરમાણ્વિયદળ(પરમાણુભાર)ને ધ્યાનમાં લેવામાં આવે છે, કારણ કે વીજભારની સંખ્યાને કારણે તેના દળમાં કોઈ ફેરફાર થતો નથી. આમ, ઇલેક્ટ્રૉન મેળવવો કે ગુમાવવો તેની દળ પર અસર ગણવામાં આવતી નથી. તેથી 1 મોલ Na = 1 મોલ Na^+ = 23 ગ્રામ Na તથા 1 મોલ Cl = 1 મોલ Cl^- = 35.5 ગ્રામ Cl. આમ, 3M NaClનું જલીય દ્રાવણ બનાવવા જરૂરી 3 મોલ NaCl લેવા માટે $3 \times 58.5 = 175.5$ ગ્રામ NaCl લેવો પડે. 175.5 ગ્રામ NaCl લઈ તેને થોડા પાણીમાં ઓગાળી દીધા બાદ વધારાનું પાણી ઉમેરી દ્રાવણનું કુલ કદ 1 લિટર કરી 3M NaClનું દ્રાવણ બનાવી શકાય છે. જો આ દ્રાવણ 1 લિટરને બદલે 250 મિલિ બનાવવું હોય તો $175.5 / 4 = 43.88$ ગ્રામ NaClના જથ્થાને પાણીમાં ઓગાળી દ્રાવણનું કુલ કદ 250 મિલિ કરવું પડે.

દાખલો 1 :

તમે 100 મિલિ 2 M NaOHનું જલીય દ્રાવણ કેવી રીતે બનાવશો ?

ઉકેલ : NaOHનું આણ્વિયદળ = (Naનું પરમાણ્વિયદળ) + (Oનું પરમાણ્વિયદળ) + (Hનું પરમાણ્વિયદળ)

= (23) + (16) + (1)

= 40 ગ્રામમોલ$^{-1}$

મોલારિટીની વ્યાખ્યા પ્રમાણે,

1000 મિલિ 1M NaOHનું દ્રાવણ બનાવવા 40 ગ્રામ NaOH જોઈએ.

∴ 100 મિલિ 2M NaOHનું દ્રાવણ બનાવવા $\frac{100 \times 2 \times 40}{1000 \times 1}$ ગ્રામ NaOH જોઈએ.

$$= \frac{100 \times 2 \times 40}{1000 \times 1}$$

= 8 ગ્રામ NaOH

આમ, 8 ગ્રામ NaOHને પાણીમાં ઓગાળી દ્રાવણનું કુલ કદ 100 મિલિ કરીને 100 મિલિ 2 M NaOHનું જલીય દ્રાવણ બનાવી શકાય.

દાખલો 2 :

250 મિલિ 0.5 M HClનું જલીય દ્રાવણ કેવી રીતે બનાવશો ?

ઉકેલ : HClનું આણ્વિયદળ = (Hનું પરમાણ્વિયદળ) + (Cl નું પરમાણ્વિયદળ)

= (1) + (35.5)

= 36.5 ગ્રામ મોલ$^{-1}$

મોલારિટીની વ્યાખ્યા પ્રમાણે,

1000 મિલિ 1M HClનું દ્રાવણ બનાવવા 36.5 ગ્રામ HCl જોઈએ.

∴ 250 મિલિ 0.5 M HClનું દ્રાવણ બનાવવા $\frac{250 \times 0.5 \times 36.5}{1000 \times 1}$ ગ્રામ HCl જોઈએ.

= 4.56 ગ્રામ HCl

આમ, 4.56 ગ્રામ HClને પાણીમાં ઓગાળી દ્રાવણનું કુલ કદ 250 મિલિ કરીને 250 મિલિ 0.5 M HClનું જલીય દ્રાવણ બનાવી શકાય.

ચોક્કસ મોલારિટીવાળા દ્રાવણ બનાવવાના મુદ્દાને વધુ દૃઢ કરવા માટે આપણે કોષ્ટક 7.1માં દર્શાવેલ ખાલી જગ્યા પૂરવાની પ્રવૃત્તિ કરીએ.

કોષ્ટક 7.1 : કેટલાક પદાર્થોના ચોક્કસ મોલારિટીવાળાં જલીય દ્રાવણો

પદાર્થ	આણ્વિયદળ (ગ્રામ મોલ$^{-1}$)	દ્રાવણની સાંદ્રતા (M)	દ્રાવણનું કદ (મિલિ)	પદાર્થનું દળ (ગ્રામ)
HCl	36.5	1	1000	36.5
NaOH	40	2	250	——
KOH	56	——	500	28
H_2SO_4	98	0.5	500	——
HNO_3	63	1	2000	——
$NaHCO_3$	84	1	——	21
Na_2CO_3	106	——	1000	53
$CuSO_4 . 5H_2O$	249.5	0.1	1000	——
$FeSO_4 . 7H_2O$	278	1	——	139

7.5 દ્રાવણની pH, pH માપક્રમ અને pH માપન
(pH of Solution, pH Scale and Measurement of pH)

રાસાયણિક અને જૈવરાસાયણિક પ્રક્રિયાઓમાં હાઇડ્રોજન આયન (H^+)ની સાંદ્રતા મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. કેટલીક અગત્યની પ્રક્રિયાઓ હાઇડ્રોજન આયનની ઓછી સાંદ્રતાથી નિયંત્રિત કરી શકાય તેવી હોય છે. જલીય દ્રાવણમાં હાઇડ્રોજન અથવા હાઇડ્રોનિયમ આયન (H_3O^+) ની સાંદ્રતાને મોલારિટીમાં એટલે કે 2.8×10^{-4} M કે 3.5×10^{-5} M કે 4.9×10^{-9}M વગેરે આંકડાઓથી દર્શાવવી પડે. જુદા જુદા પદાર્થોમાં હાઇડ્રોનિયમ આયનની સાંદ્રતા 10^{-7} જેટલી ઘણી ઓછી અને 1M જેટલી વધુ હોઈ શકે છે. આટલા મોટા તફાવતવાળી સાંદ્રતાનો આલેખ દોરવાનો થાય તો તેમાં ઘણી મુશ્કેલી પડે. આમ, જલીય દ્રાવણમાં હાઇડ્રોનિયમ આયનની સાંદ્રતાને મોલારિટીમાં દર્શાવવાથી પડતી મુશ્કેલીઓના નિવારણ માટે 1909માં ડેન્માર્કના જૈવરસાયણવિજ્ઞાની એસ.પી. એલ સોરેન્સને (S.P.L. Sorensen) જલીય દ્રાવણમાં હાઇડ્રોનિયમ આયનની સાંદ્રતા દર્શાવવાની વધુ સરળ અને અનુકૂળ રીત સૂચવી. તે pH માપક્રમ તરીકે ઓળખાય છે.

દ્રાવણની pH અને pH માપક્રમ

સામાન્ય રીતે pH જલીય દ્રાવણમાં રહેલા હાઇડ્રોનિયમ આયનની સાંદ્રતા દર્શાવે છે. ગાણિતિક રીતે જલીય દ્રાવણમાંના H_3O^+ની મોલર સાંદ્રતાના 10ના આધારના ઋણ લઘુગણકને તે દ્રાવણની pH કહે છે. સૂત્ર સ્વરૂપે લખીએ તો,

$$pH = -\log_{10} [H_3O^+]$$

જલીય દ્રાવણમાં દ્રાવક તરીકે નિસ્યંદિત પાણી વપરાય છે. પાણીનું સ્વયં આયનીકરણ થઈ H_3O^+ અને OH^- આયન ઉત્પન્ન થાય છે.

$$H_2O + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + OH^-$$

પ્રાયોગિક રીતે પુરવાર થયું છે કે 298 K તાપમાને નિસ્યંદિત પાણીમાં $[H_3O^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}M$ હોય છે. આપણે જાણીએ છીએ તેમ દ્રાવણની ઍસિડિકતા માટે H_3O^+ અને બેઝિકતા માટે OH^-ની સાંદ્રતા જવાબદાર છે. નિસ્યંદિત પાણીમાં H_3O^+ અને OH^-ની સાંદ્રતા સમાન હોવાથી તે તટસ્થ દ્રાવક તરીકે વર્તે છે. તેથી કોઈ પદાર્થના જલીય દ્રાવણમાં H_3O^+ની સાંદ્રતા $10^{-7}M$ કરતાં વધુ હોય તો તે જલીય દ્રાવણ ઍસિડિક બને છે અથવા OH^-ની સાંદ્રતા $10^{-7}M$ કરતાં વધુ હોય તો તે જલીય દ્રાવણ બેઝિક બને છે. કોષ્ટક 7.2 અને 7.3માં અનુક્રમે જુદી જુદી સાંદ્રતાવાળા ઍસિડિક જલીય દ્રાવણ અને બેઝિક જલીય દ્રાવણની pH દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 7.2 : ઍસિડિક જલીય દ્રાવણની pH

જલીય દ્રાવણમાં $[H_3O^+]$ (મોલારિટીમાં)	$pH = -log_{10}[H_3O^+]$	જલીય દ્રાવણની pH
10^{-6}	$pH = -log_{10}10^{-6} = 6\ log_{10}10 = 6$	6
10^{-5}	$pH = -log_{10}10^{-5} = 5\ log_{10}10 = 5$	5
10^{-4} ↓ $[H_3O^+]$ વધારો	$pH = -log_{10}10^{-4} = 4\ log_{10}10 = 4$	4 ↓ pHમાં ઘટાડો
10^{-3}	$pH = -log_{10}10^{-3} = 3\ log_{10}10 = 3$	3
10^{-2}	$pH = -log_{10}10^{-2} = 2\ log_{10}10 = 2$	2
10^{-1}	$pH = -log_{10}10^{-1} = 1\ log_{10}10 = 1$	1
$10^{0} = 1$	$pH = -log_{10}10^{0} = 0\ log_{10}10 = 0$	0

કોષ્ટક 7.2 પરથી કહી શકાય કે,

(i) ઍસિડિક જલીય દ્રાવણમાં $[H_3O^+]$નું મૂલ્ય $10^{-7}M$ થી વધુ હોવાથી તેની **pH**નું મૂલ્ય 7 કરતાં ઓછું હોય છે. એટલે કે,

> **ઍસિડિક જલીય દ્રાવણ માટે $[H_3O^+] > 10^{-7}M$ અને $pH < 7$**

(ii) ઍસિડિક જલીય દ્રાવણમાં H_3O^+ની સાંદ્રતા વધે તેમ દ્રાવણની ઍસિડિકતા વધે છે અને pH ઘટે છે. તેનાથી ઊલટું H_3O^+ની સાંદ્રતા ઘટે તેમ દ્રાવણની ઍસિડિકતા ઘટે છે અને pH વધે છે. તેથી 4 pH વાળા જલીય દ્રાવણ કરતાં 2 pHવાળું જલીય દ્રાવણ વધુ ઍસિડિક હોય છે.

pHની જેમ જલીય દ્રાવણમાં રહેલા હાઇડ્રૉક્સાઇડ આયન OH^-ની સાંદ્રતાને pOH વડે દર્શાવી શકાય છે. ગાણિતિક રીતે જલીય દ્રાવણમાંના OH^-ની મોલર સાંદ્રતાના 10 ના આધારના ઋણ લઘુગણકને તે દ્રાવણની pOH કહે છે. સૂત્ર સ્વરૂપે લખીએ તો,

$$pOH = -\ log_{10}\ [OH^-]$$

આપણે અગાઉ ચર્ચા કરી તેમ નિસ્યંદિત પાણી તટસ્થ છે અને 298 K તાપમાને નિસ્યંદિત પાણીમાં,

$$[H_3O^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}\ M$$

$\therefore \quad [H_3O^+] \times [OH^-] = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$ M

$\therefore \quad \log_{10}[H_3O^+] + \log_{10}[OH^-] = -14 \log_{10}10$

$\therefore \quad -\log_{10}[H_3O^+] - \log_{10}[OH^-] = 14 \log_{10}10$

$\therefore \quad \boxed{pH + POH = 14}$

કોષ્ટક 7.3 : બેઝિક જલીય દ્રાવણની pOH

જલીય દ્રાવણમાં $[OH^-]$ (મોલારિટીમાં)	$pOH = -\log_{10}[OH^-]$	જલીય દ્રાવણની pOH	જલીય દ્રાવણની pH
10^{-6}	$pOH = -\log_{10}10^{-6} = 6 \log_{10}10 = 6$	6	8
10^{-5}	$pOH = -\log_{10}10^{-5} = 5 \log_{10}10 = 5$	5	9
10^{-4}	$pOH = -\log_{10}10^{-4} = 4 \log_{10}10 = 4$	4	10
10^{-3}	$pOH = -\log_{10}10^{-3} = 3 \log_{10}10 = 3$	3	11
10^{-2}	$pOH = -\log_{10}10^{-2} = 2 \log_{10}10 = 2$	2	12
10^{-1}	$pOH = -\log_{10}10^{-1} = 1 \log_{10}10 = 1$	1	13
$10^{0} = 1$	$pOH = -\log_{10}10^{0} = 0 \log_{10}10 = 0$	0	14

($[OH^-]$ વધારો ↓ ; pHમાં વધારો ↓)

કોષ્ટક 7.3 પરથી કહી શકાય કે,

(i) બેઝિક જલીય દ્રાવણમાં $[OH^-]$નું મૂલ્ય 10^{-7}Mથી વધુ હોવાથી તેની pOHનું મૂલ્ય 7 કરતાં ઓછું અને pHનું મૂલ્ય 7 કરતાં વધુ હોય છે. એટલે કે,

> બેઝિક જલીય દ્રાવણ માટે $[OH^-] > 10^{-7}$M, $pOH < 7$ અને $pH > 7$

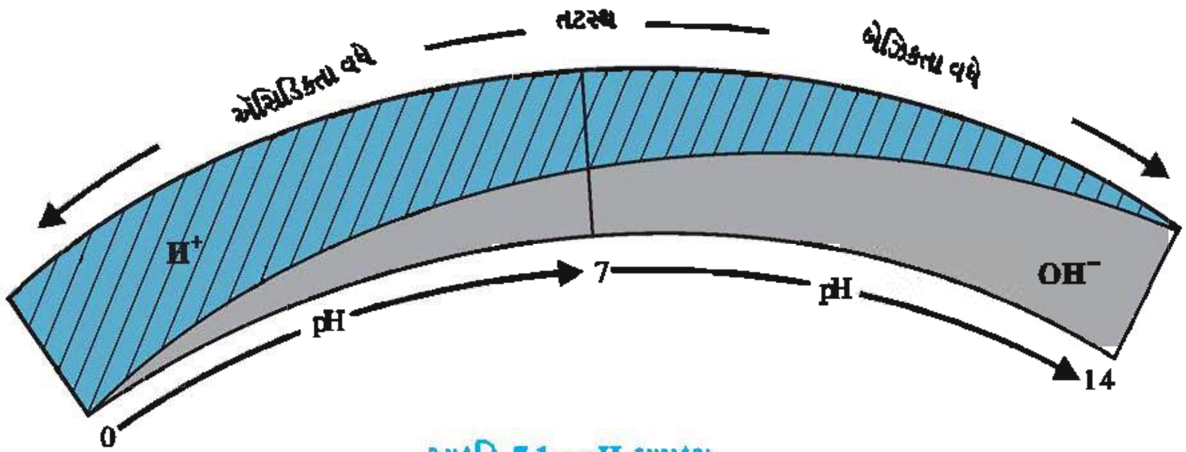
(ii) બેઝિક જલીય દ્રાવણમાં OH^-ની સાંદ્રતા વધે તેમ દ્રાવણની બેઝિકતા વધે છે અને pOH ઘટે છે અને pH વધે છે. તેનાથી ઊલટું OH^-ની સાંદ્રતા ઘટે તેમ દ્રાવણની બેઝિકતા ઘટે છે અને pOH વધે છે પણ pH ઘટે છે. તેથી 9 pH વાળા જલીય દ્રાવણ કરતાં 12 pHવાળું જલીય દ્રાવણ વધુ બેઝિક હોય છે.

અહીં એ યાદ રાખવું જરૂરી છે કે દરેક ઍસિડમાં H_3O^+ ઉપરાંત OH^- રહેલા હોય છે અને બેઇઝમાં OH^- ઉપરાંત H_3O^+ રહેલા હોય છે. એકનું પ્રમાણ વધુ હોય તો બીજાનું પ્રમાણ ઓછું હોય છે, પરંતુ તેમની સાંદ્રતાનો ગુણાકાર 10^{-14} અચળ રહે છે.

તટસ્થ જલીય દ્રાવણમાં H_3O^+ અને OH^-ની સાંદ્રતા સમાન હોય છે. અગાઉ ચર્ચા કરી તે મુજબ 298 K તાપમાને તટસ્થ એવા નિસ્યંદિત પાણીમાં $[H_3O^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}$M છે. તેથી નિસ્યંદિત પાણીની pH = 7 થાય છે. આમ, તટસ્થ જલીય દ્રાવણની pH = 7 જેટલી હોય છે. એટલે કે,

> તટસ્થ જલીય દ્રાવણ માટે $[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}$M અને pH = 7

આમ, pH માપક્રમની સમગ્ર ચર્ચાને અંતે કહી શકાય કે pH માપક્રમ 0 થી 14 સુધી વિસ્તરેલો છે. pH માપક્રમ આકૃતિ 7.1 દ્વારા દર્શાવી શકાય છે.



આકૃતિ 7.1 : pH માપક્રમ

◆ pH માપક્રમની મર્યાદા :

(1) pH માપક્રમ માત્ર જલીય દ્રાવણોને જ લાગુ પડે છે.

(2) pH માપક્રમ હાઇડ્રૉનિયમ આયનની 1Mથી ઓછી સાંદ્રતા ધરાવતા જલીય દ્રાવણોને જ લાગુ પડે છે. આથી pH માપક્રમ 0થી 14 અંક દર્શાવે છે.

◆ pH માપન :

જલીય દ્રાવણની pH જુદી જુદી રીતે માપી શકાય છે. જલીય દ્રાવણનો અંદાજિત pH ગાળો માપવા માટે લિટમસપેપર, અંદાજિત pH માપવા માટે pH પેપર અથવા સાર્વત્રિક સૂચક (Universal Indicator) અને ચોક્કસ pH માપવા માટે pH મીટર સાધનોનો ઉપયોગ થાય છે.

આકૃતિ 7.2 : pH પેપરના રંગમાં થતાં ફેરફાર પ્રમાણે pH મૂલ્ય

(1) અંદાજિત pH ગાળો માપવા : જલીય દ્રાવણનો અંદાજિત pH ગાળો માપવા માટે લાલ અને ભૂરા લિટમસપેપર વપરાય છે. જલીય દ્રાવણમાં ભૂરું લિટમસપેપર નાખતાં લિટમસપેપર લાલ બને તો તે દ્રાવણ ઍસિડિક pH ધરાવે છે તેમ કહેવાય. એટલે કે તે દ્રાવણનું pH મૂલ્ય 0 થી 7 વચ્ચે ગણી શકાય. તે જ રીતે જલીય દ્રાવણમાં લાલ લિટમસપેપર નાખતાં લિટમસપેપર ભૂરું બને તો તે દ્રાવણ બેઝિક pH ધરાવે છે તેમ કહેવાય. એટલે કે તે દ્રાવણનું pH મૂલ્ય 7થી 14ની વચ્ચે ગણી શકાય. જો લાલ કે ભૂરા લિટમસપેપર પર કોઈ પણ પ્રકારની અસર જોવા ન મળે એટલે કે લાલ લિટમસપેપર લાલ કે ભૂરું લિટમસપેપર ભૂરું રહે તો તે દ્રાવણ તટસ્થ છે તેમ કહી શકાય. આવા દ્રાવણની pHનું મૂલ્ય 7 હોય છે. ઉદ્યોગોમાં કેટલીક પ્રક્રિયાઓ માટે ઍસિડિક કે બેઝિક માધ્યમ મહત્ત્વનું હોય છે. આ સમયે દ્રાવણના સ્વભાવની ચકાસણી કરવા માટે લિટમસપેપર વધુ ઉપયોગી બને છે.

(2) અંદાજિત pH માપન : જલીય દ્રાવણની અંદાજિત pH માપવા માટે pH પેપર અથવા સાર્વત્રિક સૂચકનો ઉપયોગ થાય છે.

(i) pH પેપરનો ઉપયોગ : લિટમસપેપરની જેમ જે દ્રાવણની અંદાજિત pH જાણવી હોય તે દ્રાવણમાં pH પેપરને બોળવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે pH પેપર અતિ આછા પીળા રંગનું હોય છે. pH પેપરના રંગમાં થતા ફેરફારની નોંધ પરથી દ્રાવણની pH નક્કી કરી શકાય છે. ક્યો રંગ આવે ત્યારે દ્રાવણની pH કેટલી સમજવી તે માહિતી pH પેપર સાથે આકૃતિ 7.2 પ્રમાણે દર્શાવેલી હોય છે. જો pH પેપરને જલીય દ્રાવણમાં બોળતાં pH પેપર ગુલાબી રંગનું બને

તો તે દ્રાવણની અંદાજિત pH 2 હશે. જો pH પેપર મહેંદી રંગ(આછો લીલો)નું બને તો તે દ્રાવણની pHનું અંદાજિત મૂલ્ય 7 થશે. તે જ રીતે જો pH પેપર વાદળી રંગનું બને તો તે દ્રાવણની pHનું અંદાજિત મૂલ્ય 10 થશે.

(ii) સાર્વત્રિક સૂચકનો ઉપયોગ : જે દ્રાવણની pH જાણવી હોય તે દ્રાવણમાં સાર્વત્રિક સૂચકના એક-બે ટીપાં નાખવામાં આવે છે. તે દરમિયાન દ્રાવણના જોવા મળતા રંગ પરથી દ્રાવણની pH નક્કી કરી શકાય છે. ક્યો રંગ આવે છે તે નોંધી દ્રાવણની pH કેટલી સમજવી તેની માહિતી આકૃતિ 7.3 પ્રમાણે સૂચકની શીશી ઉપર દર્શાવેલ રંગ સાથે સરખાવી તેને અનુરૂપ pH જેટલી હોય છે. ઉદ્યોગોમાં રાસાયણિક અને જૈવરાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દરમિયાન દ્રાવણની અંદાજિત pH માપવા માટે pH પેપર અને સાર્વત્રિક સૂચકનો વિશેષ ઉપયોગ થાય છે.

આકૃતિ 7.3 : સાર્વત્રિક સૂચક

(3) ચોક્કસ pH માપવા : જલીય દ્રાવણની pHનું ચોક્કસ મૂલ્ય માપવા માટે pH મીટર તરીકે ઓળખાતા સાધનનો ઉપયોગ થાય છે. જે દ્રાવણની pHનું ચોક્કસ મૂલ્ય માપવું હોય તે દ્રાવણમાં pH મીટરના બંને વીજધ્રુવોને ડુબાડવામાં આવે છે. તે સમયે pH મીટરનો કાંટો જે આંક દર્શાવે તે જે-તે દ્રાવણની ચોક્કસ pH સૂચવે છે. pH મીટરનો ઉપયોગ કરતા પહેલાં તેને જાણીતી pHવાળા દ્રાવણથી પ્રમાણિત કરવામાં આવે છે. તેથી અજ્ઞાત દ્રાવણની ચોક્કસ pH માપી શકાય. રાસાયણિક ઉદ્યોગો માટે pH મીટર આવશ્યક સાધન છે.

હવે આપણે જુદા જુદા પદાર્થોના જલીય દ્રાવણની pH માપવાની પ્રવૃત્તિ કરીશું.

પ્રવૃત્તિ 1

- **જુદા જુદા જલીય દ્રાવણનું pH માપન**

આ પ્રવૃત્તિ દરમિયાન જુદા જુદા પદાર્થના જલીય દ્રાવણ બનાવવા આદર્શ રીતે નિસ્યંદિત પાણી વાપરવું જોઈએ. પરંતુ આ પ્રવૃત્તિનાં પરિણામોનો તુલનાત્મક અભ્યાસ કરવાનો ન હોવાથી નળનું પાણી વાપરી શકાશે.

- સૌપ્રથમ નવ ટેસ્ટટ્યૂબ લો. તેમને 1થી 9 નંબર આપો.
- 1થી 4 નંબરવાળી ટેસ્ટટ્યૂબમાં અનુક્રમે એક ચમચી લીંબુનો રસ, એક ચમચી ટામેટાનો રસ, ચપટી ખાવાનો સોડા, ચપટી ધોવાનો સોડા લો.

આ ચારેય ટેસ્ટટ્યૂબમાં અડધે સુધી પાણી ઉમેરો. દરેક ટેસ્ટટ્યૂબને બરાબર હલાવી બાજુ પર મૂકી રાખો.

- બાકીની 5થી 9 નંબરવાળી ટેસ્ટટ્યૂબમાં અડધે સુધી ભરાય તે પ્રમાણે અનુક્રમે સ્વમૂત્ર (પેશાબ), નળનું પાણી, નિસ્યંદિત પાણી, મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ અને મંદ સોડિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડનું દ્રાવણ લો.
- આ નવ ટેસ્ટટ્યૂબને ટેસ્ટટ્યૂબ-સ્ટૅન્ડમાં ક્રમશઃ ગોઠવો.
- હવે 1 નંબરવાળી ટેસ્ટટ્યૂબ લઈ તેમાંના દ્રાવણને ચાર સરખા કદમાં વહેંચી અન્ય ખાલી ટેસ્ટટ્યૂબમાં ભરો. આમ, તમારી પાસે 1 નંબર(લીંબુનો રસ)ના દ્રાવણવાળી કુલ ચાર ટેસ્ટટ્યૂબ થવી જોઈએ.
- આ ચારેય ટેસ્ટટ્યૂબમાં ક્રમશઃ લાલ લિટમસપેપર, ભૂરું લિટમસપેપર, pH પેપર અને સાર્વત્રિક સૂચકના બે ટીપાં નાખો.
- લિટમસપેપર અને pH પેપરના રંગમાં થતા ફેરફાર તથા સાર્વત્રિક સૂચક જે દ્રાવણમાં નાખ્યું હોય તે દ્રાવણના રંગમાં થતો ફેરફાર અવલોકન કોષ્ટકમાં નોંધો. રંગમાં થતા ફેરફારને આધારે દ્રાવણનો અંદાજિત pH ગણો અથવા pH પણ નોંધો.

- દ્રાવણની pH ના આધારે તેનો સ્વભાવ (ઍસિડિક / બેઝિક / તટસ્થ) નક્કી કરી તેની નોંધ પણ અવલોકન કોષ્ટકમાં કરો.
- આ જ પ્રમાણે 2થી 9 નંબરવાળી ટેસ્ટટ્યૂબમાંના દ્રાવણની pHનું માપન કરી અવલોકન કોષ્ટકમાં તમે કરેલાં અવલોકનોની નોંધ કરો.

અવલોકન કોષ્ટક

ટેસ્ટ-ટ્યૂબ નંબર	દ્રાવણ	લિટમસપેપર			pH પેપર		સાર્વત્રિક સૂચક		દ્રાવણનો સ્વભાવ
		લિટમસ પેપરના રંગમાં થતો ફેરફાર		અંદાજિત pH ગાળો	pH પેપરના રંગમાં થતો ફેરફાર	અંદાજિત pH	દ્રાવણના રંગમાં થતો ફેરફાર	અંદાજિત pH	(ઍસિડિક, બેઝિક કે તટસ્થ)
		લાલ લિટમસ પેપર	ભૂરું લિટમસ પેપર						
1.	લીંબુનો રસ								
2.	ટામેટાનો રસ								
3.	ખાવાના સોડાનું જલીય દ્રાવણ								
4.	ધોવાના સોડાનું જલીય દ્રાવણ								
5.	સ્વમૂત્ર (પેશાબ)								
6.	નળનું પાણી								
7.	નિસ્યંદિત પાણી								
8.	મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ (1M કરતાં ઓછી સાંદ્રતાવાળો)								
9.	મંદ સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ (1M કરતાં ઓછી સાંદ્રતાવાળો)								

આ પ્રવૃત્તિ કર્યા બાદ તમે કોઈ પણ પદાર્થના જલીય દ્રાવણની pH આ રીતે માપવા સક્ષમ થશો.

7.6 રોજિંદા જીવનમાં pHનું મહત્ત્વ (Importance of pH in Everyday Life)

(1) સજીવના અસ્તિત્વમાં pHનું મહત્ત્વ : મનુષ્ય શરીરમાં થતી દેહધાર્મિક ક્રિયાઓ 7.0 થી 7.8 pH ગાળામાં થાય છે. અન્ય સજીવો pHનો વધુ ફેરફાર સહન કરી શકતા નથી. દા.ત., 5.6 થી ઓછી pH ધરાવતાં ઍસિડવર્ષાનું પાણી જ્યારે નદી કે તળાવ જેવા જળાશયોમાં ભળે છે ત્યારે તેમાંના પાણીની pH ઘટે છે. આ જળાશયોમાંની માછલીઓ, સૂક્ષ્મજીવો અને જલજ વનસ્પતિઓ જેવી જલીય જીવસૃષ્ટિનું અસ્તિત્વ જોખમાય છે.

(2) ખોરાકના પાચનમાં pHનું મહત્ત્વ : આપણે જાણીએ છીએ તેમ ખોરાકના પાચનમાં જઠર અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. જઠરમાં ખોરાક પ્રવેશવાની સાથે જઠરમાંથી હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ સ્રવે છે, જે ખોરાકમાં ભળે છે. આ ઍસિડની pH લગભગ 1થી 3ની વચ્ચે બદલાતી રહે છે. pHના આટલા ઓછા મૂલ્યે જઠરમાં પેપ્સીન નામનો ઉત્સેચક સક્રિય બને છે. તે ખોરાકમાંના પ્રોટીનનું પાચન કરવામાં મદદરૂપ થાય છે.

માંસ, ઈંડા, માછલી જેવા ખોરાકમાં પ્રોટીનનું પ્રમાણ સવિશેષ હોય છે. આ ખોરાકના પાચન માટે જઠરમાં હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ વધુ પ્રમાણમાં સ્રવે છે. જેના કારણે જઠરમાં દુખાવો તથા બળતરા થાય છે. તેને આપણે સાદી ભાષામાં ઍસિડિટી કહીએ છીએ. ઍસિડિટીના ઉપચાર માટે બેઝિક પદાર્થો લેવામાં આવે છે. તે પ્રતિઍસિડ પદાર્થો (antacids) તરીકે ઓળખાય છે. તે જઠરમાં રહેલા વધારાના ઍસિડનું તટસ્થીકરણ કરે છે. પ્રતિઍસિડ પદાર્થો તરીકે વિશેષ પ્રમાણમાં સોડિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ (ખાવાના સોડા-$NaHCO_3$) અને મૅગ્નેશિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ (મિલ્ક ઑફ મૅગ્નેશિયા - $Mg(OH)_2$) ઉપયોગમાં લેવાય છે. આ ઉપરાંત કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ ($CaCO_3$) અને ઍલ્યુમિનિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ ($Al(OH)_3$) પણ પ્રતિઍસિડ પદાર્થો તરીકે જાણીતા છે. બજારમાં આવા પ્રવાહી મિશ્રણો અને કેટલીક ગોળીઓ પણ પ્રાપ્ય છે.

(3) જમીનમાં pHનું મહત્ત્વ : જે જમીનની pH 6.5 થી 7.3ની વચ્ચે હોય તેવી જમીનમાં છોડની વૃદ્ધિ અને વિકાસ સારા થાય છે. 6.5 થી ઓછા pH મૂલ્યવાળી જમીનને ઍસિડિક જમીન કહેવાય છે. આ જમીનને તટસ્થ કરવા ખેડૂતો જમીનમાં લાઇમ (CaO) ઉમેરે છે. જો જમીનની pHનું મૂલ્ય 7.3થી વધુ હોય તો તે જમીન આલ્કલાઇન જમીન કહેવાય છે. આ જમીનને તટસ્થ કરવા ખેડૂતો જમીનમાં જિપ્સમ ($CaSO_4 . 2H_2O$) ઉમેરે છે. હવે આપણે આપણી શાળા કે ઘરના બગીચાની જમીન કે ખેતરની જમીનનો પ્રકાર જમીનની pH માપવાની પ્રવૃત્તિ દ્વારા નક્કી કરીએ.

પ્રવૃત્તિ 2

- સામાન્ય રીતે જમીનની pH માપવા માટે જમીનનો નમૂનો જમીનમાં નવ ઈંચ ઊંડાઈએથી લેવામાં આવે છે, કારણ કે મોટાભાગના પાક તથા બગીચાના છોડના મૂળ જમીનમાં આશરે નવ ઈંચ ઊંડાઈ સુધી પહોંચતા હોય છે. (જમીનનો નમૂનો શાળા કે ઘરના બગીચામાંથી કે ગામના કોઈ ખેતરમાંથી લાવી શકાય.)
- જમીનના નમૂનાનું દ્રાવણ બનાવવા માટે આશરે 2 ગ્રામ જમીનના નમૂનાને ટેસ્ટટ્યૂબમાં લો અને તેમાં 5 મિલિ. નિસ્યંદિત પાણી ઉમેરો. ટેસ્ટટ્યૂબને વધારે સમય માટે હલાવો જેથી માટી અને પાણી મિશ્ર થાય. (જમીનનું દ્રાવણ બનાવવા જમીન અને પાણીનું પ્રમાણ 1 : 2.5 જેટલું રાખવું આદર્શ ગણાય છે.)
- ટેસ્ટટ્યૂબમાંની માટી તળિયે બેસે ત્યાં સુધી ટેસ્ટટ્યૂબને ખલેલ પહોંચાડ્યા વિના રાખી મૂકો.
- થોડા સમય બાદ ટેસ્ટટ્યૂબમાં છૂટા પડેલાં પાણીના સ્તરને ગાળણપત્ર (ફિલ્ટરપેપર) દ્વારા ગાળી લો. ગાળણને બીજી ટેસ્ટટ્યૂબમાં એકઠું કરો. ગાળણ $\frac{1}{2}$થી 1 મિલિ હોવું જોઈએ. (કેટલીકવાર જમીનનો નમૂનો એવો હોય છે કે ઉમેરેલ 5 મિલિ પાણી જમીનના નમૂનામાં શોષાઈ જાય છે અને ગાળણક્રિયાને અંતે ગાળણ મળતું હોતું નથી. આવા કિસ્સામાં 5 મિલિને બદલે 10 મિલિ પાણી ઉમેરીને ફરીથી પ્રવૃત્તિ કરવી.)
- મેળવેલ ગાળણની pH, pH પેપર કે સાર્વત્રિક સૂચકના ઉપયોગથી માપો.
- ગાળણના pH મૂલ્યને આધારે જમીનનો પ્રકાર ઍસિડિક, બેઝિક કે તટસ્થ છે તે નક્કી કરો.

(4) દાંતનું ક્ષયન રોકવામાં pHનું મહત્ત્વ : જ્યારે મોંના અંદરના ભાગની pH 5.5 કરતાં ઓછી હોય ત્યારે દાંતનું ક્ષયન થાય છે. દાંતનું બહારનું પડ (આવરણ) કેલ્શિયમ ફૉસ્ફેટ ($Ca_3(PO_4)_2$) જેવા કઠિન પદાર્થનું બનેલું હોય છે. તે પાણીમાં ઓગળતું નથી, પણ મોંના અંદરના ભાગની pH 5.5 કરતાં ઓછી થાય ત્યારે ક્ષયિત (corroded) થાય છે. જમ્યા બાદ મોંમાં રહેલ ખોરાકના કણો તથા શર્કરાનું બૅક્ટેરિયા દ્વારા વિઘટન થઈ ઍસિડ પેદા થાય છે. તે મોંના અંદરના ભાગની pH ઘટાડે છે તેથી દાંતનું ક્ષયન થાય છે. આ મુશ્કેલીથી બચવા માટે જમ્યા બાદ દાંત સાફ કરવાની સુટેવ પાડવી જોઈએ. દાંત સફાઈ માટે ઉપયોગમાં લેવાતાં દંતમંજન પાઉડર તથા પેસ્ટ (paste) સામાન્ય રીતે બેઝિક સ્વભાવ ધરાવતા હોય છે. તે મોંના અંદરના ભાગમાં ઉત્પન્ન થયેલ ઍસિડને તટસ્થ કરી દાંતને ક્ષયનથી બચાવે છે.

(5) મધમાખીના ડંખની અસરના ઉપચારમાં : આપણે અનુભવીએ છીએ કે લાલ કીડી ચટકો ભરે છે ત્યારે આપણને બળતરા થાય છે તેનું કારણ તેના દ્વારા આપણા શરીરમાં દાખલ કરાતો ફૉર્મિક ઍસિડ છે. તેવી જ રીતે મધમાખી આપણને ડંખ મારે છે ત્યારે ડંખના સ્થાને દુખાવો તથા ખૂબ જ બળતરા થાય છે. ઉપરાંત ડંખના સ્થાનની આસપાસ સોજો આવે છે, કારણ કે મધમાખીના ડંખ દ્વારા આપણા શરીરમાં દાખલ થતું વિષ ઍસિડિક હોય છે. આ વિષમાં વધુ ઍસિડિક સ્વભાવવાળો મેલિટીન (Melittin) પદાર્થ હોય છે. મેલિટીન 26 ઍમિનો ઍસિડ ધરાવતો પોલિપેપ્ટાઇડ છે. મધમાખીના ડંખની અસરમાં રાહત મેળવવા માટે ખાવાના સોડા જેવા બેઝિક પદાર્થના જલીય દ્રાવણને ડંખની આસપાસના ભાગમાં લગાવવામાં આવે છે, જે ઍસિડિક વિષનું તટસ્થીકરણ કરે છે.

કોષ્ટક 7.4 : રોજિંદા જીવન સાથે સંકળાયેલ કેટલાક દ્રાવણોના 298 K તાપમાને pH મૂલ્ય.

ક્રમ	દ્રાવણ	pH
1.	શુદ્ધ પાણી	7.0
2.	દરિયાનું પાણી	8.5
3.	જઠર રસ	1.0 - 3.0
4.	લાળ	6.5 - 7.5
5.	લોહી	7.4
6.	મૂત્ર	5.5 - 7.5
7.	દૂધ	6.3 - 6.6
8.	લીંબુનો રસ	2.2 - 2.4
9.	ટામેટાનો રસ	4.0 - 4.4
10.	કૉફી	4.5 - 5.5
11.	ખાવાના સોડાનું જલીય દ્રાવણ	8.5
12.	વૉશિંગ સોડાનું જલીય દ્રાવણ	12.0
13.	મિલ્ક ઑફ મૅગ્નેશિયા	10.5
14.	વિનેગર (4 %)	2.5

દાખલો 3 :

H_3O^+ની સાંદ્રતા 2.5×10^{-5}M હોય તેવા જલીય દ્રાવણની pH ગણો. આ જલીય દ્રાવણ ઍસિડિક, બેઝિક કે તટસ્થ પૈકી કયો સ્વભાવ ધરાવશે ?

ઉકેલ : જલીય દ્રાવણમાં $[H_3O^+] = 2.5 \times 10^{-5}$ M

હવે $pH = -log_{10}[H_3O^+]$

$= -log_{10}(2.5 \times 10^{-5})$

$= -log_{10}(2.5) - log_{10} 10^{-5}$ $\quad (\because log(mn) = log\, m + log\, n)$

$= -log_{10}(2.5) + 5\, log_{10}10$

લઘુગણક કોષ્ટકનો ઉપયોગ કરતાં,

$= -0.3979 + 5 \; (\because \; log_{10}10 = 1)$

$\therefore \; pH = 4.6021 \approx 4.60$

આમ, H_3O^+ ની સાંદ્રતા 2.5×10^{-5} M હોય તેવા જલીય દ્રાવણનું pH મૂલ્ય 4.60 થશે. આ જલીય દ્રાવણની H_3O^+ની સાંદ્રતા 10^{-7}M થી વધુ અને pH 7 કરતાં ઓછી હોવાથી તે ઍસિડિક સ્વભાવ ધરાવશે.

દાખલો 4 :

pHનું મૂલ્ય 5.5 હોય તેવા જલીય દ્રાવણમાં રહેલા H_3O^+ની સાંદ્રતા ગણો.

ઉકેલ : $pH = -log_{10}[H_3O^+]$

$\therefore \; 5.5 = -log_{10}[H_3O^+]$

$\therefore \; log_{10}[H_3O^+] = -5.5$

$\therefore \; log_{10}[H_3O^+] = 6 - 5.5 - 6$

$\therefore \; log_{10}[H_3O^+] = -6 + 0.5$

$\therefore \; log_{10}[H_3O^+] = \bar{6}.5000$

$\therefore \; [H_3O^+] = antilog\,(\bar{6}.5000)$

$= 0.3162 \times 10^{-5}$ M

$\therefore \; [H_3O^+] = 3.162 \times 10^{-6}$ M

$\therefore \; [H_3O^+] = 3.16 \times 10^{-6}$ M

આમ, pHનું મૂલ્ય 5.5 (7 કરતાં ઓછું) હોય તેવા જલીય દ્રાવણમાં H_3O^+ની સાંદ્રતા 3.16×10^{-6} M (10^{-7}કરતાં વધુ) હશે. આથી, દ્રાવણ ઍસિડિક હશે.

7.7 pHના આધારે ઍસિડ-બેઇઝની સાંદ્રતાની સરખામણી

(Comparison of Concentrations of Acid-Base on the Basis of pH)

અગાઉ મુદ્દા નં. 7.5માં આપણે સમજ્યા કે 4 pHવાળા જલીય દ્રાવણ કરતાં 2 pHવાળું જલીય દ્રાવણ વધુ ઍસિડિક હોય છે.

9 pHવાળા જલીય દ્રાવણ કરતાં 12 pHવાળું જલીય દ્રાવણ વધુ બેઝિક હોય છે. પણ પ્રશ્ન એ થાય કે આ દ્રાવણો કેટલા ગણા વધુ ઍસિડિક કે વધુ બેઝિક હશે ? આ બાબત આપણે દાખલા દ્વારા સમજીએ.

દાખલો 5 : 4pH વાળા જલીય દ્રાવણ કરતાં 2 pHવાળું જલીય દ્રાવણ કેટલા ગણું વધુ ઍસિડિક હશે ?

ઉકેલ : 4 pH વાળા જલીય દ્રાવણ માટે,

$pH = -log_{10}[H_3O^+]$

$\therefore \quad -log_{10}[H_3O^+] = 4$

$\therefore \quad log_{10}[H_3O^+] = -4$

$\therefore \quad [H_3O^+] = 10^{-4}M \qquad (\because log_a b = m$ માટે $a^m = b$ થાય.)

તે જ પ્રમાણે 2 pH વાળા જલીય દ્રાવણમાં $[H_3O^+] = 10^{-2}M$ થાય.

$$\frac{2 \text{ pHવાળા જલીય દ્રાવણમાં } [H_3O^+]}{4 \text{ pHવાળા જલીય દ્રાવણમાં } [H_3O^+]} = \frac{10^{-2} M}{10^{-4} M} = 10^2 = 100$$

આમ, 4 pHવાળા જલીય દ્રાવણ કરતાં 2 pHવાળા જલીય દ્રાવણમાં H_3O^+ની સાંદ્રતા 100 ગણી વધુ છે. એટલે કે તે 100 ગણું વધુ ઍસિડિક હશે.

આ પ્રમાણે જુદી જુદી pH ધરાવતા બે ઍસિડિક જલીય દ્રાવણો A અને Bની ઍસિડિકતાની સરખામણી કોષ્ટક 7.5 મુજબ કરી શકાય :

કોષ્ટક 7.5 : બે ઍસિડિક જલીય દ્રાવણોની ઍસિડિકતાની સરખામણી

દ્રાવણ Aની pH	દ્રાવણ Bની pH	દ્રાવણ Aમાં $[H_3O^+]$ (મોલારિટીમાં)	દ્રાવણ Bમાં $[H_3O^+]$ (મોલારિટીમાં)	દ્રાવણ Aની pH દ્રાવણ Bની pH કરતાં કેટલી ઓછી ?	દ્રાવણ Aમાં H_3O^+ ની સાંદ્રતા, દ્રાવણ Bમાંની H_3O^+ સાંદ્રતા કરતાં કેટલા ગણી વધુ ?
5	6	10^{-5}	10^{-6}	1	$10^1 = 10$
3	5	10^{-3}	10^{-5}	2	$10^2 = 100$
2	5	10^{-2}	10^{-5}	3	$10^3 = 1000$
2	6	10^{-2}	10^{-6}	4	$10^4 = 10000$
1	6	10^{-1}	10^{-6}	5	$10^5 = 100000$
2	4.5	10^{-2}	$10^{-4.5}$	2.5	$10^{2.5}$= antilog (2.5) = 316.2
1.9	5.3	$10^{-1.9}$	$10^{-5.3}$	3.4	$10^{3.4}$= antilog (3.4) = 2152

આમ, કોષ્ટક 7.5 પરથી કહી શકાય કે બે ઍસિડિક જલીય દ્રાવણોની pH વચ્ચેનો તફાવત x હોય તો, ઓછી pH વાળું દ્રાવણ, વધુ pHવાળા દ્રાવણ કરતાં H_3O^+ની સાંદ્રતા 10^x અથવા antilog x ગણી વધારે ધરાવે છે. એટલે કે તે દ્રાવણ 10^x અથવા antilog x ગણું વધુ ઍસિડિક હોય છે.

હવે આપણે જુદી જુદી pH ધરાવતા બે બેઝિક જલીય દ્રાવણો A અને Bની બેઝિકતાની સરખામણી કરવા કોષ્ટક 7.6નો અભ્યાસ કરીએ :

કોષ્ટક 7.6 : બે બેઝિક જલીય દ્રાવણોની બેઝિકતાની સરખામણી

દ્રાવણ Aની pH	દ્રાવણ Bની pH	દ્રાવણ Aની pOH	દ્રાવણ Bની pOH	દ્રાવણ Aમાં $[OH^-]$ (મોલારિટીમાં)	દ્રાવણ B માં $[OH^-]$ (મોલારિટીમાં)	દ્રાવણ Bની pH, દ્રાવણ Aની pH કરતાં કેટલી વધુ ?	દ્રાવણ Bમાં OH^-ની સાંદ્રતા, દ્રાવણ Aમાંની OH^-ની સાંદ્રતા કરતાં કેટલા ગણી વધુ ?
12	13	2	1	10^{-2}	10^{-1}	1	10^1 = 10
11	13	3	1	10^{-3}	10^{-1}	2	10^2 = 100
9	12	5	2	10^{-5}	10^{-2}	3	10^3 = 1000
8	12	6	2	10^{-6}	10^{-2}	4	10^4 = 10000
8	13	6	1	10^{-6}	10^{-1}	5	10^5 = 100000
9.3	12.8	4.7	1.2	$10^{-4.7}$	$10^{-1.2}$	3.5	$10^{3.5}$ = antilog (3.5) = 3612
8.9	11.5	5.1	2.5	$10^{-5.1}$	$10^{-2.5}$	2.6	$10^{2.6}$ = antilog (2.6) = 398.1

આમ, કોષ્ટક 7.6 પરથી કહી શકાય કે બે બેઝિક જલીય દ્રાવણોની pH વચ્ચેનો તફાવત x હોય તો, વધુ pHવાળું દ્રાવણ, ઓછી pHવાળા દ્રાવણ કરતાં OH^-ની સાંદ્રતા 10^x અથવા antilog x ગણી વધારે ધરાવે છે. એટલે કે તે દ્રાવણ 10^x અથવા antilog x ગણું વધુ બેઝિક હોય છે.

● **(1) પ્રબળ અને નિર્બળ ઍસિડ (Strong and Weak Acids) :** આપણે જાણીતા ઍસિડની યાદી બનાવવાનો પ્રયત્ન કરીએ તો તેમાં પ્રયોગશાળામાં વપરાતા ઍસિડ - જેવા કે હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ, સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ, નાઇટ્રિક ઍસિડ અને રોજિંદા જીવનમાં વપરાતા ઍસિડ જેવા કે ઍસિટિક ઍસિડ (વિનેગરમાં), લૅક્ટિક ઍસિડ (દહીં, છાશમાં), સાઇટ્રિક ઍસિડ (લીંબુ, નારંગીમાં), ટાર્ટરિક ઍસિડ (આમલીમાં), ઑક્ઝેલિક ઍસિડ(ટામેટામાં)નો સમાવેશ થાય છે. આ પૈકીના હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ, સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને નાઇટ્રિક ઍસિડ જેવા ખનિજ ઍસિડ (mineral acids)ને પાણીમાં ઓગાળતાં તેનું સંપૂર્ણ આયનીકરણ થાય છે. આ ઍસિડ પદાર્થોને પ્રબળ ઍસિડ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. પ્રબળ ઍસિડના જલીય દ્રાવણમાં બધો જ દ્રાવ્ય (solute) પદાર્થ તેના આયન સ્વરૂપે હોય છે. એટલે કે બધો જ દ્રાવ્ય પદાર્થ H_3O^+ માં આયનીકરણ પામેલો હોય છે.

દા.ત.,

(1) 1M HClના જલીય દ્રાવણમાં H_3O^+ અને Cl^- ની સાંદ્રતા 1 M હોય છે.

$$HCl(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

1 M 1 M 1 M

(2) 1 M H_2SO_4 ના જલીય દ્રાવણમાં H_3O^+ અને SO_4^{2-}ની સાંદ્રતા અનુક્રમે 2 M અને 1 M હોય છે, કારણ કે 1 મોલ H_2SO_4ના આયનીકરણથી 2 મોલ H_3O^+ બને છે.

$$H_2SO_4(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow 2H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

1 M 2 M 1 M

ઍસિટિક ઍસિડ, લૅક્ટિક ઍસિડ, સાઇટ્રિક ઍસિડ, ટાર્ટરિક ઍસિડ, ઑક્ઝેલિક ઍસિડને પાણીમાં ઓગાળતા તેનું આંશિક અથવા અપૂર્ણ આયનીકરણ થાય છે. આ ઍસિડ પદાર્થોને નિર્બળ ઍસિડ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. નિર્બળ ઍસિડના જલીય દ્રાવણમાં દ્રાવ્યનો અલ્પ જથ્થો જ H_3O^+માં આયનીકરણ પામેલો હોય છે, બાકીનો જથ્થો અવિયોજિત સ્વરૂપે જ રહે છે. એટલે કે 1 M CH_3COOH ના જલીય દ્રાવણમાં H_3O^+ની સાંદ્રતા 1 M હોતી નથી પણ ખૂબ જ ઓછી (આશરે 2થી 3 %) હોય છે. આપણને તરત જ પ્રશ્ન ઉદ્ભવે કે આ દ્રાવણમાં H_3O^+ની સાંદ્રતા કેટલી હશે ? આ પ્રશ્નનો ઉત્તર મેળવવા પ્રથમ CH_3COOH ના આયનીકરણ અચળાંક K_aનું મૂલ્ય જાણવું પડે અને કેટલીક ગણતરી કરવી પડે છે. આ ગણતરી આપણે ધોરણ 11માં શીખીશું. અત્યારે તો એટલું જ શીખીએ કે જે ઍસિડનું જલીય દ્રાવણમાં સંપૂર્ણ આયનીકરણ અથવા વિયોજન થાય તેને પ્રબળ ઍસિડ કહેવાય અને જે ઍસિડનું જલીય દ્રાવણમાં આંશિક કે અપૂર્ણ આયનીકરણ અથવા વિયોજન થાય તેને નિર્બળ ઍસિડ કહેવાય.

પ્રયોગશાળામાં ઍસિડ માટે સાંદ્ર અને મંદ એમ બે શબ્દો વધુ વપરાય છે. દા.ત., સાંદ્ર હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ, મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ, સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ, મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ, સાંદ્ર નાઇટ્રિક ઍસિડ, મંદ નાઇટ્રિક ઍસિડ વગેરે. સાંદ્ર ઍસિડમાં દ્રાવ્ય (solute)પદાર્થનું પ્રમાણ વિશેષ હોય છે, જ્યારે મંદ ઍસિડમાં ખૂબ ઓછું હોય છે. બજારમાં ઉપલબ્ધ 35-38 % સાંદ્રતાવાળો હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ, 98 % સાંદ્રતાવાળો સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ, 70-72 % સાંદ્રતાવાળો નાઇટ્રિક ઍસિડ અને 100 % સાંદ્રતાવાળો ઍસિટિક ઍસિડ સાંદ્ર ઍસિડ છે. આ ઍસિડના મંદ દ્રાવણ બનાવવા માટે ત્રણ ભાગ પાણી લઈ તેમાં એક ભાગ ઍસિડ ઉમેરવામાં આવે છે. પ્રબળ અને નિર્બળ એમ બંને પ્રકારના ઍસિડ સાંદ્ર અથવા મંદ ઍસિડ હોઈ શકે છે. જેમ કે હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ પ્રબળ ઍસિડ છે. પ્રયોગશાળામાં આ ઍસિડ આપણને સાંદ્ર અને મંદ એમ બંને સ્વરૂપે જોવા મળે છે. તેવી જ રીતે ઍસિટિક ઍસિડ નિર્બળ ઍસિડ છે. તે પણ પ્રયોગશાળામાં સાંદ્ર અને મંદ એમ બંને સ્વરૂપે જોવા મળે છે. અહીં આપણે સ્પષ્ટ સમજી લેવું જોઈએ કે પ્રબળ અથવા નિર્બળને સાંદ્ર કે મંદ સાથે કોઈ જ સીધો સંબંધ નથી. પ્રબળ અને નિર્બળ, ઍસિડના આયનીકરણ પર આધારિત પ્રકાર કહેવાય જ્યારે સાંદ્ર અને મંદ તેમની માત્રા અથવા ઓગાળેલા પદાર્થનું પ્રમાણ દર્શાવે છે.

(2) પ્રબળ અને નિર્બળ બેઇઝ (Strong and Weak Bases) : સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ, પોટૅશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડને પાણીમાં ઓગાળતાં તેમનું સંપૂર્ણ આયનીકરણ થાય છે. આ બેઝિક પદાર્થોને પ્રબળ બેઇઝ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. પ્રબળ બેઇઝના જલીય દ્રાવણમાં બધો જ દ્રાવ્ય (solute) પદાર્થ સંપૂર્ણ આયનીકરણને કારણે તેના આયન સ્વરૂપે હોય છે. એટલે કે બધો જ દ્રાવ્ય પદાર્થ OH^- માં આયનીકરણ પામેલો હોય છે.

દા.ત.,

1 M NaOHના જલીય દ્રાવણમાં Na^+ અને OH^-ની સાંદ્રતા 1 M હોય છે.

$$NaOH(aq) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

1 M 1 M 1 M

એમોનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ (NH_4OH) જેવા જાણીતા બેઇઝને પાણીમાં ઓગાળતાં તેનું આંશિક આયનીકરણ થાય છે. આ પદાર્થોને નિર્બળ બેઇઝ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. કૅલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડનું જલીય દ્રાવણ પણ નિર્બળ બેઇઝ છે. નિર્બળ બેઇઝના

જલીય દ્રાવણમાં દ્રાવ્યનો અલ્પ જથ્થો જ (2 થી 3%) OH^-માં આયનીકરણ પામેલો હોય છે. એટલે કે 1 M NH_4OH ના જલીય દ્રાવણમાં OH^-ની સાંદ્રતા 1M હોતી નથી પણ ખૂબ જ ઓછી હોય છે. નિર્બળ બેઇઝમાં રહેલ OH^-ની સાંદ્રતાની ગણતરી નિર્બળ ઍસિડની જેમ ધોરણ 11માં શીખીશું. અત્યારે તો એટલું જ શીખીએ કે જે બેઇઝનું જલીય દ્રાવણમાં સંપૂર્ણ આયનીકરણ અથવા વિયોજન થાય તેને પ્રબળ બેઇઝ કહેવાય અને જે બેઇઝનું જલીય દ્રાવણમાં આંશિક કે અપૂર્ણ આયનીકરણ અથવા વિયોજન થાય તેને નિર્બળ બેઇઝ કહેવાય.

દાખલો 6 :

0.05 M HClના જલીય દ્રાવણની pH ગણો.

ઉકેલ : HCl પ્રબળ ઍસિડ હોવાથી તેનું પાણીમાં સંપૂર્ણ આયનીકરણ થાય છે.

$$HCl(aq) + H_2O(l) \xrightarrow[\text{આયનીકરણ}]{\text{સંપૂર્ણ}} H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

0.05M　　　　　　0.05M

અહીં, $[H_3O^+] = 0.05$ M

હવે, $pH = -\log_{10}[H_3O^+]$

$= -\log_{10}(0.05)$

$= -\log_{10}(5 \times 10^{-2})$

$= -\log_{10}5 + 2\log_{10}10$

$= -0.6990 + 2$

$= 1.3010$

$= 1.30$

આમ, 0.05 M HCl ના જલીય દ્રાવણની pH 1.30 થશે.

દાખલો 7 :

0.007 M NaOHના જલીય દ્રાવણની pH ગણો.

ઉકેલ : NaOH પ્રબળ બેઇઝ હોવાથી તેનું સંપૂર્ણ આયનીકરણ થાય છે.

$$NaOH(aq) + H_2O \xrightarrow[\text{આયનીકરણ}]{\text{સંપૂર્ણ}} Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

0.007M　　　　　　0.007M

અહીં, $[OH^-] = 0.007$ M

હવે, $pOH = -\log_{10}[OH^-]$

$= -\log_{10}(0.007)$

$= -\log_{10}(7 \times 10^{-3})$

$= -\log_{10}7 + 3\log_{10}10$

$= -0.8451 + 3$

$\therefore pOH = 2.1549$

પરંતુ NaOH બેઇઝ હોવાથી pH નીચે પ્રમાણે ગણી શકાય :

આપણે જાણીએ છીએ કે pH + pOH = 14

$$\therefore pH = 14 - 2.1549$$

$$\therefore pH = 11.8451 \approx 11.85$$

આમ, 0.007 M NaOHના જલીય દ્રાવણની pH 11.85 થશે.

દાખલો 8 :

4.9 ગ્રામ H_2SO_4 ને પાણીમાં ઓગાળી 3 લિટર જલીય દ્રાવણ બનાવેલુ છે. આ દ્રાવણની pH ગણો.

ઉકેલ : જલીય દ્રાવણની pH ગણવા માટે આપણે તે દ્રાવણમાંના H_3O^+ની સાંદ્રતા મોલલિટર$^{-1}$માં જાણતા હોવા જોઈએ.

H_2SO_4 નું આણ્વિયદળ 98 ગ્રામમોલ$^{-1}$ છે.

$$H_2SO_4 \text{ ના મોલ} = \frac{H_2SO_4 \text{ નું વજન}}{H_2SO_4 \text{ નું આણ્વિય દળ}}$$

$$= \frac{4.9 \text{ ગ્રામ}}{98 \text{ ગ્રામ મોલ}^{-1}}$$

$$= 0.05 \text{ મોલ}$$

$$H_2SO_4\text{ની સાંદ્રતા (મોલ લિટર}^{-1}) = \frac{H_2SO_4 \text{ ના મોલ}}{\text{દ્રાવણનું કદ (લિટર)}}$$

$$= \frac{0.05 \text{ મોલ}}{3 \text{ લિટર}}$$

$$= 0.0167 \text{ મોલ લિટર}^{-1}$$

H_2SO_4 પ્રબળ ઍસિડ છે તેનું પાણીમાં સંપૂર્ણ આયનીકરણ થાય છે.

$$H_2SO_4(aq) + 2H_2O(l) \xrightarrow[\text{આયનીકરણ}]{\text{સંપૂર્ણ}} 2H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

0.0167 M $\qquad$ 2 × 0.0167 M

= 0.0334 M

અહીં, $[H_3O^+] = 0.0334$ M

હવે, $pH = -\log_{10}[H_3O^+]$

$= -\log_{10}(0.0334)$

$= -\log_{10}(3.34 \times 10^{-2})$

$= -\log_{10}(3.34) + 2\log_{10}10$

$= -0.5237 + 2$

$= 1.4763$

$= 1.48$

$\therefore \quad pH = 1.48$

આમ, H_2SO_4ના દ્રાવણની pH 1.48 થશે.

દાખલો 9 :

298 K તાપમાને નાઈટ્રિક ઍસિડનું જલીય દ્રાવણ 2.32 pH ધરાવે છે. આ દ્રાવણનું કદ પાણી ઉમેરીને મૂળ કદ કરતાં 8 ગણું કરવામાં આવે તો મળતા મંદ દ્રાવણની pH કેટલી થશે ?

ઉકેલ : અહીં, નાઈટ્રિક ઍસિડના જલીય દ્રાવણની pH 2.32 છે.

$$pH = 2.32$$

$$\therefore \quad -\log_{10}[H_3O^+] = 2.32$$

$$\therefore \quad \log_{10}[H_3O^+] = -2.32$$

$$\therefore \quad \log_{10}[H_3O^+] = 3 - 2.32 - 3$$

$$\therefore \quad \log_{10}[H_3O^+] = 0.68 - 3$$

$$\therefore \quad \log_{10}[H_3O^+] = \bar{3}.68$$

$$\therefore \quad [H_3O^+] = \text{antilog } (\bar{3}.68)$$

$$= 0.4786 \times 10^{-2}\ M$$

જ્યારે નાઈટ્રિક ઍસિડના જલીય દ્રાવણમાં પાણી ઉમેરીને દ્રાવણનું કદ મૂળ કદ કરતાં 8 ગણું વધારવામાં આવે છે ત્યારે દ્રાવણની સાંદ્રતા 8 ગણી ઘટે છે. એટલે કે નાઈટ્રિક ઍસિડના જલીય દ્રાવણમાં H_3O^+ની સાંદ્રતા પણ 8 ગણી ઘટે છે.

$\therefore$ નાઈટ્રિક ઍસિડના મંદ જલીય દ્રાવણમાં $[H_3O^+]$ ની સાંદ્રતા $= \dfrac{0.478 \times 10^{-2}\ M}{8}$

$$= 0.0598 \times 10^{-2}\ M$$

$$= 5.98 \times 10^{-4}\ M$$

હવે, $pH = -\log_{10}[H_3O^+]$

$$= -\log_{10}(5.98 \times 10^{-4})$$

$$= -\log_{10}(5.98) + 4 \log_{10}10$$

$$= -0.7767 + 4$$

$$= 3.2233$$

$$= 3.22$$

$$\therefore pH = 3.22$$

આમ, નાઈટ્રિક ઍસિડના મંદ દ્રાવણની pH 3.22 થશે.

7.8 તટસ્થીકરણ (Neutralisation)

ઍસિડની બેઇઝ સાથે અથવા બેઇઝની ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયાથી ક્ષાર અને પાણી બને છે. આ પ્રક્રિયાને તટસ્થીકરણ પ્રક્રિયા કહે છે. આ પ્રક્રિયા આધારિત પ્રયોગની મદદથી ઍસિડ અથવા બેઇઝની અજ્ઞાત સાંદ્રતા જાણી શકાય છે. તે પ્રયોગને તટસ્થીકરણ

અનુમાપન કહે છે. તેનો સામાન્ય અભ્યાસ આપણે અગાઉનાં ધોરણોમાં કરેલો છે, જ્યારે ઊંડાણમાં અભ્યાસ પછીનાં ધોરણોમાં પ્રયોગ દ્વારા કરીશું. હવે આપણે કેટલીક ઍસિડ અને બેઇઝ વચ્ચેની તટસ્થીકરણ પ્રક્રિયાઓનો અભ્યાસ કરીએ.

(1) $HCl(aq)$ + $NaOH(aq)$ → $NaCl(aq)$ + $H_2O(l)$
પ્રબળ ઍસિડ — પ્રબળ બેઇઝ — ક્ષાર — પાણી

(2) $HNO_3(aq)$ + $KOH(aq)$ → $KNO_3(aq)$ + $H_2O(l)$
પ્રબળ ઍસિડ — પ્રબળ બેઇઝ — ક્ષાર — પાણી

(3) $H_2CO_3(aq)$ + $2NaOH(aq)$ → $Na_2CO_3(aq)$ + $2H_2O(l)$
નિર્બળ ઍસિડ — પ્રબળ બેઇઝ — ક્ષાર — પાણી

(4) $CH_3COOH(aq)$ + $NaOH(aq)$ → $CH_3COONa(aq)$ + $2H_2O(l)$
નિર્બળ ઍસિડ — પ્રબળ બેઇઝ — ક્ષાર — પાણી

(5) $HCl(aq)$ + $NH_4OH(aq)$ → $NH_4Cl(aq)$ + $H_2O(l)$
પ્રબળ ઍસિડ — નિર્બળ બેઇઝ — ક્ષાર — પાણી

(6) $HNO_3(aq)$ + $NH_4OH(aq)$ → $NH_4NO_3(aq)$ + $H_2O(l)$
પ્રબળ ઍસિડ — નિર્બળ બેઇઝ — ક્ષાર — પાણી

(7) $CH_3COOH(aq)$ + $NH_4OH(aq)$ → $CH_3COONH_4(aq)$ + $H_2O(l)$
નિર્બળ ઍસિડ — નિર્બળ બેઇઝ — ક્ષાર — પાણી

(8) $H_2CO_3(aq)$ + $2NH_4OH(aq)$ → $(NH_4)_2CO_3(aq)$ + $2H_2O(l)$
નિર્બળ ઍસિડ — નિર્બળ બેઇઝ — ક્ષાર — પાણી

શું આ બધી પ્રક્રિયાઓ દરમિયાન ઉત્પન્ન થતાં બધા ક્ષારની pH 7 એટલે તટસ્થ હશે ? ના. પ્રક્રિયા (3) અને (4) થી ઉત્પન્ન થતાં ક્ષાર Na_2CO_3 અને CH_3COONaના જલીય દ્રાવણની pH 7 કરતાં વધુ હોય છે, કારણ કે આ ક્ષાર પાણીમાં જળવિભાજન પામી OH^- ઉત્પન્ન કરે છે.

(9) $Na_2CO_3(aq) \xrightarrow{\text{આયનીકરણ}} 2Na^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$

$CO_3^{2-}(aq) + H_2O(l) \xrightarrow{\text{જળવિભાજન}} HCO_3^-(aq) + OH^-(aq)$

(10) $CH_3COONa\ (aq) \xrightarrow{\text{આયનીકરણ}} CH_3COO^-(aq) + Na^+(aq)$

$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) \xrightarrow{\text{જળવિભાજન}} CH_3COOH(aq) + OH^-(aq)$

આમ, નિર્બળ ઍસિડ અને પ્રબળ બેઇઝના તટસ્થીકરણથી ઉત્પન્ન થતાં ક્ષારના જલીય દ્રાવણ બેઝિક સ્વભાવ ધરાવે છે. પ્રક્રિયા (5) અને (6)થી ઉત્પન્ન થતાં ક્ષાર NH_4Cl અને NH_4NO_3ના જલીય દ્રાવણની pH 7 કરતાં ઓછી હોય છે, કારણ કે આ ક્ષાર પાણીમાં જળવિભાજન પામી H_3O^+ ઉત્પન્ન કરે છે.

(11) $NH_4Cl(aq) \xrightarrow{\text{આયનીકરણ}} NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$

$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \xrightarrow{\text{જળવિભાજન}} NH_3(aq) + H_3O^+(aq)$

(12) $NH_4NO_3(aq) \xrightarrow{\text{આયનીકરણ}} NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$

$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \xrightarrow{\text{જળવિભાજન}} NH_3(aq) + H_3O^+(aq)$

આમ, નિર્બળ બેઇઝ અને પ્રબળ ઍસિડના તટસ્થીકરણથી ઉત્પન્ન થતાં ક્ષારના જલીય દ્રાવણ ઍસિડિક સ્વભાવ ધરાવે છે. પ્રક્રિયા (1) અને (2)થી ઉત્પન્ન થતાં ક્ષાર NaCl અને KNO_3ના જલીય દ્રાવણની pH 7 હોય છે, કારણ કે આ ક્ષાર પ્રક્રિયા (3) થી (6) દરમિયાન ઉત્પન્ન થતાં ક્ષારની જેમ જળવિભાજન પામતા નથી. આમ, પ્રબળ ઍસિડ અને પ્રબળ બેઇઝના તટસ્થીકરણથી ઉત્પન્ન થતાં ક્ષારના જલીય દ્રાવણ તટસ્થ સ્વભાવ ધરાવે છે.

પ્રક્રિયા (7) અને (8)થી ઉત્પન્ન થતાં ક્ષાર CH_3COONH_4 અને $(NH_4)_2CO_3$ ના જલીય દ્રાવણની pH અનુક્રમે 7 અને 7થી સહેજ વધુ હોય છે. આ પ્રકારના ક્ષારના જલીય દ્રાવણની pH ક્યારેક 7થી સહેજ ઓછી પણ જોવા મળે છે. જો ઍસિડ અને બેઇઝ બંને એકસરખા નિર્બળ હોય તો તેમના તટસ્થીકરણથી ઉત્પન્ન થતાં ક્ષારનું જલીય દ્રાવણ તટસ્થ હોય, નહિ તો તેમની નિર્બળતાના તફાવત પ્રમાણે તટસ્થને બદલે સહેજ ઍસિડિક કે સહેજ બેઝિક હોય છે.

તટસ્થીકરણ દરમિયાન ઉત્પન્ન થતાં ક્ષારના જલીય દ્રાવણના સ્વભાવ અંગે કરેલી ચર્ચાને ટૂંકમાં કોષ્ટક 7.7માં રજૂ કરેલ છે.

કોષ્ટક 7.7 : તટસ્થીકરણ દરમિયાન ઉત્પન્ન થતાં ક્ષારના જલીય દ્રાવણના સ્વભાવ

ઍસિડ	બેઇઝ	ઉત્પન્ન થતાં ક્ષારના ઉદાહરણ	ક્ષારના જલીય દ્રાવણનો સ્વભાવ
પ્રબળ	પ્રબળ	NaCl, KNO_3	તટસ્થ
પ્રબળ	નિર્બળ	NH_4Cl, NH_4NO_3	ઍસિડિક
નિર્બળ	પ્રબળ	Na_2CO_3, CH_3COONa	બેઝિક
નિર્બળ	નિર્બળ	CH_3COONH_4, $(NH_4)_2CO_3$	તટસ્થ કે સહેજ ઍસિડિક કે સહેજ બેઝિક

તમે ઇચ્છો તો તમારી પ્રયોગશાળામાં કોષ્ટક 7.7માં દર્શાવેલ ક્ષારના નિસ્યંદિત પાણીમાં જલીય દ્રાવણ બનાવી, તેમના સ્વભાવની ચકાસણી લિટમસ પેપર, pH પેપર કે સાર્વત્રિક સૂચકની મદદથી કરી શકો છો.

7.9 ક્ષાર (Salt)

કુદરતમાં વિપુલ પ્રમાણમાં ક્ષાર મળી આવે છે. પૃથ્વીના આવરણ સ્વરૂપે રહેલા ખનિજ દ્રવ્યો (minerals) અને ખડકો (rocks) પ્રત્યક્ષ અથવા પરોક્ષ રીતે ક્ષાર છે. રોજિંદા જીવનમાં વપરાતુ મીઠું (NaCl), ખાવાના સોડા ($NaHCO_3$) અને ધોવાના સોડા ($Na_2CO_3.10H_2O$) ક્ષાર છે. પ્રયોગશાળામાં જોવા મળતાં પદાર્થો જેવાં કે સોડિયમ ક્લોરાઇડ (NaCl), સોડિયમ સલ્ફેટ (Na_2SO_4), એમોનિયમ ક્લોરાઇડ (NH_4Cl), કેલ્શિયમ ક્લોરાઇડ ($CaCl_2$), કેલ્શિયમ સલ્ફેટ ($CaSO_4$), બેરિયમ સલ્ફેટ ($BaSO_4$), પોટૅશિયમ સલ્ફેટ (K_2SO_4), સિલ્વર નાઇટ્રેટ ($AgNO_3$), સિલ્વર ક્લોરાઇડ (AgCl), બેરિયમ ક્લોરાઇડ ($BaCl_2$) વગેરે પણ ક્ષારનાં ઉદાહરણો છે. પ્રયોગશાળામાં ઍસિડની બેઇઝ અથવા બેઇઝની ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરી ક્ષાર બનાવી શકાય છે. ઍસિડ અને બેઇઝની જેમ ક્ષાર પણ રાસાયણિક ગુણધર્મો ધરાવે છે.

ક્ષારના રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties of Salts) :

(1) **ક્ષારની ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા :** ક્ષાર કેટલાક ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરી અન્ય ક્ષાર અને ઍસિડ બનાવે છે.

	ક્ષાર	+	ઍસિડ	$\rightarrow$	અન્ય ક્ષાર	+	અન્ય ઍસિડ
દા.ત.,	$BaCl_2(aq)$	+	$H_2SO_4(aq)$	$\rightarrow$	$BaSO_4(s)$	+	$2HCl(aq)$
	$AgNO_3(aq)$	+	$HCl(aq)$	$\rightarrow$	$AgCl(s)$	+	$HNO_3(aq)$

(2) **ક્ષારની બેઇઝ સાથે પ્રક્રિયા :** ક્ષાર કેટલાક બેઇઝ સાથે પ્રક્રિયા કરી અન્ય ક્ષાર અને બેઇઝ બનાવે છે.

	ક્ષાર	+	બેઇઝ	$\rightarrow$	અન્ય ક્ષાર	+	અન્ય બેઇઝ
દા.ત.,	$Na_2SO_4(aq)$	+	$Ba(OH)_2(aq)$	$\rightarrow$	$BaSO_4(s)$	+	$2NaOH(aq)$
	$K_2SO_4(aq)$	+	$Ca(OH)_2(aq)$	$\rightarrow$	$CaSO_4(s)$	+	$2KOH(aq)$

(3) **ક્ષારની અન્ય ક્ષાર સાથે પ્રક્રિયા :** ક્ષારની અન્ય ક્ષાર સાથે પ્રક્રિયા થઈ નવા ક્ષાર બને છે.

	ક્ષાર	+	અન્ય ક્ષાર	$\rightarrow$	નવો ક્ષાર	+	નવો ક્ષાર
દા.ત.,	$AgNO_3(aq)$	+	$NaCl(aq)$	$\rightarrow$	$AgCl(s)$	+	$NaNO_3(aq)$
	$CaCl_2(aq)$	+	$Na_2SO_4(aq)$	$\rightarrow$	$CaSO_4(s)$	+	$2NaCl(aq)$

ક્ષારના આ ત્રણેય ગુણધર્મોની ચકાસણી તમે પ્રયોગશાળામાં કરી શકશો.

તમે શું શીખ્યા ?

- આશરે ત્રણસો વર્ષ પહેલાં રૉબર્ટ બૉઇલે (Robert Boyle) રાસાયણિક ગુણધર્મોને આધારે ઍસિડ-બેઇઝની વ્યાખ્યા કરી હતી. આ પ્રકારની વ્યાખ્યાને સંક્રિયાત્મક (operational) અથવા જૂની વ્યાખ્યા કહે છે.
- **ઍસિડ-બેઇઝ અંગેના આધુનિક ખ્યાલ :**

  (1) **આર્હેનિયસનો ઍસિડ-બેઇઝ સિદ્ધાંત :** "ઍસિડ, હાઇડ્રોજન ધરાવતું એવું સંયોજન છે કે જે તેના જલીય દ્રાવણમાં હાઇડ્રોજન આયન (H^+) ઉત્પન્ન કરે છે અને બેઇઝ, હાઇડ્રૉક્સાઇડ ધરાવતું એવું સંયોજન છે કે જે તેના જલીય દ્રાવણમાં હાઇડ્રૉક્સાઇડ આયન (OH^-) ઉત્પન્ન કરે છે." આમ, આ સિદ્ધાંતના પાયામાં આયનીકરણનો ખ્યાલ સમાયેલ છે.

  (2) **બ્રૉન્સ્ટેડ-લૉરી ઍસિડ-બેઇઝ સિદ્ધાંત :** "જે પદાર્થ, અન્ય પદાર્થને પ્રોટોન (H^+) નું દાન કરી શકે છે તેને બ્રૉન્સ્ટેડ-લૉરી ઍસિડ કહે છે. જે પદાર્થ, અન્ય પદાર્થ પાસેથી પ્રોટોન (H^+) સ્વીકારી શકે છે તેને બ્રૉન્સ્ટેડ-લૉરી બેઇઝ કહે છે." આમ, આ સિદ્ધાંતના પાયામાં પ્રોટોન હેરફેરનો ખ્યાલ સમાયેલો છે.
- **ઍસિડ અને બેઇઝ શેમાંથી અને કેવી રીતે બને છે ?**

  (1) અધાતુ ઑક્સાઇડ + પાણી $\rightarrow$ ઍસિડ

  (2) ધાતુ ઑક્સાઇડ + પાણી $\rightarrow$ બેઇઝ
- **ઍસિડના રાસાયણિક ગુણધર્મો**

  (1) ઍસિડ + ધાતુ $\rightarrow$ ક્ષાર + ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ

  (2) ઍસિડ + બેઇઝ $\rightarrow$ ક્ષાર + પાણી

  (3) ઍસિડ + ધાતુ ઑક્સાઇડ $\rightarrow$ ક્ષાર + પાણી

  (4) ઍસિડ + ધાતુ કાર્બોનેટ / ધાતુ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ $\rightarrow$ ક્ષાર + પાણી + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ

- **બેઇઝના રાસાયણિક ગુણધર્મો**

(1) બેઇઝ + ઍસિડ → ક્ષાર + પાણી

(2) બેઇઝ + અધાતુ ઑક્સાઇડ → ક્ષાર + પાણી

(3) બેઇઝ + ધાતુ + પાણી → ક્ષાર + ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ

ઍસિડ, બેઇઝ અને ક્ષારના જલીય દ્રાવણની સાંદ્રતાને સામાન્ય રીતે મોલારિટીમાં દર્શાવાય છે. દ્રાવણની મોલારિટી એટલે મોલ લિટર$^{-1}$ સાંદ્રતા. 1 લિટર દ્રાવણમાં 1 મોલ દ્રાવ્ય ઓગળેલો હોય તો તે દ્રાવણની સાંદ્રતા 1 મોલારિટી છે એમ કહેવાય. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો 1 લિટર દ્રાવણમાં દ્રાવ્યનો ગ્રામઆણ્વિયદળ જેટલો જથ્થો ઓગળેલો હોય તો તે દ્રાવણની સાંદ્રતા 1 મોલારિટી (1 મોલર અથવા 1 M) છે તેમ કહેવાય.

1909માં ડેન્માર્કના જૈવરસાયણવિજ્ઞાની એસ.પી. એલ. સોરેન્સને (S.P.L. Sorensen) જલીય દ્રાવણમાં હાઇડ્રોનિયમ આયનની સાંદ્રતા દર્શાવવાની વધુ સરળ અને અનુકૂળ રીત સૂચવી, જે pH માપક્રમ તરીકે ઓળખાય છે.

- $pH = -\log_{10}[H_3O^+]$
- $pOH = -\log_{10}[OH^-]$
- $pH + pOH = 14$
- ઍસિડિક જલીય દ્રાવણ માટે $[H_3O^+] > 10^{-7}$ M અને $pH < 7$ તથા $[H_3O^+]$ વધે તેમ pH ઘટે છે.
- બેઝિક જલીય દ્રાવણ માટે $[OH^-] > 10^{-7}$ M, $pOH < 7$ અને $pH > 7$ તથા $[OH^-]$ વધે તેમ pOH ઘટે છે પણ pH વધે છે.
- તટસ્થ જલીય દ્રાવણ માટે $[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ M અને $pH = 7$
- pH માપક્રમ 0 થી 14 સુધી વિસ્તરેલો છે.
- pH માપક્રમ માત્ર જલીય દ્રાવણોને જ લાગુ પડે છે.
- pH માપક્રમ હાઇડ્રોનિયમ આયનની 1 Mથી ઓછી સાંદ્રતા ધરાવતા જલીય દ્રાવણોને જ લાગુ પડે છે.
- જલીય દ્રાવણનો અંદાજિત pH ગાળો માપવા માટે લિટમસ પેપર, અંદાજિત pH માપવા માટે pH પેપરનો અથવા સાર્વત્રિક સૂચકનો અને ચોક્કસ pH માપવા માટે pH મીટરનો ઉપયોગ થાય છે.
- બે ઍસિડિક જલીય દ્રાવણોની pH વચ્ચેનો તફાવત x હોય તો, ઓછી pH વાળું દ્રાવણ, વધુ pHવાળા દ્રાવણ કરતાં H_3O^+ ની સાંદ્રતા 10^x અથવા antilog x ગણી વધારે ધરાવે છે. એટલે કે, તે દ્રાવણ 10^x અથવા antilog x ગણું વધુ ઍસિડિક હોય છે.
- બે બેઝિક જલીય દ્રાવણોની pH વચ્ચેનો તફાવત x હોય તો, વધુ pHવાળું દ્રાવણ, ઓછી pHવાળા દ્રાવણ કરતાં OH^-ની સાંદ્રતા 10^x અથવા antilog x ગણી વધારે ધરાવે છે. એટલે કે, તે દ્રાવણ 10^x અથવા antilog x ગણું વધુ બેઝિક હોય છે.
- જે ઍસિડ કે બેઇઝ પદાર્થોને પાણીમાં ઓગાળતાં તેનું સંપૂર્ણ આયનીકરણ થાય તો તેને પ્રબળ ઍસિડ કે પ્રબળ બેઇઝ અને જો આંશિક અથવા અપૂર્ણ આયનીકરણ થાય તો તેને નિર્બળ ઍસિડ કે નિર્બળ બેઇઝ કહે છે.
- **પ્રબળ ઍસિડ :** HCl, HNO_3, H_2SO_4

- નિર્બળ ઍસિડ : ઍસિટિક ઍસિડ, લૅક્ટિક ઍસિડ, સાઇટ્રિક ઍસિડ, ટાર્ટરિક ઍસિડ, ઑક્ઝેલિક ઍસિડ
- પ્રબળ બેઇઝ : NaOH, KOH
- નિર્બળ બેઇઝ : NH_4OH, $Ca(OH)_2$

ઍસિડની બેઇઝ સાથે અથવા બેઇઝની ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયાથી ક્ષાર અને પાણી બને છે. આ પ્રક્રિયાને તટસ્થીકરણ પ્રક્રિયા કહે છે.

ઍસિડનો પ્રકાર	બેઇઝનો પ્રકાર	ઉત્પન્ન થતાં ક્ષારના ઉદાહરણ	ક્ષારના જલીય દ્રાવણની pH અને તેનો સ્વભાવ
પ્રબળ	પ્રબળ	NaCl, KNO_3	pH = 7 (તટસ્થ)
પ્રબળ	નિર્બળ	NH_4Cl, NH_4NO_3	pH < 7 (ઍસિડિક)
નિર્બળ	પ્રબળ	Na_2CO_3, CH_3COONa	pH > 7 (બેઝિક)
નિર્બળ	નિર્બળ	CH_3COONH_4, $(NH_4)_2CO_3$	pH = 7 કે 7 થી થોડી વધુ કે 7 થી થોડી ઓછી (તટસ્થ કે સહેજ ઍસિડિક કે સહેજ બેઝિક)

- ક્ષારના રાસાયણિક ગુણધર્મો :

(1) ક્ષાર + ઍસિડ → અન્ય ક્ષાર + અન્ય ઍસિડ

(2) ક્ષાર + બેઇઝ → અન્ય ક્ષાર + અન્ય બેઇઝ

(3) ક્ષાર + અન્ય ક્ષાર → નવો ક્ષાર + નવો ક્ષાર

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) અધાતુના ઑક્સાઇડની પાણી સાથે પ્રક્રિયા થઈ શું બને છે ?

(A) ઍસિડ (B) બેઇઝ (C) ક્ષાર (D) ધાતુ

(2) ઍસિડ + ધાતુ ઑક્સાઇડ → ?

(A) બેઇઝ + પાણી (B) ક્ષાર + પાણી (C) બેઇઝ + ક્ષાર (D) ધાતુ + ક્ષાર

(3) બેઇઝની ધાતુ સાથે પ્રક્રિયા થઈ કયો વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે ?

(A) કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (B) ડાયઑક્સિજન (C) ડાયહાઇડ્રોજન (D) ડાયનાઇટ્રોજન

(4) HClનાં 2 મોલને પાણીમાં ઓગાળીને 500 મિલિ જલીય દ્રાવણ બનાવેલું છે. આ દ્રાવણની મોલારિટી કેટલી થશે ?

(A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4

(5) ઍસિડિક જલીય દ્રાવણ માટે કયું સાચું છે ?

(A) $[H_3O^+] = 10^{-7}$ M (B) $[H_3O^+] < 10^{-7}$M

(C) $[H_3O^+] > 10^{-7}$ M (D) $[H_3O^+] < [OH^-]$

(6) નીચેના પૈકી કયું દ્રાવણ સૌથી વધુ બેઝિક છે ?

(A) pH = 8.2 (B) pH = 9.3 (C) pH = 11.5 (D) pH = 10.6

(7) કયું વિધાન ખોટું છે ?

(A) pH માપક્રમ એસ.પી.એલ. સોરેન્સને રજૂ કર્યો હતો.

(B) pH માપક્રમ 0થી 14 આંક સુધી વિસ્તરેલો છે.

(C) pH માપક્રમ માત્ર બિનજલીય દ્રાવણોને જ લાગુ પડે છે.

(D) pH માપક્રમ માત્ર જલીય દ્રાવણોને જ લાગુ પડે છે.

(8) જલીય દ્રાવણની ચોક્કસ pH શેનાથી માપી શકાય છે ?

(A) pH પેપર (B) લિટમસપેપર (C) pH મીટર (D) સાર્વત્રિક સૂચક

(9) નીચેના પૈકી કયો પદાર્થ પ્રતિએસિડ છે ?

(A) NaCl (B) $Mg(OH)_2$ (C) HCl (D) H_2SO_4

(10) 11 pHવાળા જલીય દ્રાવણ કરતાં 8 pH વાળું જલીય દ્રાવણ કેટલાગણું ઓછું બેઝિક હશે ?

(A) 3 (B) 30 (C) 300 (D) 1000

(11) નીચેના પૈકી કયો એસિડ પ્રબળ છે ?

(A) એસિટિક એસિડ (B) સાઇટ્રિક એસિડ (C) નાઇટ્રિક એસિડ (D) ઑક્ઝેલિક એસિડ

(12) NH_3 કેવા પ્રકારનો પદાર્થ છે ?

(A) પ્રબળ એસિડ (B) નિર્બળ એસિડ (C) પ્રબળ બેઇઝ (D) નિર્બળ બેઇઝ

(13) pH + pOH = ?

(A) 7 (B) 0 (C) 14 (D) 10

(14) કયું સૂત્ર સાચું છે ?

(A) $\text{મોલ} = \frac{\text{આણ્વિયદળ}}{\text{વજન}}$ (B) $\text{મોલ} = \frac{\text{વજન}}{\text{આણ્વિયદળ}}$ (C) $\text{મોલ} = \frac{\text{વજન}}{\text{લિટર}}$ (D) $\text{મોલ} = \frac{\text{આણ્વિયદળ}}{\text{લિટર}}$

(15) NH_4Clના જલીય દ્રાવણની pH કેટલી હશે ?

(A) pH = 7 (B) pH > 7 (C) pH < 7 (D) pH = 0

(16) નીચેના પૈકી ક્યા જલીય દ્રાવણની pH = 2 થશે ?

(A) 0.01 M HCl (B) 0.02 M HCl (C) 0.01M H_2SO_4 (D) 0.02M H_2SO_4

(17) 8 pH વાળા જલીય દ્રાવણમાં OH^- ની સાંદ્રતા કેટલી હશે ?

(A) 1×10^{-8} M (B) 1×10^{-6} M (C) 8×10^{-6} M (D) 8×10^{-8} M

(18) જો જલીય દ્રાવણો A, B, C અને Dની pH અનુક્રમે 1.9, 2.5, 2.1 અને 3.0 હોય તો એસિડિક્તાનો ક્રમ શું થશે ?

(A) A < C < B < D (B) D < C < B < A (C) D < B < C < A (D) D > C > B > A

(19) કયું દ્રાવણ બેઝિક હશે ?

(A) $[H_3O^+] = 10^{-5}$ M (B) $[H_3O^+] = 10^{-12}$ M

(C) $[H_3O^+] = 10^{-7}$M (D) $[H_3O^+] = 10^{-4}$ M

(20) મધમાખીના વિષમાં કયો પદાર્થ હોય છે ?

(A) લાઇમ (B) કેલ્શિયમ ફોસ્ફેટ (C) મેલિટીન (D) પેપ્સીન

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર લખો :

(1) આર્હેનિયસ ઍસિડ અને બેઇઝનાં બે નામ લખો.

(2) ઍસિડની ધાતુ સાથેની પ્રક્રિયાની નીપજો લખો.

(3) દ્રાવણની સાંદ્રતા દર્શાવવાની ચાર રીતોનાં નામ લખો.

(4) pH માપક્રમ કયા વૈજ્ઞાનિકે રજૂ કર્યો ? pHનું સૂત્ર લખો.

(5) જલીય દ્રાવણની અંદાજિત pH માપવાની બે રીતોનાં નામ લખો.

(6) બે પ્રબળ ઍસિડ અને બે પ્રબળ બેઇઝનાં નામ લખો.

(7) બે નિર્બળ ઍસિડ અને બે નિર્બળ બેઇઝનાં નામ લખો.

(8) વ્યાખ્યા આપો :

(i) આર્હેનિયસ ઍસિડ (ii) આર્હેનિયસ બેઇઝ (iii) બ્રૉન્સ્ટેડ-લૉરી ઍસિડ

(iv) બ્રૉન્સ્ટેડ-લૉરી બેઇઝ (v) દ્રાવણની સાંદ્રતા (vi) દ્રાવણની pH

(vii) દ્રાવણનો pOH (viii) પ્રબળ ઍસિડ (ix) નિર્બળ ઍસિડ

(x) પ્રબળ બેઇઝ (xi) નિર્બળ બેઇઝ (xii) તટસ્થીકરણ પ્રક્રિયા

(xiii) 1 M સાંદ્રતા

(9) નીચેની પ્રક્રિયાઓની નીપજોનાં સૂત્રો, નામ અને ભૌતિકસ્થિતિ દર્શાવો :

(i) $CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow$ (ii) $Li_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow$

(iii) $H_2SO_4(aq) + 2KOH(aq) \rightarrow$ (iv) $2HCl(aq) + Ca(s) \rightarrow$

(v) $2HNO_3(aq) + CaO(s) \rightarrow$ (vi) $2HCl(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow$

(vii) $NaOH(aq) + HCl(aq) \rightarrow$ (viii) $BaCl_2(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow$

(ix) $Ca(OH)_2(aq) + CO_2(g) \rightarrow$ (x) $HNO_3(aq) + NH_4OH(aq) \rightarrow$

(xi) $Na_2SO_4(aq) + Ba(OH)_2(aq) \rightarrow$ (xii) $AgNO_3(aq) + NaCl(aq) \rightarrow$

3. (A) નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર લખો :

(1) ઍસિડના બે રાસાયણિક ગુણધર્મો લખો.

(2) બેઇઝના બે રાસાયણિક ગુણધર્મો લખો.

(3) ક્ષારના બે રાસાયણિક ગુણધર્મો લખો.

(4) pH + pOH = 14 તારવો.

(5) ખોરાકના પાચનમાં pHનું મહત્ત્વ સમજાવો.

(6) તટસ્થીકરણ પ્રક્રિયાના ચાર રાસાયણિક સમીકરણો લખો.

(B) નીચેના દાખલા ગણો :

(1) H_3O^+ની સાંદ્રતા 7.9×10^{-11} M હોય તેવા જલીય દ્રાવણની pH ગણો. આ જલીય દ્રાવણ ઍસિડિક, બેઝિક કે તટસ્થ પૈકી કયો સ્વભાવ ધરાવતું હશે ?

(2) 0.00424 M KOHના જલીય દ્રાવણની pH ગણો.

(3) 8 pHવાળા બેઝિક જલીય દ્રાવણ કરતાં 11.9 pHવાળું બેઝિક જલીય દ્રાવણ OH^-ની કેટલા ગણી વધુ સાંદ્રતા ધરાવશે ?

(4) તમે 500 મિલિ 0.2 M H_2SO_4નું જલીય દ્રાવણ કેવી રીતે બનાવશો ?

(5) તમે 125 મિલિ 0.03 M KOHનું જલીય દ્રાવણ કેવી રીતે બનાવશો ?

4. (A) નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :

(1) આર્હેનિયસનો ઍસિડ-બેઇઝ સિદ્ધાંત ઉદાહરણ આપી સમજાવો. આ સિદ્ધાંતની મર્યાદા જણાવો.

(2) બ્રોન્સ્ટેડ-લૉરી ઍસિડ-બેઇઝ સિદ્ધાંત ચર્ચો.

(3) જલીય દ્રાવણની pH માપવાની રીતો ચર્ચો.

(B) નીચેના દાખલા ગણો :

(1) જલીય દ્રાવણ Aમાં $[OH^-] = 4.3 \times 10^{-4}$ M છે. જલીય દ્રાવણ Bમાં $[H_3O^+] = 7.3 \times 10^{-10}$ M છે, તો કયા જલીય દ્રાવણની pH ઓછી હશે ? કયું દ્રાવણ વધુ બેઝિક હશે ?

(2) pHનું મૂલ્ય 9.3 હોય તેવા જલીય દ્રાવણમાં રહેલા OH^-ની સાંદ્રતા ગણો.

(3) 8 ગ્રામ NaOHને પાણીમાં ઓગાળી 5 લિટર જલીય દ્રાવણ બનાવેલું છે. આ દ્રાવણની pH શોધો.

5. (A) નીચેના પ્રશ્નોના મુદ્દાસર ઉત્તર લખો :

(1) pH માપક્રમના સંદર્ભમાં,

(i) pH અને pOHનું સૂત્ર લખો.

(ii) ઍસિડિક, બેઝિક અને તટસ્થ જલીય દ્રાવણની pH તથા તેમાં રહેલ H_3O^+ કે OH^-ની સાંદ્રતા જણાવો.

(iii) pH માપક્રમની મર્યાદાઓ જણાવો.

(2) રોજિંદા જીવનમાં pHનું મહત્ત્વ સમજાવો.

(3) 'નિર્બળ ઍસિડ અને પ્રબળ બેઇઝના તટસ્થીકરણથી ઉત્પન્ન થતાં ક્ષારનું જલીય દ્રાવણ બેઝિક સ્વભાવ ધરાવે છે જ્યારે નિર્બળ બેઇઝ અને પ્રબળ ઍસિડના તટસ્થીકરણથી ઉત્પન્ન થતાં ક્ષારનું જલીય દ્રાવણ ઍસિડિક સ્વભાવ ધરાવે છે.' સમજાવો.

(B) નીચેના દાખલા ગણો :

(1) 298 K તાપમાને પોટૅશિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડનું જલીય દ્રાવણ 11.65 pH ધરાવે છે. આ દ્રાવણનું કદ પાણી ઉમેરીને મૂળ કદ કરતાં 6 ગણું કરવામાં આવે તો મળતા મંદ દ્રાવણની pH કેટલી થાય ?

(2) HNO_3ના જલીય દ્રાવણની સાંદ્રતા 0.03 Mથી વધારી 0.05 M કરવામાં આવે તો pHના મૂલ્યમાં કેટલો ફેર પડશે ?

એકમ

8

ધાતુઓ (Metals)

8.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

ધોરણ 9માં શીખ્યા તેમ અત્યાર સુધીમાં 114 તત્ત્વો શોધાયા છે. આ તત્ત્વોને ધાતુ, અધાતુ અને અર્ધધાતુમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યા છે. તે પૈકીના મોટાભાગના તત્ત્વો ધાતુ છે. ધાતુ તેમના વ્યક્તિગત ગુણધર્મને કારણે અન્ય ધાતુઓથી જુદી પડે છે. જુદી જુદી ધાતુઓનો ઉપયોગ તેના ગુણધર્મોને આધારે જુદી જુદી જગ્યાએ થાય છે. જેમ કે ઍલ્યુમિનિયમ વજનમાં હલકી ધાતુ છે. તેમાંથી કાગળ જેવું પાતળુ અને મજબૂત પતરું બનાવી શકાય છે. વળી તેનું ક્ષારણ થતું નથી. તેથી ખાદ્યસામગ્રી અને ખાદ્યપદાર્થોના પેકિંગ માટે તથા ઠંડા પીણા ભરવાના પાત્ર તરીકે ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુ વપરાય છે. તાંબુ વિદ્યુતસુવાહક તથા તણાવપણાનો ગુણધર્મ ધરાવતું હોવાથી વીજપ્રવાહના વહન માટેના તાર બનાવવામાં ઉપયોગી છે. સોનુ, ચાંદી અને પ્લેટિનમ ધાતુઓ નિષ્ક્રિય તથા વધુ ચળકાટ ધરાવતી હોવાથી આભૂષણો બનાવવામાં વપરાય છે. પારા જેવી પ્રવાહી ધાતુ થર્મોમીટરમાં વપરાય છે. લેડ ધાતુ ઉદ્યોગોમાં ચીમનીની દીવાલની ફરતે પાણી રક્ષક (waterproof) સ્તર બનાવવામાં વપરાય છે. પાણીના વહન માટેની પાઇપ (નળી) બનાવવામાં તથા વિકિરણો સામે રક્ષણ મેળવવામાં લેડ ધાતુ વપરાય છે. આમ, સોનું, ચાંદી, તાંબુ, પ્લેટિનમ, ઍલ્યુમિનિયમ, પારો અને લેડ ધાતુઓના શુદ્ધ સ્વરૂપનો ઉપયોગ વિશેષ પ્રમાણમાં થાય છે. પરંતુ આપણી આસપાસ કેટલીક ચીજવસ્તુઓ એવી જોવા મળે છે કે જે એક કરતાં વધુ ધાતુઓની બનેલી હોય છે. જેમ કે સ્ટીલ, સ્ટેનલેસ સ્ટીલ, પિત્તળની ચીજવસ્તુઓ. તમારા ઘરમાં રહેલી ધાતુઓની ચીજવસ્તુઓની યાદી બનાવશો ત્યારે રોજિંદા જીવનમાં ધાતુઓનું મહત્ત્વ આપોઆપ તમને સમજાઈ જશે. આ એકમમાં આપણે ધાતુ તત્ત્વો વિશે ઊંડાણપૂર્વક અભ્યાસ કરીશું.

8.2 તત્ત્વોના ખજાના તરીકે પૃથ્વી (Earth as Treasure of Elements)

જુદા જુદા તત્ત્વો પૃથ્વીના નીચે જણાવેલ ત્રણ વિભાગોમાંથી પ્રત્યક્ષ અને પરોક્ષ રીતે મળે છે :

(1) મૃદાવરણ (Lithosphere) : પૃથ્વીનો આ વિભાગ રેતી, માટી અને પથ્થરનો બનેલો હોય છે. જેમાં ઍલ્યુમિનિયમ, કૉપર, આયર્ન, કેલ્શિયમ, સોડિયમ વગેરે ધાતુ તત્ત્વો ઑક્સાઇડ અથવા સલ્ફાઇડ સ્વરૂપે હોય છે.

(2) જલાવરણ (Hydrosphere) : પૃથ્વીના આ વિભાગમાં સમુદ્ર, નદી, સરોવરના પાણી અને ધ્રુવપ્રદેશના બરફનો સમાવેશ થાય છે. આ વિભાગમાં ક્લોરિન, ફ્લોરિન જેવી અધાતુઓ અને સોડિયમ, પોટૅશિયમ, મૅગ્નેશિયમ, કેલ્શિયમ વગેરે ધાતુઓ સંયોજિત સ્વરૂપે મળી આવે છે.

(3) વાતાવરણ (Atmosphere) : પૃથ્વીની આસપાસ આવેલા વાયુઓના આવરણને વાતાવરણ કહે છે. તેમાં મુખ્યત્વે નાઇટ્રોજન, ઑક્સિજન, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વગેરે અધાતુમય વાયુઓ હોય છે.

પૃથ્વીના પોપડા(earth's crust)માં જુદી જુદી ધાતુઓ વિશેષ પ્રમાણમાં રહેલી હોય છે. કેટલીક ધાતુઓ પૃથ્વીના પોપડામાંથી મુક્ત સ્વરૂપે મળે છે જ્યારે કેટલીક ધાતુઓ તેનાં સંયોજન સ્વરૂપે મળે છે. જે ધાતુઓની સક્રિયતા ઓછી હોય છે તેવી ધાતુઓ કુદરતમાં મુક્ત સ્વરૂપે મળે છે, તેમને ઉમદા ધાતુઓ કહે છે. દા.ત., સોનું, ચાંદી, પ્લેટિનમ વગેરે. જે ધાતુઓની સક્રિયતા વધુ હોય છે તેવી ધાતુઓ કુદરતમાં સંયોજન સ્વરૂપે મળે છે. દા.ત., પોટેશિયમ, સોડિયમ, કૅલ્શિયમ, મૅગ્નેશિયમ વગેરે. પૃથ્વીના પોપડામાંથી જે અકાર્બનિક તત્ત્વો કે સંયોજનો કુદરતી રીતે મળી આવે છે તેને ખનિજ (mineral) કહે છે. ખનિજમાં કોઈ ચોક્કસ ધાતુ વિશેષ પ્રમાણમાં હોય અને તે ધાતુનું નિષ્કર્ષણ કરવું ફાયદાકારક હોય તો આ ખનિજને તે ચોક્કસ ધાતુની કાચી ધાતુ (ore) કહે છે. કાચી ધાતુમાં અન્ય ધાતુઓની ખનિજ, માટી, રેતી વગેરે અશુદ્ધિઓ હોય છે. કાચી ધાતુ મુખ્યત્વે સિલિકેટ, કાર્બોનેટ, ઑક્સાઇડ, ફૉસ્ફેટ, સલ્ફાઇડ વગેરે સંયોજિત સ્વરૂપમાં હોય છે. ભારતમાં મળી આવતી મુખ્ય ખનીજો અને તેમના પ્રાપ્તિસ્થાન કોષ્ટક 8.1માં દર્શાવ્યા છે.

કોષ્ટક 8.1 : ધાતુઓ અને તેમની મુખ્ય ખનિજો

ધાતુનું નામ	ખનિજનું નામ	મુખ્ય ઘટકનું રાસાયણિક સૂત્ર	ભારતમાં પ્રાપ્તિસ્થાન
આયર્ન	હિમેટાઇટ મૅગ્નેટાઇટ સિડેરાઇટ આયર્ન પાઇરાઇટ્સ	Fe_2O_3 Fe_3O_4 $FeCO_3$ FeS_2	મધ્ય પ્રદેશ, તમિલનાડુ, ઓરિસ્સા, બિહાર, ગોવા
ઍલ્યુમિનિયમ	બૉક્સાઇટ	$Al_2O_3.2H_2O$	ગુજરાત, મહારાષ્ટ્ર, મધ્ય પ્રદેશ, બિહાર
કૉપર	ક્યુપ્રાઇટ કૉપર પાઇરાઇટ કૉપર ગ્લાન્સ મેલેકાઇટ	Cu_2O $CuFeS_2$ Cu_2S $Cu(OH)_2$	બિહાર, રાજસ્થાન
કૅલ્શિયમ	લાઇમ સ્ટોન ડોલોમાઇટ જિપ્સમ (ચિરોડી)	$CaCO_3$ $CaMg(CO_3)_2$ $CaSO_4.2H_2O$	ગુજરાત, રાજસ્થાન, મધ્ય પ્રદેશ
સિલ્વર	હૉર્ન સિલ્વર સિલ્વર ગ્લાન્સ	AgCl Ag_2S	બિહાર

8.3 ધાતુશાસ્ત્ર અથવા ધાતુકર્મવિધિ (Metallurgy)

કાચી ધાતુમાંથી ધાતુને છૂટી પાડી તેને વધુ ઉપયોગી બનાવવા માટે શુદ્ધ કરવી પડે છે. કાચી ધાતુમાંથી ધાતુ છૂટી પાડી તેને શુદ્ધ કરવાના શાસ્ત્રને ધાતુશાસ્ત્ર અથવા ધાતુકર્મવિધિ (Metallurgy) કહે છે. કાચી ધાતુમાંથી શુદ્ધ ધાતુ મેળવવાની પ્રક્રિયા પાંચ તબક્કામાં વહેંચાયેલી છે : (1) કાચી ધાતુમાંથી પાઉડર (2) કાચી ધાતુનું સંકેન્દ્રણ (3) ભૂંજન, કૅલ્શિનેશન અને પિગલન (4) રિડક્શન (5) ધાતુનું વિશુદ્ધીકરણ

(1) કાચી ધાતુમાંથી પાઉડર : કાચી ધાતુઓ જમીનમાંથી ખોદકામ દ્વારા મેળવવામાં આવે છે : જેમાં બીજી ધાતુઓના ખનિજ, માટી, રેતી વગેરે અશુદ્ધિઓ રહેલી હોય છે. આ કાચી ધાતુના મોટા ટુકડાઓને વિશિષ્ટ પ્રકારની મોટી ઘંટીમાં દળીને બારીક પાઉડર અથવા ભૂકો બનાવવામાં આવે છે.

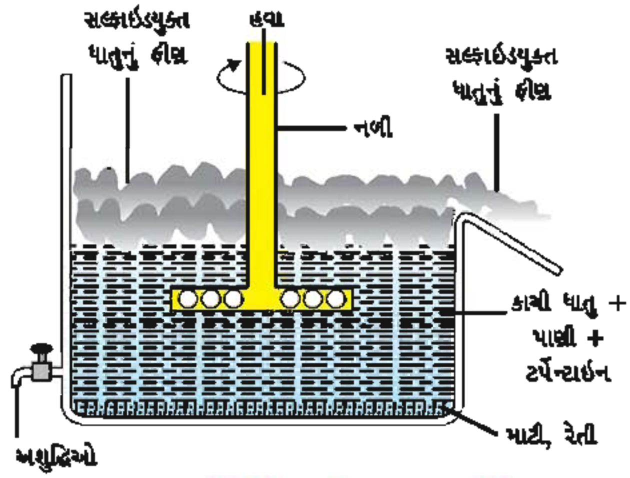
(2) કાચી ધાતુનું સંકેન્દ્રણ : કાચી ધાતુમાં રહેલી અશુદ્ધિઓના પ્રકાર અને તેના ટકાવાર પ્રમાણના આધારે તેનું સંકેન્દ્રણ

કરવામાં આવે છે. પરિણામે તેમાંથી મોટાભાગની અશુદ્ધિઓ દૂર થવાથી કાચી ધાતુનું પ્રમાણ વધે છે. આ ક્રિયાને કાચી ધાતુનું સંકેન્દ્રણ કહે છે. આ માટે –

(i) ઘનતાના તફાવતના આધારે સંકેન્દ્રણ અથવા સેન્ટ્રિફ્યુગેશન (ii) ફીણ-પ્લવન પદ્ધતિ અને (iii) ચુંબકીય અલગીકરણ પદ્ધતિઓ વપરાય છે.

(i) ઘનતાના તફાવતના આધારે સંકેન્દ્રણ અથવા સેન્ટ્રિફ્યુગેશન : જ્યારે કાચી ધાતુ અને તેમાંની અશુદ્ધિઓની ઘનતામાં મોટો તફાવત હોય ત્યારે આ પદ્ધતિ દ્વારા કાચી ધાતુનું સંકેન્દ્રણ કરી શકાય છે. આ પદ્ધતિમાં કાચી ધાતુના બારીક ભૂકાને ગોળ ફરતા ખાંચાવાળા ટેબલ પર મૂકીને ઝડપથી ફેરવવાથી હલકા કણો દૂર થાય છે. કાચી ધાતુના ભારે કણો કેન્દ્રગામી બળની અસરને કારણે ટેબલ ઉપર જ ખાંચામાં પડી રહે છે. આ પદ્ધતિને સેન્ટ્રિફ્યુગેશન કહે છે.

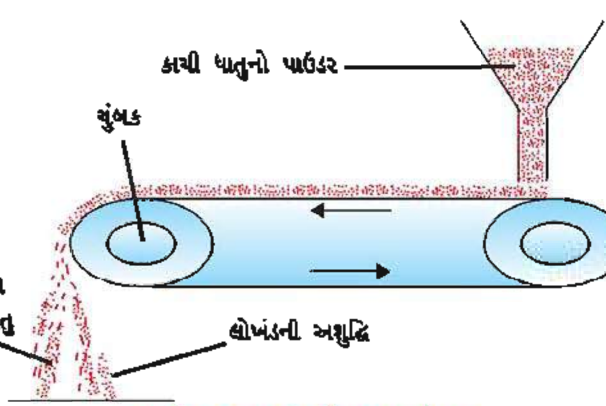
(ii) ફીણ-પ્લવન પદ્ધતિ : ફીણ-પ્લવન પદ્ધતિનો ઉપયોગ જે ધાતુની કાચી ધાતુઓ સલ્ફાઇડ સ્વરૂપે હોય તેવી કાચી ધાતુના સંકેન્દ્રણ માટે થાય છે. કૉપર, લેડ અને ઝિંક ધાતુની સલ્ફાઇડયુક્ત કાચી ધાતુનું સંકેન્દ્રણ આ પદ્ધતિથી કરી શકાય છે. આ પદ્ધતિમાં કાચી ધાતુનો બારીક ભૂકો અને પાણી એક મોટા પાત્રમાં ભરવામાં આવે છે. તેમાં પાઇન અથવા ટર્પેન્ટાઇન તેલ જેવા પદાર્થો ઉમેરવામાં આવે છે. કાચી ધાતુમાંના સલ્ફાઇડયુક્ત ધાતુના કણો ટર્પેન્ટાઇનથી ભીંજાઈને ચોંટી જાય છે, જ્યારે માટી, રેતીના કણો ટર્પેન્ટાઇનથી ભીંજાતા નથી. આ પ્રવાહી મિશ્રણમાં આકૃતિ 8.1માં દર્શાવ્યા મુજબ એક નળી વાટે દબાણથી હવા પસાર કરવામાં આવે છે. આથી સલ્ફાઇડયુક્ત ધાતુના હલકાં કણોની આજુબાજુ ફીણ ઉત્પન્ન થઈ પ્રવાહી મિશ્રણની સપાટી પર આવે છે. માટી, રેતી વગેરેના ભારે કણો પાણીથી ભીંજાઈને મિશ્રણના તળીયે બેસી જાય છે.



આકૃતિ 8.1 : ફીણ-પ્લવન પદ્ધતિ

સલ્ફાઇડયુક્ત ધાતુના ફીણને ઝારા વડે બીજા પાત્રમાં કાઢી લઈ પાણીથી ધોવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિથી કૉપર પાઇરાઇટ્સ જેવી કાચી ધાતુનું સંકેન્દ્રણ થાય છે. અને તેમાંથી માટી, રેતી વગેરે દૂર થાય છે.

(iii) ચુંબકીય અલગીકરણ : કાચી ધાતુમાં આયર્નની અશુદ્ધિ હોય, તો કાચી ધાતુના બારીક ભૂકાને ગોળ ફરતાં ચામડાના પટ્ટા ઉપર પડવા દેવામાં આવે છે. આકૃતિ 8.2માં દર્શાવ્યા મુજબ પટ્ટાને એક છેડે ચુંબક હોવાથી કાચી ધાતુમાંના આયર્નના કણો ચુંબક વડે આકર્ષાઈને નજીક પડે છે, જ્યારે બાકીના કણોનું આકર્ષણ ન થવાથી દૂર પડે છે. આમ, આ પદ્ધતિ દ્વારા કાચી ધાતુમાંથી આયર્નની અશુદ્ધિ દૂર કરવામાં આવે છે. આ જ પ્રમાણે આયર્નની કાચી ધાતુમાંથી અન્ય અશુદ્ધિઓને દૂર કરવા પણ આ પદ્ધતિ વપરાય છે.



આકૃતિ 8.2 : ચુંબકીય અલગીકરણ

(3) ભૂંજન, કેલ્શિનેશન અને પિગલન : સંકેન્દ્રિત કાચી ધાતુને ધાતુ ઑક્સાઇડમાં રૂપાંતરિત કરવા માટે ભૂંજન, કેલ્શિનેશન અને પિગલન જેવી પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

ભૂંજન : સલ્ફાઇડયુક્ત સંકેન્દ્રિત કાચી ધાતુને વધુ હવાની હાજરીમાં લાંબો સમય સુધી ગરમ કરવાથી તે ધાતુ ઑક્સાઇડમાં ફેરવાય છે. સલ્ફાઇડયુક્ત કાચી ધાતુને ધાતુ ઑક્સાઇડમાં રૂપાંતરિત કરવાની આ પદ્ધતિને ભૂંજન કહે છે.

$$2ZnS(s) + 3O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2ZnO(s) + 2SO_2(g)$$

$$2HgS(s) + 3O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2HgO(s) + 2SO_2(g)$$

$$2PbS(s) + 3O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2PbO(s) + 2SO_2(g)$$

કેલ્શિનેશન : કાર્બોનેટયુક્ત સંકેન્દ્રિત કાચી ધાતુને હવાની ગેરહાજરીમાં લાંબો સમય સુધી ગરમ કરવાથી તે ધાતુ ઑક્સાઇડમાં ફેરવાય છે. કાર્બોનેટયુક્ત કાચી ધાતુને ધાતુ ઑક્સાઇડમાં રૂપાંતરિત કરવાની આ પદ્ધતિને કેલ્શિનેશન કહે છે.

$$MgCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} MgO(s) + CO_2(g)$$

$$ZnCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} ZnO(s) + CO_2(g)$$

પિગલન : કાચી ધાતુ પીગળેલા સ્વરૂપે હોય, તો તેને પિગલન કહે છે.

(4) રિડક્શન : ધાતુના ઑક્સાઇડમાંથી ધાતુ મેળવવા માટે તેનું રિડક્શન કરવામાં આવે છે. રિડક્શન પ્રક્રિયામાં ધાતુના ઑક્સાઇડની કાર્બન કે કાર્બન મોનૉક્સાઇડ જેવા રિડક્શનકર્તા સાથે પ્રક્રિયા કરવામાં આવે છે. તદુપરાંત ઑક્સિજનને વધુ પ્રમાણમાં આકર્ષી વધુ સ્થાયી ઑક્સાઇડ બનાવતો હોય તેવી અન્ય રિડક્શનકર્તા ધાતુ સાથે ધાતુના ઑક્સાઇડની પ્રક્રિયા કરવાથી ધાતુ મળે છે.

રાસાયણિક રિડક્શન : ધાતુના ઑક્સાઇડને કાર્બન અથવા કાર્બન મોનૉક્સાઇડ સાથે વાતભઠ્ઠી(blast furnace)માં ગરમ કરવાથી ધાતુ મળે છે.

$$MnO_2(s) + 2C(s) \xrightarrow{\Delta} Mn(s) + 2CO(g)$$

$$ZnO(s) + C(s) \xrightarrow{\Delta} Zn(s) + CO(g)$$

$$Fe_2O_3(s) + 3C(s) \xrightarrow{\Delta} 2Fe(s) + 3CO(g)$$

$$Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \xrightarrow{\Delta} 2Fe(s) + 3CO_2(g)$$

ક્રોમિયમ, આયર્ન અને મૅંગેનીઝ જેવી ધાતુઓના ઑક્સાઇડને ઍલ્યુમિનિયમ પાઉડર સાથે ગરમ કરવાથી ધાતુના ઑક્સાઇડનું રિડક્શન થઈ ધાતુ મળે છે. આ પ્રક્રિયામાં ધાતુ પીગળેલા સ્વરૂપે મળતી હોવાથી તેને સહેલાઈથી અલગ કરી શકાય છે.

$$Cr_2O_3(s) + 2Al(s) \xrightarrow{\Delta} 2Cr(l) + Al_2O_3(s)$$

$$Fe_2O_3(s) + 2Al(s) \xrightarrow{\Delta} 2Fe(l) + Al_2O_3(s)$$

$$3MnO_2(s) + 4Al(s) \xrightarrow{\Delta} 3Mn(l) + 2Al_2O_3(s)$$

વિદ્યુતરાસાયણિક રિડક્શન : સક્રિય ધાતુના ઑક્સાઇડની કાર્બન સાથે પ્રક્રિયા કરી કેટલીક ધાતુ મેળવી શકાતી નથી. સોડિયમ, મૅગ્નેશિયમ, કૅલ્શિયમ, ઍલ્યુમિનિયમ જેવી સક્રિય ધાતુઓના ઑક્સાઇડનું કાર્બન વડે રિડક્શન થતું નથી. એટલે કે આ ધાતુ ઑક્સાઇડોમાંથી કાર્બન દ્વારા અનુવર્તી ધાતુઓ મેળવી શકાતી નથી. કારણ કે આ ધાતુઓ કાર્બન કરતાં ઑક્સિજન પ્રત્યે વધુ આકર્ષણ ધરાવે છે. તેથી સક્રિય ધાતુના ઑક્સાઇડમાંથી ધાતુ મેળવવા માટે અન્ય પદ્ધતિ-વિદ્યુતરાસાયણિક રિડક્શન પદ્ધતિનો ઉપયોગ થાય છે. આ પદ્ધતિમાં વપરાતા વિદ્યુતરાસાયણિક કોષમાં ગ્રૅફાઇટ કે પ્લેટિનમ જેવી નિષ્ક્રિય ધાતુના વિદ્યુત ધ્રુવનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

દા.ત., પીગળેલા ઍલ્યુમિના(Al_2O_3)નું વિદ્યુતરાસાયણિક રિડક્શન કરતાં કૅથોડ પર પીગળેલ ઍલ્યુમિનિયમ અને ઍનોડ પર ડાયઑક્સિજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

કૅથોડ (ઋણધ્રુવ) : $2Al^{3+}(l) + 6e^- \rightarrow 2Al(l)$

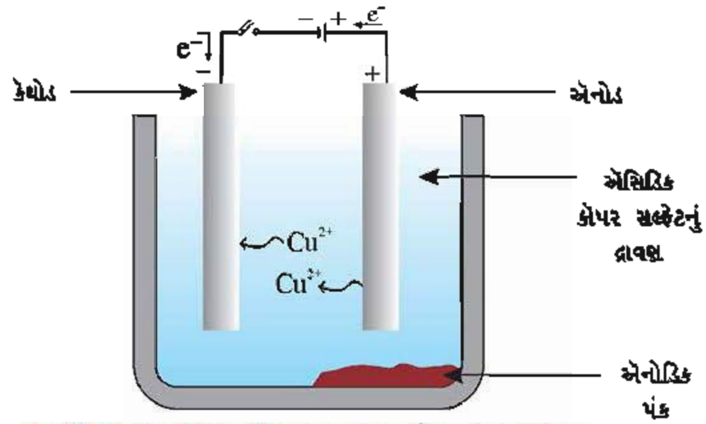
ઍનોડ (ધનધ્રુવ) : $6O^{2-}(l) \rightarrow 3O_2(g) + 12e^-$

અહીં કૅથોડ (ઋણધ્રુવ) રિડક્શનકર્તાનું કાર્ય કરે છે.

(5) ધાતુનું વિશુદ્ધીકરણ : રિડક્શન પદ્ધતિથી મેળવેલ ધાતુ અતિશુદ્ધ હોતી નથી. ધાતુમાં અલ્પ પ્રમાણમાં રહેલ અશુદ્ધિને દૂર કરીને લગભગ સો ટકા શુદ્ધ ધાતુ મેળવવાની પદ્ધતિને ધાતુનું વિશુદ્ધીકરણ કહે છે. ધાતુનું વિશુદ્ધીકરણ મુખ્યત્વે ત્રણ પદ્ધતિઓ દ્વારા થાય છે : (i) વિદ્યુતવિભાજન (ii) પ્રવાહીકરણ (iii) વિભાગીય વિશુદ્ધીકરણ

(i) વિદ્યુતવિભાજન (Electrolysis) : કૉપર, ઝિંક, ગોલ્ડ અને સિલ્વર જેવી ધાતુઓનું વિશુદ્ધીકરણ આ પદ્ધતિ દ્વારા થાય છે. આ પદ્ધતિમાં અશુદ્ધ ધાતુનો સળિયો ઍનોડ (ધન ધ્રુવ) અને શુદ્ધ ધાતુનો સળિયો કૅથોડ (ઋણ ધ્રુવ) તરીકે લેવામાં આવે છે. ધાતુના ક્ષારના જલીય દ્રાવણનો ઉપયોગ વિદ્યુતવિભાજ્ય તરીકે કરવામાં આવે છે. વિદ્યુતવિભાજ્યમાં વિદ્યુતપ્રવાહને પસાર કરતાં ઍનોડ વિદ્યુતવિભાજ્યમાં ઓગળે છે. ઍનોડ ઓગળવાથી જેટલા પ્રમાણમાં ધાતુ વિદ્યુતવિભાજ્યમાં ઉમેરાય છે તેટલા પ્રમાણમાં ધાતુ વિદ્યુતવિભાજ્યમાંથી કૅથોડ પર જમા થાય છે. કૅથોડ પર જમા થતી આ ધાતુમાં અશુદ્ધિ ન હોવાથી તે અતિશુદ્ધ હોય છે. ઍનોડ ઓગળવાથી વિદ્યુતવિભાજ્યમાં ઉમેરાયેલ અશુદ્ધિઓ પૈકીની દ્રાવ્ય અશુદ્ધિ વિદ્યુતવિભાજ્યમાં અને અદ્રાવ્ય અશુદ્ધિઓ ઍનોડના તળિયે એકઠી થાય છે. તેને ઍનોડિક પંક (anodic mud) કહે છે.

જો કૉપરનું શુદ્ધીકરણ આ પદ્ધતિ દ્વારા કરીએ તો, અશુદ્ધ કૉપરનો સળિયો ઍનોડ તરીકે અને શુદ્ધ કૉપરનો સળિયો કૅથોડ તરીકે આકૃતિ 8.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ગોઠવવામાં આવે છે. કૉપર સલ્ફેટનું જલીય દ્રાવણ વિદ્યુતવિભાજ્ય તરીકે લેવામાં આવે છે. તેમાં થોડા પ્રમાણમાં મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ઉમેરવામાં આવે છે. વિદ્યુતવિભાજ્યમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવાથી ઍનોડમાંથી જેટલા પ્રમાણમાં કૉપર, કૉપર સલ્ફેટના જલીય દ્રાવણમાં ઓગળે છે તેટલા પ્રમાણમાં કૉપર, કૉપર સલ્ફેટના જલીય દ્રાવણમાંથી કૅથોડ પર જમા થાય છે. આ રીતે કૅથોડ પર જમા થતું કૉપર લગભગ 100 % શુદ્ધતા ધરાવે છે.



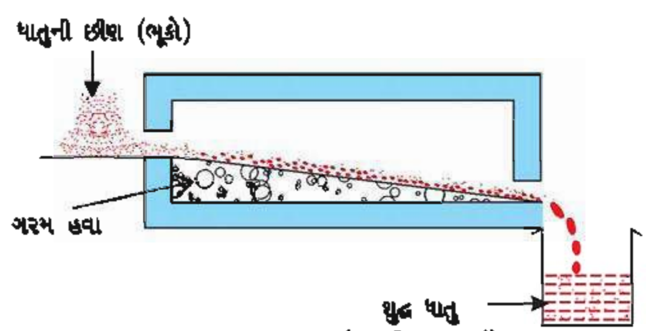
આકૃતિ 8.3 : વિદ્યુત વિભાજન દ્વારા કૉપરનું શુદ્ધીકરણ

ઍનોડ (ધનધ્રુવ) : $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$ (ઑક્સિડેશન)
અશુદ્ધ

કૅથોડ (ઋણધ્રુવ) : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ (રિડક્શન)
શુદ્ધ

કુલ પ્રક્રિયા : $Cu(s)$ અશુદ્ધ $\rightarrow Cu(s)$ શુદ્ધ

(ii) પ્રવાહીકરણ (Liquefaction) : આ પદ્ધતિ નીચા ગલનબિંદુ ધરાવતી એટલે કે સરળતાથી પીગળતી ધાતુઓ જેવી કે ટીન, લેડ વગેરેના શુદ્ધીકરણ માટે વપરાય છે. આ પદ્ધતિમાં ઢોળાવવાળી ભઠ્ઠીનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ ભઠ્ઠીનું તાપમાન જે ધાતુનું શુદ્ધીકરણ કરવાનું હોય તે ધાતુના ગલનબિંદુથી સહેજ જ ઊંચું રાખવામાં આવે છે. તેથી અશુદ્ધ ધાતુને ઢોળાવ પરથી પસાર કરતાં તેમાં રહેલી ધાતુ પીગળીને નીચે રાખેલા પાત્રમાં એકઠી થશે, જ્યારે અશુદ્ધિઓના ગલનબિંદુ ઊંચા હોવાથી આ તાપમાને પીગળતી ન હોવાથી તે ઢોળાવ પર ઘન સ્વરૂપે જોવા મળે છે.



આકૃતિ 8.4 : પ્રવાહીકરણ પદ્ધતિથી ધાતુનું શુદ્ધીકરણ

(iii) વિભાગીય વિશુદ્ધીકરણ (Zone Refining) : આ પદ્ધતિ દ્વારા ધાતુમાં રહેલ અલ્પ અશુદ્ધિઓને વિભાગીય સ્ફટિકીકરણના સિદ્ધાંતને આધારે દૂર કરવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે આ અશુદ્ધિઓ ધાતુના પીગાળેલા સ્વરૂપમા વધુ દ્રાવ્ય રહે છે. પીગાળેલી ધાતુ ઠંડી પડે છે તેમ અશુદ્ધિઓની દ્રાવ્યતા ઘટીને સ્ફટિક સ્વરૂપે ધાતુથી અલગ થઈ જાય છે. સિલિકોન, બોરોન, જર્મેનિયમ જેવી અર્ધધાતુઓનો અર્ધવાહક તરીકે ઉપયોગ થાય છે. આ પ્રકારની ધાતુઓનું વિશુદ્ધીકરણ વિભાગીય વિશુદ્ધીકરણ પદ્ધતિથી થાય છે.

ધાતુકર્મવિધિના પાંચ તબક્કાઓ સમજ્યા બાદ હવે આપણે ઍલ્યુમિનિયમ અને આયર્નની ધાતુકર્મવિધિનો અભ્યાસ કરીશું.

8.4 બૉક્સાઇટમાંથી ઍલ્યુમિનિયમનું નિષ્કર્ષણ (Extraction of Aluminium from Bauxite)

ઍલ્યુમિનિયમ પૃથ્વી પર સૌથી વધુ પ્રમાણમાં મળી આવતી ધાતુ છે. આ ધાતુનો મોટા પાયે ઉપયોગ ઓગણીસમી સદીના અંતથી થવા લાગ્યો કારણકે તે પહેલા આ ધાતુનું નિષ્કર્ષણ મોંઘું પડતું હતું. ઍલ્યુમિનિયમને બૉક્સાઇટ($Al_2O_3.2H_2O$)માંથી નિષ્કર્ષિત કરવામાં આવે છે. કાચી ધાતુ બૉક્સાઇટમાંથી ઍલ્યુમિનિયમનું નિષ્કર્ષણ બે તબક્કામાં થાય છે.

(1) કાચી ધાતુ બૉક્સાઇટમાંથી ઍલ્યુમિના મેળવવું : બૉક્સાઇટમાં ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડ (Al_2O_3) ઉપરાંત અશુદ્ધિ તરીકે આયર્ન ઑક્સાઇડ (Fe_2O_3) અને રેતી (SiO_2) હોય છે. બેયર પદ્ધતિ દ્વારા બૉક્સાઇટનું શુદ્ધીકરણ કરી શુદ્ધ ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડ મેળવવામાં આવે છે, જેને ઍલ્યુમિના પણ કહે છે. આ પદ્ધતિમાં બૉક્સાઇટનો પાઉડર લઈ તેમાં સાંદ્ર (45%) સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડનું દ્રાવણ ઉમેરી લગભગ 433 K તાપમાને 5થી 6 બાર દબાણે બંધપાત્રમાં 6 થી 8 કલાક સુધી ગરમ કરતાં બૉક્સાઇટમાં રહેલા ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડનું પાણીમાં દ્રાવ્ય સોડિયમ ઍલ્યુમિનેટમાં રૂપાંતર થાય છે.

$$Al_2O_3(s) + 2NaOH(aq) \rightarrow 2NaAlO_2(aq) + H_2O(l)$$

બૉક્સાઇટમાં રહેલ ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડ　　　સોડિયમ ઍલ્યુમિનેટ

આયર્ન ઑક્સાઇડ, સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના દ્રાવણમાં દ્રાવ્ય થતો નથી. તેથી તેને ગાળણક્રિયાથી દૂર કરી શકાય છે. સિલિકા, સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ સાથે પાણીમાં દ્રાવ્ય સોડિયમ સિલિકેટ બનાવે છે. આમ ગાળણમાં સોડિયમ ઍલ્યુમિનેટ અને સોડિયમ સિલિકેટ હોય છે. તેમાં અધિક પ્રમાણમાં પાણી ઉમેરી સતત હલાવતાં સોડિયમ ઍલ્યુમિનેટનું જળવિભાજન થઈ સફેદ ચીકણા ઍલ્યુમિનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના અવક્ષેપ મળે છે અને સોડિયમ સિલિકેટ અશુદ્ધિ સ્વરૂપે દ્રાવણમાં રહે છે. પ્રક્રિયા સરળ અને ઝડપી બનાવવા ઍલ્યુમિનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના થોડા અવક્ષેપ બહારથી ઉમેરવામાં આવે છે.

$$NaAlO_2(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow Al(OH)_3(s) + NaOH(aq)$$

સોડિયમ ઍલ્યુમિનેટ　　　ઍલ્યુમિનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ

અવક્ષેપને વારંવાર પાણીથી ધોઈ, શુષ્ક કરી 1473 K તાપમાને ગરમ કરવાથી શુદ્ધ ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડ (ઍલ્યુમિના) પ્રાપ્ત થાય છે.

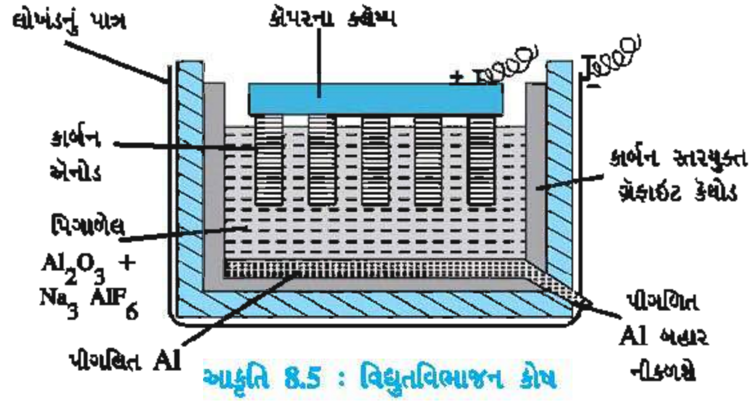
$$2Al(OH)_3(s) \xrightarrow{1473\,K} Al_2O_3(s) + 3H_2O(g)$$

ઍલ્યુમિનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ　　　ઍલ્યુમિના

બેયરની પદ્ધતિ દ્વારા લગભગ 99.5 % શુદ્ધ ઍલ્યુમિના મળે છે.

(2) વિદ્યુતરાસાયણિક રિડક્શન દ્વારા ઍલ્યુમિનામાંથી ઍલ્યુમિનિયમ મેળવવું : ઍલ્યુમિનાના વિદ્યુતરાસાયણિક રિડક્શન દ્વારા ઍલ્યુમિનિયમ મેળવવાની પદ્ધતિની શોધ 1886માં અમેરિકાના રસાયણવિજ્ઞાની ચાર્લ્સ માર્ટિન હૉલ (Charles Martin Hall) અને ફ્રેન્ચ વિજ્ઞાની પોલ હેરાઉલ્ટે (Paul Heroult) કરી હતી તેથી આ પદ્ધતિને હૉલ-હેરાઉલ્ટ પદ્ધતિ પણ કહે છે.

ઍલ્યુમિનાના ઘન સ્વરૂપમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થઈ શકતો નથી. વળી ઍલ્યુમિનાનું ગલનબિંદુ ખૂબ ઊંચું 2348 K છે. આટલા ઊંચા તાપમાને વિદ્યુતવિભાજન કરવું ખૂબ ખર્ચાળ બને છે. તેથી વિદ્યુતવિભાજન સરળતાથી થઈ શકે તે માટે ઍલ્યુમિનાને પીગાળેલ ક્રાયોલાઇટ(Na_3AlF_6)માં ઓગાળવામાં આવે છે. આ મિશ્રણ પીગાળેલ ઍલ્યુમિના કરતા સારા



આકૃતિ 8.5 : વિદ્યુતવિભાજન કોષ

વિદ્યુતવાહક તરીકે વર્તે છે. આ મિશ્રણમાં ફ્લ્સપાર (CaF_2) ઉમેરીને ગલનબિંદુ વધુ નીચું લાવી શકાય છે.

આકૃતિ 8.5માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એલ્યુમિના, ક્રાયોલાઇટ અને ફ્લ્સપારના પિગાળેલ મિશ્રણનું કાર્બનના અંદરના સ્તરવાળા લોખંડના પાત્રમાં વિદ્યુતવિભાજન કરવામાં આવે છે. આ કોષમાં કાર્બનના સળિયાને કોપરના ક્લેમ્પ સાથે જોડી એનોડ તરીકે અને કાર્બન સ્તરયુક્ત ગ્રેફાઇટને કેથોડ તરીકે લેવામાં આવે છે. વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરતાં કેથોડ પર પીગળેલ એલ્યુમિનિયમ અને એનોડ પર ડાયઑક્સિજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. કોષના તળિયે જમા થતા પિગલિત એલ્યુમિનિયમને બહાર કાઢી લેવામાં આવે છે.

કેથોડ : $2Al^{3+}(l) + 6e^- \rightarrow 2Al(l)$

ઍનોડ : $6O^{2-}(l) \rightarrow 3O_2(g) + 12e^-$

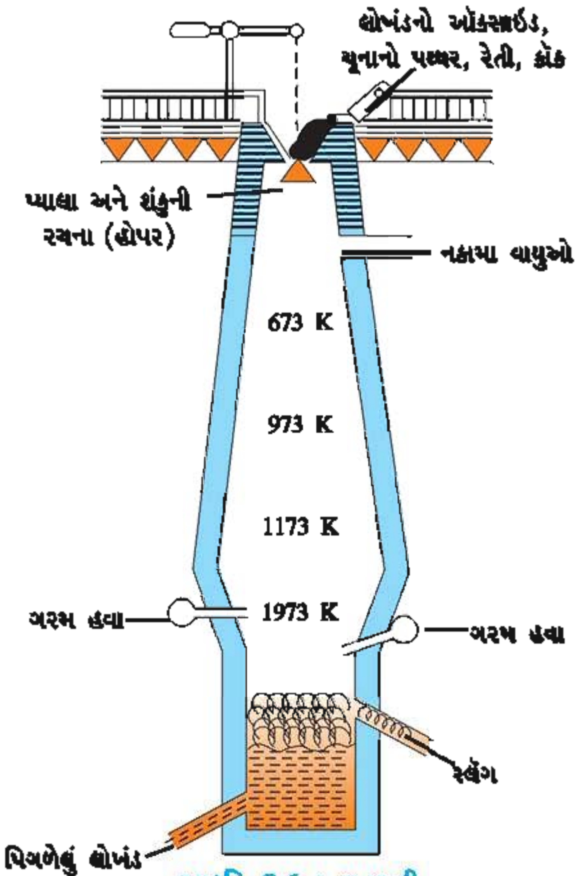
એનોડ ઉપર ઉત્પન્ન થતા ડાયઑક્સિજન વાયુ કાર્બનના સળિયા સાથે પ્રક્રિયા કરી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ બનાવે છે. પરિણામે ધન એનોડ ખવાઈ જાય છે. તેથી તેમને વારંવાર બદલવા પડે છે.

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

8.5 વાતભઠ્ઠી દ્વારા આયર્નનું નિષ્કર્ષણ (Extraction of Iron by Blast Furnace)

આપણે ઘણા લાંબા સમયથી (લોહયુગથી) લોખંડનો ઉપયોગ કરતા આવ્યા છીએ. પૃથ્વી પર સૌથી વધુ પ્રમાણમાં મળી આવતી ધાતુઓ પૈકી લોખંડ દ્વિતીય સ્થાન ધરાવે છે. લોખંડ ભેજ અને ઑક્સિજન સાથે ઝડપી પ્રક્રિયા કરતું હોવાથી કુદરતમાં તે મુક્ત સ્વરૂપે મળતું નથી. તે તેના ઑક્સાઇડ (હિમેટાઇટ - Fe_2O_3, મૅગ્નેટાઇટ - Fe_3O_4), કાર્બોનેટ (સિડેરાઇટ - $FeCO_3$) અને સલ્ફાઇડ (આયર્ન પાઇરાઇટ્સ - FeS_2) સ્વરૂપે પ્રાપ્ત થાય છે, જે તેની ખનિજો છે. લોખંડ મુખ્યત્વે વાતભઠ્ઠી દ્વારા હિમેટાઇટના રિડક્શનથી મેળવાય છે. વાતભઠ્ઠી ઉપરના છેડેથી સાંકડી, વચ્ચેના ભાગમાં પહોળી અને તળિયાના ભાગથી સાંકડી હોય છે. તેની અંદરની દીવાલો અગ્નિરોધક ઈંટોની બનેલી હોય છે. વાતભઠ્ઠીમાં નીચેના ભાગમાંથી ગરમ હવા ફૂંકવામાં આવે છે.

હિમેટાઇટમાં રહેલી મોટાભાગની અશુદ્ધિ દૂર કર્યા બાદ સાંદ્ર કાચી ધાતુને કોક અને ચૂનાના પથ્થર સાથે આકૃતિ 8.6માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે વાતભઠ્ઠીમાં હોપર દ્વારા દાખલ કરવામાં આવે છે. વાતભઠ્ઠીમાં રહેલા ઊંચા તાપમાનને કારણે કેટલીક પ્રક્રિયાઓ થાય છે અને અંતે પિગળેલું લોખંડ મળે છે.



આકૃતિ 8.6 : વાતભઠ્ઠી

(i) કૉક, ઑક્સિજન સાથે સંયોજાઈ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ બનાવે છે. આ પ્રક્રિયા ઉષ્માક્ષેપક હોવાથી ભઠ્ઠીનું તાપમાન 1773 K થી 1973 K જેટલું થાય છે.

$$C\ (s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + \text{ઉષ્મા}$$

(ii) વાતભઠ્ઠીમાં ઊંચા તાપમાનને કારણે ચૂનાના પથ્થરનું વિઘટન થઈ કેલ્શિયમ ઑક્સાઇડ અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ બને છે.

$$CaCO_3(s) \rightarrow CaO\ (s) + CO_2(g)$$

(iii) ગરમ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ ભઠ્ઠીમાં ઉપર જાય ત્યારે કૉક સાથે ફરીથી પ્રક્રિયા કરી કાર્બન મોનૉક્સાઇડ બનાવે છે. આ પ્રક્રિયા ઉષ્માશોષક હોવાથી ભઠ્ઠીનું તાપમાન 1173 K જેટલું નીચું આવે છે.

$$CO_2(g) + C\ (s) \rightarrow 2CO(g)$$

(iv) ભઠ્ઠીનું તાપમાન 673 K થી 973 K હોય ત્યારે કાર્બન મોનૉક્સાઇડ દ્વારા હિમેટાઇટમાં રહેલા આયર્ન ઑક્સાઇડનું પ્રવાહી લોખંડમાં રિડક્શન થાય છે. પીગળેલી ધાતુ ભઠ્ઠીના તળિયે એકઠી થાય છે.

$$3Fe_2O_3(s) + CO\ (g) \rightarrow 2Fe_3O_4(s) + CO_2(g)$$

$$Fe_3O_4(s) + CO\ (g) \rightarrow 3FeO(s) + CO_2(g)$$

$$FeO(s) + CO\ (g) \rightarrow Fe(l) + CO_2(g)$$

પ્રક્રિયા (ii) દરમિયાન બનેલ કેલ્શિયમ ઑક્સાઇડ, હિમેટાઇટમાં અશુદ્ધિ તરીકે રહેલી રેતી (SiO_2) સાથે સંયોજાઈ કેલ્શિયમ સિલિકેટ બનાવે છે. તેને સ્લૅગ (slag) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

$$CaO(s) + SiO_2(s) \rightarrow CaSiO_3(l)$$

કેલ્શિયમ સિલિકેટ (સ્લૅગ)

આ સ્લૅગ, પીગળેલા લોખંડ કરતા વજનમાં હલકો હોવાથી તે પિગળેલા લોખંડ પર તરતો રહે છે. તેનો મહત્ત્વનો ફાયદો એ છે કે પીગળેલા લોખંડને ઑક્સિજન દ્વારા તેના ઑક્સાઇડમાં રૂપાંતર પામતો અટકાવે છે. પીગળેલ લોખંડ અને સ્લૅગને ભઠ્ઠીના તળિયે રહેલા અલગ અલગ માર્ગ દ્વારા બહાર કાઢી લેવામાં આવે છે. પીગળેલા લોખંડને ઘન સ્વરૂપમાં ફેરવી લોખંડની પાટ બનાવવામાં આવે છે, જ્યારે પ્રવાહી સ્લૅગને ઠંડી પાડી ઘન સ્વરૂપમાં ફેરવ્યા બાદ તેનો સડક (road) બનાવવામાં ઉપયોગ થાય છે.

વાતભઠ્ઠી દ્વારા હિમેટાઇટમાંથી લોખંડનું નિષ્કર્ષણ સતત પ્રક્રિયા છે. વાતભઠ્ઠી એકવાર શરૂ થયા બાદ તે દસ વર્ષ સુધી ચાલુ રહી શકે છે. ભારતમાં ભિલાઈ (Bhilai), દુર્ગાપુર (Durgapur), રૂરકેલા (Rourkela), જમશેદપુર (Jamshedpur) વગેરે સ્થળોએ લોખંડનું નિષ્કર્ષણ કરવામાં આવે છે.

8.6 ધાતુઓની સક્રિયતા શ્રેણી (Activity Series of Metals)

દરેક ધાતુની સક્રિયતા સરખી નથી હોતી. કેટલીક ધાતુઓ વધારે સક્રિય અને કેટલીક ધાતુઓ ઓછી સક્રિય હોય છે. જે ધાતુઓ સહેલાઈથી ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવીને ધન આયનમાં રૂપાંતર પામતી હોય તે ધાતુઓ વધારે સક્રિય કહેવાય છે. દા.ત., Fe, જ્યારે ઓછી સક્રિય ધાતુઓ ઝડપથી ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવતી નથી. દા.ત., Au. ધાતુઓની સક્રિયતાની સરખામણી ઑક્સિજન, પાણી અને ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયાઓ દ્વારા કરી શકાય, પરંતુ બધી જ ધાતુઓ આ પ્રક્રિયાઓ આપતી નથી. તેથી ધાતુઓની સક્રિયતા નક્કી કરવા માટે વિસ્થાપન પ્રક્રિયાઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. વિસ્થાપન પ્રક્રિયાથી મળતા પરિણામોના અર્થઘટન

માટે ઓછી સક્રિય ધાતુનું તેના ક્ષારના દ્રાવણમાંથી વધુ સક્રિય ધાતુ વડે વિસ્થાપન થાય છે તે સિદ્ધાંતને ધ્યાનમાં લેવામાં આવે છે. દા.ત., ઝિંક ધાતુના ટુકડાને કૉપર સલ્ફેટના દ્રાવણમાં મૂકવામાં આવે તો ઝિંક ધાતુ કૉપરનું કૉપર સલ્ફેટના દ્રાવણમાંથી વિસ્થાપન કરે છે. જેથી કૉપર સલ્ફેટના દ્રાવણનો ભૂરો રંગ સહેજ ઝાંખો પડી અંતે રંગવિહીન બને છે અને ઝિંક ધાતુના ટુકડા પર લાલ-કથ્થાઈ રંગનું કૉપર ધાતુનું સ્તર જામી જાય છે. વધુ સમય રાખતાં પાત્રના તળિયે લાલ-કથ્થાઈ રંગના દાણા જોવા મળે છે.

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$$

જો તાંબાના ટુકડાને ઝિંક સલ્ફેટના દ્રાવણમાં મૂકવામાં આવે તો ધાતુ છૂટી પડવા જેવી રાસાયણિક પ્રક્રિયા થતી નથી. આમ, ઝિંક કૉપર કરતાં વધુ સક્રિય ધાતુ છે. આ પ્રક્રિયા અંગેની પ્રવૃત્તિ તમે પ્રયોગશાળામાં કરી શકો છો. આવા જ પ્રકારની પ્રવૃત્તિ દ્વારા આપણે ધાતુઓનો સક્રિયતા ક્રમ નક્કી કરવાનો પ્રયત્ન કરીએ.

પ્રવૃત્તિ 1

Zn, Fe, Cu અને Ag ધાતુઓનો સક્રિયતાક્રમ નક્કી કરવો.

સૌપ્રથમ ત્રણ ટેસ્ટટ્યૂબ લો અને તેમને 1 થી 3 નંબર આપો.

- ટેસ્ટટ્યૂબ 1, 2 અને 3માં અનુક્રમે આશરે 0.1 ગ્રામ ફેરસ સલ્ફેટ ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), 0.1 ગ્રામ કોપર સલ્ફેટ ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) અને 0.1 ગ્રામ સિલ્વર નાઇટ્રેટ ($AgNO_3$) લો.
- ત્રણેય ટેસ્ટટ્યૂબમાં આશરે 10 મિલિ નિસ્યંદિત પાણી ઉમેરી, તેમાં રહેલા પદાર્થને ઓગાળો.
- આ સાથે તમે ઝિંક ધાતુનો ટુકડો, લોખંડની ખીલી કે સ્ક્રૂ અને તાંબાના તારનો ટુકડો (ઇલેક્ટ્રિક વાયરમાંથી તાંબાનો જાડો તાર કાઢી શકાય) કે તાંબાની પાતળી પટ્ટી તૈયાર રાખો.
- હવે ટેસ્ટટ્યૂબ 1માં ઝિંક ધાતુનો ટુકડો, ટેસ્ટટ્યૂબ 2માં લોખંડની ખીલી કે સ્ક્રૂ અને ટેસ્ટટ્યૂબ 3માં તાંબાના તારનો ટુકડો કે પાતળી પટ્ટી નાખો.
- ત્રણેય ટેસ્ટટ્યૂબને ટેસ્ટટ્યૂબ સ્ટૅન્ડમાં ક્રમમાં ગોઠવી, ટેસ્ટટ્યૂબમાંના દ્રાવણ તથા ધાતુનું અવલોકન કરતાં રહો.
- આશરે 5 મિનિટમાં જ ત્રણેય ટેસ્ટટ્યૂબમાં નાખેલી ધાતુની વસ્તુ પર દ્રાવણમાંની ધાતુ જમા થતી જોવા મળશે.
- આશરે અડધા કલાક બાદ ત્રણેય ટેસ્ટટ્યૂબનું અવલોકન કરતાં જણાશે કે ટેસ્ટટ્યૂબમાં ઝિંક ધાતુના ચળકતા ટુકડા પર આયર્ન જમા થવાથી તે લોખંડ જેવો રંગ ધરાવે છે. ટેસ્ટટ્યૂબ 2માં રહેલી લોખંડની ખીલી કે સ્ક્રૂ પર તાંબુ જમા થવાથી તે તામ્રવર્ણી બને છે. ટેસ્ટટ્યૂબ 3માં રહેલા તાંબાના તાર કે પટ્ટી પર ચાંદી જમા થવાથી તે ચળકતો સફેદ રંગ ધરાવે છે. અડધા કલાકથી વધુ સમય માટે ટેસ્ટટ્યૂબના દ્રાવણોનો રંગ અનુક્રમે આછા લીલા રંગમાંથી રંગવિહીન, ભૂરા રંગમાંથી ખૂબ આછો ભૂરો રંગ અને રંગવિહીનમાંથી આછો ભૂરો જોવા મળે છે.
- આ પ્રવૃત્તિના અંતે આપણે તારણ કાઢી શકીશું કે, Zn દ્વારા $FeSO_4$ના દ્રાવણમાંથી Feનું વિસ્થાપન થયું હોવાથી Fe કરતાં Zn વધુ સક્રિય ધાતુ છે. એટલે કે Zn > Fe. Fe દ્વારા $CuSO_4$ના દ્રાવણમાંથી Cuનું વિસ્થાપન થયું હોવાથી Cu કરતાં Fe વધુ સક્રિય ધાતુ છે. એટલે કે Fe > Cu. Cu દ્વારા $AgNO_3$ના દ્રાવણમાંથી Agનું વિસ્થાપન થયું હોવાથી Ag કરતાં Cu વધુ સક્રિય ધાતુ છે. એટલે કે Cu > Ag. આમ, ચારેય ધાતુનો સક્રિયતા ક્રમ Zn > Fe > Cu > Ag થશે.

આવા પ્રયોગો દ્વારા કેટલીક પ્રચલિત ધાતુઓને તેમની સક્રિયતાના ઊતરતા ક્રમમાં ગોઠવીને બનાવેલ શ્રેણીને સક્રિયતા શ્રેણી કહે છે. જેમ કે,

K > Na > Ca > Mg > Al > Zn > Fe > Pb > [H] > Cu > Hg > Ag > Au

હવે આપણે ધાતુઓના ગુણધર્મો વિશે અભ્યાસ કરીશું.

8.7 ધાતુઓના ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties of Metals)

(1) ધાતુઓની સપાટી સામાન્ય રીતે ચળકાટવાળી અને પૉલિશ કરી શકાય તેવી હોય છે.

(2) ધાતુઓ સામાન્ય રીતે ઘન સ્વરૂપે અને વજનમાં ભારે હોય છે પરંતુ પારો અને ગેલિયમ (સામાન્યથી ઊંચા તાપમાને) જેવી ધાતુઓ પ્રવાહી સ્વરૂપે અસ્તિત્વ ધરાવે છે. સોડિયમ, પોટૅશિયમ, મૅગ્નેશિયમ, ઍલ્યુમિનિયમ વગેરે પ્રમાણમાં હલકી ધાતુ છે.

(3) મોટાભાગની ધાતુઓ કઠિન (hard) હોય છે. જુદી જુદી ધાતુઓની કઠિનતા જુદી જુદી હોય છે. લોખંડ અને તાંબુ જેવી ધાતુઓની કઠિનતા પ્રમાણમાં વધુ છે. તેમને ચપ્પુ વડે કાપી શકાતી નથી. સોડિયમ, પોટૅશિયમ જેવી ધાતુઓ પ્રમાણમાં વધુ નરમ (soft) હોય છે. તેમને ચપ્પુ વડે સરળતાથી કાપી શકાય છે.

(4) કેટલીક ધાતુઓને ટીપીને તેમાંથી પતરાં બનાવી શકાય છે. ધાતુના આ પ્રકારના ગુણધર્મને ટીપાઉપણાનો ગુણધર્મ કહે છે. સોનું, ચાંદી અને ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુઓમાં આ ગુણધર્મ વિશેષ જોવા મળે છે. તેથી સોના અને ચાંદીમાંથી ખૂબ જ પાતળી પટ્ટી જેવા વરખ અને ઍલ્યુમિનિયમમાંથી કાગળ જેવું પાતળું પતરું બનાવી શકાય છે. કેટલીક ધાતુઓમાંથી ખેંચીને પાતળા તાર બનાવી શકાય છે. ધાતુના આ ગુણધર્મને તણાવપણાનો ગુણધર્મ કહે છે. સોનું અને ચાંદી જેવી ધાતુઓ વિશેષ પ્રમાણમાં તણાવપણાનો ગુણધર્મ ધરાવે છે. એક ગ્રામ સોનામાંથી આશરે 2 કિલોમીટર લાંબો તાર ખેંચી શકાય છે. કૉપર અને ઍલ્યુમિનિયમમાંથી પણ ખેંચીને તાર બનાવી શકાય છે.

(5) ધાતુઓ ઉષ્મા અને વિદ્યુતની સુવાહક હોય છે. કૉપર, સિલ્વર અને ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુઓની ઉષ્મા અને વિદ્યુતવાહકતા ઘણી વધારે હોય છે. લેડ અને મરક્યુરી જેવી ધાતુઓ ઉષ્મા અને વિદ્યુતની મંદવાહક છે.

(6) ધાતુઓના ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ ઊંચા હોય છે. દા.ત., આયર્નનું ગલનબિંદુ ઘણું ઊંચું (1812 K) છે.

(7) ધાતુઓને અફાળવાથી રણકાર ઉત્પન્ન થાય છે.

(8) એક ધાતુમાં બીજી ધાતુ ઉમેરીને મિશ્રધાતુ બનાવી શકાય છે. તે મૂળ ધાતુઓથી જુદા ગુણધર્મો ધરાવતી હોય છે. પિત્તળ, જર્મન સિલ્વર, સોનાના આભૂષણો વગેરે મિશ્રધાતુના ઉદાહરણ છે.

8.8 ધાતુના રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties of Metals)

ધાતુ ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવીને ધન આયનમાં ફેરવાય છે. તેથી તેમને ઇલેક્ટ્રૉનધનમય તત્ત્વ કહે છે. ધાતુ જેટલા ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવે છે તે સંખ્યાને ધાતુની સંયોજકતા (valency) કહે છે.

$$Na \rightarrow Na^{+} + e^{-}$$

$$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^{-}$$

$$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$$

$$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^{-}$$

ધાતુ તેની બાહ્યતમ કક્ષામાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનને કારણે ચોક્કસ રાસાયણિક ગુણધર્મો દર્શાવે છે. ધાતુના કેટલાક રાસાયણિક ગુણધર્મોનો અભ્યાસ આપણે અહીં કરીશું.

(1) ધાતુની ડાયઑક્સિજન સાથે પ્રક્રિયા : ધાતુતત્ત્વો ઑક્સિજન પરમાણુને સરળતાથી ઇલેક્ટ્રૉન આપી શકે છે. આથી ધાતુતત્ત્વો ડાયઑક્સિજન સાથે સંયોજાઈ તેનાં ઑક્સાઇડ બનાવે છે.

ધાતુ + ડાયઑક્સિજન $\rightarrow$ ધાતુ ઑક્સાઇડ

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

મૅગ્નેશિયમ ઑક્સાઇડ

સામાન્ય રીતે ધાતુના ઑક્સાઇડ બેઝિક હોય છે. કેટલીક ધાતુના ઑક્સાઇડ જેવા કે ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડ અને ઝિંક ઑક્સાઇડ વગેરે એસિડિક અને બેઝિક બંને ગુણધર્મો ધરાવે છે. આવા ધાતુ ઑક્સાઇડને ઊભયધર્મી ઑક્સાઇડ (amphoteric oxides) કહે છે. મોટાભાગના ધાતુ ઑક્સાઇડ પાણીમાં અદ્રાવ્ય હોય છે, પણ કેટલાક ધાતુ ઑક્સાઇડ પાણીમાં દ્રાવ્ય થઈને આલ્કલી બનાવે છે.

$$Na_2O\,(s) + H_2O\,(l) \rightarrow 2NaOH\,(aq)$$

સોડિયમ ઑક્સાઇડ → સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ

$$K_2O\,(s) + H_2O\,(l) \rightarrow 2KOH\,(aq)$$

પોટૅશિયમ ઑક્સાઇડ → પોટૅશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ

બધી જ ધાતુઓ ઑક્સિજન સાથે એકસરખા વેગથી પ્રક્રિયા કરતી નથી, એટલે કે જુદી જુદી ધાતુઓની ઑક્સિજન સાથે પ્રક્રિયા કરવાની ક્રિયાશીલતા જુદી જુદી હોય છે. જેમ કે સોડિયમ અને પોટૅશિયમ જેવી ધાતુઓને હવામાં ખુલ્લી રાખવામાં આવે તો તે સળગી ઉઠે છે. તેથી તેમને કેરોસીનમાં રાખવામાં આવે છે. સામાન્ય તાપમાને મૅગ્નેશિયમ, ઍલ્યુમિનિયમ, ઝિંક અને લેડ વગેરે ધાતુઓ પર ઑક્સાઇડનું પાતળું સ્તર જોવા મળે છે. આ સ્તર ધાતુનું વધુ ઑક્સિડેશન થતું અટકાવે છે. મૅગ્નેશિયમ ધાતુને તે સળગી શકે તેવા તાપમાને ગરમ કરતાં તે આંખને આંજી નાખે તેવા ઝગારા મારતા પ્રકાશથી સળગી મૅગ્નેશિયમ ઑક્સાઇડ બનાવે છે. લોખંડને ગરમ કરવા છતાં તે બળતું નથી પણ લાલચોળ રંગનું બને છે. તાંબાને ગરમ કરતાં તે પણ બળતું નથી પરંતુ ગરમ તાંબા પર કાળા રંગનો જે પદાર્થ હોય છે તે કૉપર ઑક્સાઇડ હોય છે. ગોલ્ડ, સિલ્વર જેવી ધાતુઓ ઊંચા તાપમાને પણ ઑક્સિજન સાથે પ્રક્રિયા કરતી નથી.

(2) ધાતુની પાણી સાથે પ્રક્રિયા : ધાતુ પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી ધાતુના હાઇડ્રૉક્સાઇડ કે ઑક્સાઇડ અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન કરે છે. પણ બધી જ ધાતુઓ પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરતી નથી. સોડિયમ અને પોટૅશિયમ જેવી ધાતુઓ ઠંડા પાણી સાથે તીવ્ર રાસાયણિક પ્રક્રિયા કરે છે. સોડિયમ કે પોટૅશિયમ ધાતુની પાણી સાથે પ્રક્રિયા થતા તીવ્રતાથી ઉત્પન્ન થતો ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઝડપી સળગી ઊઠે છે અને ધડાકો કરે છે.

ધાતુ + પાણી $\rightarrow$ ધાતુ હાઇડ્રૉક્સાઇડ કે ધાતુ ઑક્સાઇડ + ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ

$$2K\,(s) + 2H_2O\,(l) \rightarrow 2KOH\,(aq) + H_2\,(g)$$

$$2Na\,(s) + 2H_2O\,(l) \rightarrow 2NaOH\,(aq) + H_2\,(g)$$

કૅલ્શિયમની પાણી સાથેની પ્રક્રિયા ઓછી તીવ્ર હોય છે.

$$Ca\,(s) + 2H_2O\,(l) \rightarrow Ca(OH)_2\,(aq) + H_2\,(g)$$

મૅગ્નેશિયમ ધાતુ ઠંડા પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરતી નથી પરંતુ તે ગરમ પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી મૅગ્નેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ બનાવે છે.

$$Mg(s) + 2H_2O\,(l) \rightarrow Mg(OH)_2(aq) + H_2(g)$$

ઍલ્યુમિનિયમ, ઝિંક અને આયર્ન ધાતુ ઠંડા કે ગરમ પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરતી નથી પરંતુ તે પાણીની વરાળ સાથે પ્રક્રિયા કરી ધાતુના ઑક્સાઇડ અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ બનાવે છે.

$$2Al\,(s) + 3H_2O(g) \rightarrow Al_2O_3\,(s) + 3H_2\,(g)$$

$$Zn\,(s) + H_2O\,(g) \rightarrow ZnO\,(s) + H_2\,(g)$$

$$3Fe\,(s) + 4H_2O\,(g) \rightarrow Fe_3O_4\,(s) + 4H_2\,(g)$$

જ્યારે લેડ, કૉપર, ગોલ્ડ અને સિલ્વર જેવી ધાતુઓ પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરતી નથી.

(3) ધાતુની ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા : બધી જ ધાતુઓ મંદ ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરતી નથી. પણ જ્યારે ધાતુ મંદ ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરે છે ત્યારે ધાતુનો અનુવર્તી ક્ષાર બને છે અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

ધાતુ + મંદ ઍસિડ $\rightarrow$ ધાતુનો અનુવર્તી ક્ષાર + ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ

$$Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$$

$$2Al(s) + 6HCl(aq) \rightarrow 2AlCl_3(aq) + 3H_2(g)$$

$$Mg(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow MgSO_4(aq) + H_2(g)$$

$$Fe(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow FeSO_4(aq) + H_2(g)$$

ધાતુની મંદ નાઇટ્રિક ઍસિડ (HNO_3) સાથે પ્રક્રિયા થઈ ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થતો નથી. કારણ કે HNO_3 પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા છે. તે પ્રક્રિયા દરમિયાન ઉત્પન્ન થતાં H_2નું H_2Oમાં ઑક્સિડેશન કરે છે. તેમ છતાં મૅગ્નેશિયમ અને મૅગેનીઝ ધાતુ ખૂબ જ મંદ નાઇટ્રિક ઍસિડ સાથે ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન કરે છે.

(4) ધાતુની ડાયક્લોરિન સાથે પ્રક્રિયા : ધાતુ, ડાયક્લોરિન સાથે પ્રક્રિયા કરી ધાતુ ક્લોરાઇડ બનાવે છે.

ધાતુ + ડાયક્લોરિન વાયુ $\rightarrow$ ધાતુ ક્લોરાઇડ

$$Ca(s) + Cl_2(g) \rightarrow \underset{\text{કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ}}{CaCl_2(s)}$$

$$Mg(s) + Cl_2(g) \rightarrow \underset{\text{મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડ}}{MgCl_2(s)}$$

(5) ધાતુની ડાયહાઇડ્રોજન સાથે પ્રક્રિયા : સામાન્ય રીતે ધાતુઓ ડાયહાઇડ્રોજન સાથે પ્રક્રિયા આપતી નથી, કારણ કે ધાતુઓ ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવવાની વૃત્તિ ધરાવતી હોવાથી એવા તત્ત્વો સાથે પ્રક્રિયા કરે છે કે જે ઇલેક્ટ્રૉન સ્વીકારી શકે. પરંતુ હાઇડ્રોજન ઇલેક્ટ્રૉન સ્વીકારી શકતો નથી. તે પણ ઇલેક્ટ્રૉન ભાગીદારીથી અથવા ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવીને અન્ય તત્ત્વો સાથે સંયોજન બનાવે છે.

કેટલીક સક્રિય ધાતુઓ જેવી કે Na, K, Ca વગેરે ડાયહાઇડ્રોજન સાથે સંયોજાઈને તે ધાતુના હાઇડ્રાઇડ બનાવે છે.

સક્રિય ધાતુ + ડાયહાઇડ્રોજન $\rightarrow$ ધાતુ હાઇડ્રાઇડ

$$2Na(s) + H_2(g) \rightarrow \underset{\text{સોડિયમ હાઇડ્રાઇડ}}{2NaH(s)}$$

$$2K(s) + H_2(g) \rightarrow \underset{\text{પોટૅશિયમ હાઇડ્રાઇડ}}{2KH(s)}$$

$$Ca(s) + H_2(g) \rightarrow \underset{\text{કૅલ્શિયમ હાઇડ્રાઇડ}}{CaH_2(s)}$$

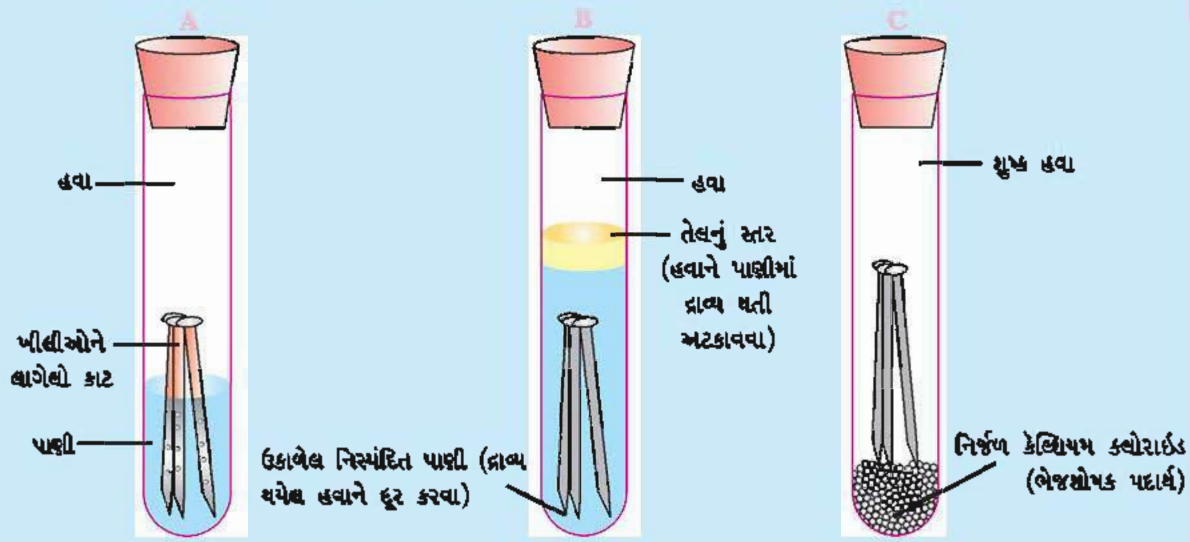
8.9 ક્ષારણ (Corrosion)

ઘણી ધાતુઓની સપાટી પર હવા અને પાણીની અસર જોવા મળે છે. જેમ કે લોખંડની ચીજવસ્તુ ભેજવાળી હવાની હાજરીમાં લાંબો સમય ખુલ્લી રહે તો તેની સપાટી કથ્થાઈ રંગની થઈ જાય છે. કેટલીકવાર કથ્થાઈ રંગની નાની નાની પતરીઓ ઉખડતી જોવા મળે છે, જેને કાટ (rust) કહેવાય છે. કાટ રાસાયણિક રીતે સજળ ફૅરિક ઑક્સાઇડ ($Fe_2O_3 . x H_2O$) છે. તે જ રીતે તાંબાની ચીજવસ્તુ લાંબો સમય હવાના સંપર્કમાં ખુલ્લી રહે તો તેના પર લીલા રંગનું કૉપર કાર્બોનેટનું સ્તર જામી જાય છે. કોઈ પણ ધાતુની સપાટી હવા, પાણી કે ભેજના સંપર્કમાં આવે ત્યારે તેનું ખવાણ થવાની ક્રિયાને ધાતુક્ષારણ કહે છે. ગોલ્ડ, સિલ્વર જેવી નિષ્ક્રિય ધાતુઓનું ક્ષારણ થતું નથી. કેટલીકવાર ધાતુના ક્ષારણની પ્રક્રિયા ફાયદાકારક હોય છે, કારણ કે ધાતુનું થયેલ ક્ષારણનું સ્તર તેની નીચે રહેલા ધાતુના સ્તરનું ક્ષારણ થતું અટકાવે છે. દા.ત., ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુની સપાટી

પ્રવૃત્તિ 2

ક્ષારણના કારણની ચકાસણી :

- સૌપ્રથમ ત્રણ ટેસ્ટટ્યૂબ લઈ તે દરેકમાં ત્રણ-ત્રણ લોખંડની ખીલીઓ મૂકો.
- ત્રણેય ટેસ્ટટ્યૂબને A, B અને C નામ આપો.
- ટેસ્ટટ્યૂબ Aમાં ખીલીઓનો અડધો ભાગ ડૂબે તેટલું પાણી ભરો અને ટેસ્ટટ્યૂબને બૂચ વડે બંધ કરો.
- ટેસ્ટટ્યૂબ Bમાં ખીલીઓ ડૂબે તેટલું ઉકાળેલું નિસ્યંદિત પાણી ભરો અને તેમાં આશરે 1 મિલિ તેલ ઉમેરો. આ ટેસ્ટટ્યૂબને બૂચ વડે બંધ કરો.
- ટેસ્ટટ્યૂબ Cમાં નિર્જળ કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડનો થોડો પાઉડર ઉમેરો.
- આમ કરવાથી ટેસ્ટટ્યૂબ Aમાં રહેલ ખીલીઓ, હવા અને પાણી બંનેના સંપર્કમાં છે. ટેસ્ટટ્યૂબ Bમાં રહેલ ખીલીઓ માત્ર પાણીના સંપર્કમાં છે, તેને હવા મળતી નથી. ટેસ્ટટ્યૂબ Cમાં ઉમેરેલ નિર્જળ કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ ભેજશોષક પદાર્થ હોવાથી આ ટેસ્ટટ્યૂબમાં માત્ર શુષ્ક હવા છે.



આકૃતિ 8.7 : ધાતુનું ક્ષારણ

- આ ત્રણેય ટેસ્ટટ્યૂબમાંની ખીલીઓનું થોડા દિવસ પછી અવલોકન કરો.
- અવલોકન કરતાં જણાશે કે ટેસ્ટટ્યૂબ Aમાં રહેલી ખીલીઓને કાટ લાગ્યો હશે, પણ ટેસ્ટટ્યૂબ B કે Cમાં રહેલી ખીલીઓને કાટ નહીં લાગ્યો હોય. આ સૂચવે છે કે ધાતુનું ક્ષારણ હવા અને પાણી એમ બંનેના સંપર્કથી થાય છે.
- તમારી પ્રયોગપોથીમાં વિગતે દર્શાવેલ આ પ્રયોગને સમજી પ્રયોગશાળામાં કરો.

હવામાં ખુલ્લી રહેતા તેના પર ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડનું પાતળું સ્તર બને છે. તે તેની નીચે રહેલા ધાતુના સ્તરનું ક્ષારણ થતું અટકાવે છે. તેથી ઍલ્યુમિનિયમની ચીજવસ્તુનું ક્ષારણ થતું નથી. ક્ષારણના કારણની આપણે પ્રવૃત્તિ દ્વારા ચકાસણી કરીએ.

ક્ષારણને કારણે વિશ્વમાં કરોડો રૂપિયાનું નુકસાન થાય છે. તેથી આ નુકસાનને ઘટાડવા માટે આવા ક્ષારણને અટકાવવાના ઉપાયો અંગે વિચારવાનું આપણા માટે અનિવાર્ય બને છે. પ્રવૃત્તિ દ્વારા આપણે સમજ પાકી કરી કે ધાતુક્ષારણ હવા અને પાણી એમ બંનેના સંપર્કથી થાય છે. આથી સ્પષ્ટ છે કે ક્ષારણ અટકાવવાના ઉપાયોમાં એવી બાબતોનો સમાવેશ થશે કે જે ધાતુની ચીજ-વસ્તુની સપાટીને હવા અને પાણી કે ભેજના સંપર્કથી દૂર રાખે.

ક્ષારણ અટકાવવાના ઉપાયો (Remedies for Prevention of Corrosion) : (1) લોખંડનું ક્ષારણ અટકાવવાની સરળ અને સસ્તી પદ્ધતિ લોખંડની સપાટી પર કલર કરવાની છે. મોટરગાડી (car) જેવા વાહનોની બૉડી, લોખંડની જાળી

કે થાંભલા વગેરેને કલર કરીને ક્ષારણ સામે રક્ષણ આપી શકાય છે. જો કરેલો કલર નીકળી જાય તો તે ચીજ-વસ્તુના ક્ષારણની ક્રિયા શરૂ થાય છે. તેથી આવી ચીજ-વસ્તુઓને નિશ્ચિત સમયાંતરે કલર કરવો જરૂરી બને છે.

(2) કેટલીકવાર લોખંડની ચીજ-વસ્તુઓ પર તેલ (oil) લગાડવાથી ક્ષારણ સામે રક્ષણ આપી શકાય છે. કારણ કે તેલનું સ્તર લોખંડની ચીજ-વસ્તુને હવા કે ભેજના સંપર્કમાં આવવા દેતું નથી. આ પદ્ધતિ લોખંડના નાના સાધનો જેવા કે હથોડી, પક્કડ, માળીની કાતર, પતરા કાપવાની કાતર વગેરે માટે વધુ વ્યવહારુ બને છે. પણ તે મોટી ચીજ-વસ્તુઓ માટે અનુકૂળ નથી, કારણ કે બહુ ઓછા સમયના અંતરે જે-તે સાધન પર ફરીથી તેલ લગાડવું જરૂરી બનતું હોય છે.

(3) લોખંડની સપાટી ઉપર ઝિંક ધાતુનું અતિ બારીક અસ્તર લગાવીને લોખંડનું ક્ષારણ અટકાવી શકાય છે. ઝિંકનું અસ્તર લગાવેલા લોખંડને ગૅલ્વેનાઇઝ્ડ આયર્ન કહે છે અને અસ્તર લગાવવાની ક્રિયાને ગૅલ્વેનાઇઝિંગ કહે છે. જો ગૅલ્વેનાઇઝ્ડ આયર્ન પરથી ઝિંકનું થોડું અસ્તર નીકળી જાય અને લોખંડની સપાટી ખુલ્લી થાય તોપણ લોખંડને કાટ લાગતો નથી, કારણ કે વધુ સક્રિય ઝિંક ધાતુ ખુલ્લા ભાગ પર પ્રસરી જઈ લોખંડને કટાતું અટકાવે છે. ઘરના છાપરામાં વપરાતા પતરાં ગૅલ્વેનાઇઝ્ડ પતરાં હોય છે.

(4) સ્ટીમરની લોખંડની પ્લેટોને કાટ લાગતો અટકાવવા માટે લોખંડ કરતા વધુ ક્રિયાશીલ ધાતુ જેવી કે મૅગ્નેશિયમ અથવા ઝિંકના મોટા ચોસલા લોખંડની પ્લેટોની સાથે જોડી દરિયાના પાણીના સંપર્કમાં રાખવામાં આવે છે. આમ કરવાથી લોખંડની પ્લેટ કૅથોડ તરીકે વર્તે છે અને મૅગ્નેશિયમ અથવા ઝિંકના ચોસલાં વધુ સક્રિય હોઈ ઍનોડ તરીકે વર્તે છે. આ ઝિંકના ચોસલાનું દરિયાના પાણીમાં સતત ક્ષારણ થતું રહે છે. તેમને સમયાંતરે બદલવા પડે છે. આને સેક્રિફિશિયલ (sacrificial) ઍનોડ કહે છે.

(5) યોગ્ય રાસાયણિક પદાર્થો કે જેને નિરોધકો (inhibitors) કહે છે, તેનો ઉપયોગ કરવાથી તે ધાતુની સપાટી સાથે રાસાયણિક બંધથી જોડાઈને ક્ષારણ અટકાવે છે.

(6) લોખંડ પર ઈનેમલ કલર(enamal paint)નું આવરણ લગાડીને ક્ષારણ અટકાવી શકાય છે.

(7) લોખંડનું ક્ષારણ અટકાવવાના અસરકારક ઉપાય તરીકે તેમાં અન્ય ધાતુ કે અધાતુ ઉમેરી તેના ગુણધર્મોમાં ફેરફાર કરીને ક્ષારણથી બચાવી શકાય છે. જેમ કે 70 % લોખંડ, 20 % ક્રોમિયમ અને 10 % નિકલ દ્વારા બનતી સ્ટેઇનલેસ સ્ટીલ મિશ્રધાતુ પર હવા, પાણી કે આલ્કલીની અસર થતી નથી તથા તેને કાટ પણ લાગતો નથી. તેથી રસોડાના વાસણો તથા વાઢકાપના સાધનો, ઉદ્યોગોમાં વપરાતા મોટા પાત્રો સ્ટેઇનલેસ સ્ટીલમાંથી બનાવવામાં આવે છે.

8.10 મિશ્રધાતુ (Alloys)

આપણે જાણીએ છીએ કે લોખંડ સૌથી વધુ વપરાતી ધાતુ છે. પણ તે તેના શુદ્ધ સ્વરૂપમાં હોતી નથી. આનું કારણ તે ગરમ હોય ત્યારે ખૂબ જ નરમ અને સરળતાથી દબાઈ જાય છે; પણ જો તેમાં ખૂબ જ ઓછા પ્રમાણમાં (આશરે 0.05 %) કાર્બન ઉમેરવામાં આવે તો તેનામાં કઠિનતા અને મજબૂતાઈ આવે છે. જો લોખંડમાં નિકલ અને ક્રોમિયમ ઉમેરવામાં આવે તો સ્ટેનલેસ સ્ટીલ મળે છે. તે મજબૂત અને કાટ ન લાગે તેવી હોય છે. આમ, લોખંડમાં કોઈ અન્ય પદાર્થ ઉમેરવામાં આવે છે ત્યારે તેના ગુણધર્મો બદલાઈ જાય છે, તેમ કોઈ પણ ધાતુમાં જો કોઈ અન્ય પદાર્થ ઉમેરવામાં આવે તો તેના ગુણધર્મો બદલાઈ જાય છે. તેમાં ઉમેરવામાં આવતા પદાર્થો ધાતુ કે અધાતુ હોઈ શકે છે. આમ, બે કે તેથી વધુ ધાતુ અથવા ધાતુ અને અધાતુના સમાંગ મિશ્રણને મિશ્રધાતુ કહે છે.

મિશ્રધાતુ બનાવવા માટે પ્રથમ મુખ્ય ધાતુને પિગાળી તેમાં જે પદાર્થ ઉમેરવાનો હોય તેને ચોક્કસ પ્રમાણમાં ઉમેરી ફરીથી ઓગાળવામાં આવે છે. ત્યારબાદ આ પિગળેલ મિશ્રણને ઠંડું પાડવામાં આવે છે. તાંબામાં ઝિંક ધાતુ ઉમેરીને બનાવાતી મિશ્રધાતુને પિત્તળ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. તેમાંથી રસોઈના વાસણો, યંત્રના ભાગો તથા સંગીતનાં સાધનો બનાવી શકાય છે. મિશ્રધાતુમાંની એક ધાતુ તરીકે મરક્યુરી હોય તો તેને એમાલ્ગમ (amalgam) કહે છે. મિશ્રધાતુની વીજવાહકતા તેની શુદ્ધ ધાતુ કરતાં ઓછી હોય છે. દા.ત., તાંબામાં અશુદ્ધિ રહેલ હોય તો તેની વીજવાહકતા શુદ્ધ તાંબા કરતાં ઓછી હોય છે. મિશ્રધાતુનું ગલનબિંદુ તેના ઘટક તત્ત્વો કરતાં ઓછું હોય છે. દા.ત., લેડ અને ટિનમાંથી બનાવેલ મિશ્રધાતુનું ગલનબિંદુ નીચું હોવાના કારણે તે ઇલેક્ટ્રિક વાયરને રેણ (soldering) કરવા વપરાય છે. કેટલીક મિશ્રધાતુઓના ઘટકો, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો કોષ્ટક 8.2માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 8.2 : મિશ્રધાતુઓ, તેના ઘટકો, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો

મિશ્રધાતુ	ઘટકો	ગુણધર્મો	ઉપયોગો
સ્ટીલ	આયર્ન, કાર્બન	કઠિન અને મજબૂત	મકાન અને પુલના બાંધકામમાં, જહાજ બનાવવામાં તથા મોટરસાઈકલના સ્પેરપાર્ટ્સ બનાવવામાં
સ્ટેઇનલેસ સ્ટીલ	આયર્ન, નિકલ, ક્રોમિયમ	હવા, પાણી, આલ્કલીની અસર થતી નથી અને કાટ પણ લાગતો નથી.	વાસણો, બ્લેડ, વાઢકાપના સાધનો બનાવવામાં
બ્રાસ (પિત્તળ)	કૉપર, ઝિંક	ટીપનીય (malleable) મજબૂત, ક્ષારણ પ્રતિકારક તથા તેને સરળતાથી ઘાટ આપી શકાય છે.	રસોઈના વાસણો, યંત્રના ભાગો તથા સંગીતના સાધનો બનાવવામાં
કાંસું (Bronze)	કૉપર, ટિન	વધુ મજબૂત અને વધુ ક્ષારણ પ્રતિકારકતા	પૂતળાં (statues), ચલણી સિક્કા (coins) તથા મેડલ બનાવવામાં
મેગ્નેલિયમ	ઍલ્યુમિનિયમ, મેગ્નેશિયમ	વધુ હલકું અને સખત (hard)	વૈજ્ઞાનિક તુલા તથા વજનમાં હલકા સાધનો (instruments) બનાવવામાં
ડુરાલ્યુમિન (Duralumin)	ઍલ્યુમિનિયમ, તાંબુ અને અલ્પ પ્રમાણમાં મેગ્નેશિયમ અને મૅંગેનીઝ	હલકું, મજબૂત અને ક્ષારણ પ્રતિકારક	ઍરક્રાફ્ટ અને પ્રેશરકૂકરની બનાવટમાં

8.11 કૅરેટ એકમમાં સોનાની શુદ્ધતા (Purity of Gold in Carat Unit)

સોનાની શુદ્ધતાને કૅરેટ એકમમાં રજૂ કરવામાં આવે છે. શુદ્ધ સોનાને 24 કૅરેટનું ગણવામાં આવે છે. તે ખૂબ જ નરમ હોવાથી તેમાંથી બનાવેલા આભૂષણો પર થોડુંક દબાણ આવે તોપણ તેમના આકાર બદલાઈ જાય છે; પણ જો શુદ્ધ સોનામાં થોડાક પ્રમાણમાં તાંબુ કે ચાંદી ઉમેરવામાં આવે તો તેની મજબૂતાઈ વધે છે. આપણા દેશમાં સામાન્ય રીતે આભૂષણો 22 કૅરેટનું સોનું એટલે કે 22 ભાગ શુદ્ધ સોનું અને 2 ભાગ તાંબુ કે ચાંદીની મિશ્રધાતુ ધરાવતા હોય છે.

તમે શું શીખ્યા ?

- પૃથ્વીના પોપડામાંથી જે અકાર્બનિક તત્ત્વો કે સંયોજનો કુદરતી રીતે મળી આવે છે તેને ખનિજ (mineral) કહે છે.
- ખનિજમાં કોઈ ચોક્કસ ધાતુ વિશેષ પ્રમાણમાં હોય અને તે ધાતુનું નિષ્કર્ષણ કરવું ફાયદાકારક હોય તો આ ખનિજને તે ચોક્કસ ધાતુની કાચી ધાતુ (ore) કહે છે.
- કાચી ધાતુ મુખ્યત્વે સિલિકેટ, કાર્બોનેટ, ઑક્સાઇડ, ફૉસ્ફેટ, સલ્ફાઇડ વગેરે સ્વરૂપમાં હોય છે.
- કાચી ધાતુમાંથી ધાતુ છૂટી પાડી તેને શુદ્ધ કરવાના શાસ્ત્રને ધાતુશાસ્ત્ર અથવા ધાતુકર્મવિધિ (metallurgy) કહે છે.

  ધાતુકર્મવિધિના પાંચ તબક્કા : (1) કાચી ધાતુમાંથી પાઉડર (2) કાચી ધાતુનું સંકેન્દ્રણ (3) ભૂંજન, કેલ્શિનેશન અને પિગલન (4) રિડક્શન (5) ધાતુનું વિશુદ્ધીકરણ

બૉક્સાઇટમાંથી ઍલ્યુમિનિયમ નિષ્કર્ષણના બે તબક્કા :

(1) કાચી ધાતુ બૉક્સાઇટમાંથી ઍલ્યુમિના મેળવવું.

(2) વિદ્યુતરાસાયણિક રિડક્શન દ્વારા ઍલ્યુમિનામાંથી ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુ મેળવવી.

- હિમેટાઇટ(Fe_2O_3)માંથી Feનું નિષ્કર્ષણ વાતભઠ્ઠી દ્વારા કરવામાં આવે છે.
- ધાતુની સક્રિયતા શ્રેણી : K > Na > Ca >Mg > Al > Zn > Fe > Pb > (H) > Cu > Hg > Ag > Au

ધાતુના ભૌતિક ગુણધર્મો :

- ધાતુઓ ચળકાટવાળી, ઘન સ્વરૂપે (અપવાદ : Hg, Ga), કઠિન (અપવાદ : Na, K), વજનમાં ભારે (અપવાદ : Na, K, Mg, Al) હોય છે.
- તણાવપણા અને ટીપાઉપણાનો ગુણધર્મ ધરાવે છે.
- ઉષ્મા અને વિદ્યુતની સુવાહક હોય છે (અપવાદ : Pb, Hg)
- ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ ઊંચા હોય છે.
- ધાતુઓને અફાળવાથી રણકાર ઉત્પન્ન થાય છે.
- એક ધાતુમાં બીજી ધાતુ ઉમેરીને મિશ્રધાતુ બનાવી શકાય છે.

ધાતુના રાસાયણિક ગુણધર્મો :

- ધાતુ + ડાયઑક્સિજન વાયુ → ધાતુનો ઑક્સાઇડ
- ધાતુ + પાણી → ધાતુ હાઇડ્રૉક્સાઇડ કે ધાતુ ઑક્સાઇડ + ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ
- ધાતુ + મંદ ઍસિડ (HCl / H_2SO_4) → ધાતુના ક્ષાર + ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ
- ધાતુ + ડાયક્લોરિન વાયુ → ધાતુ ક્લોરાઇડ
- સક્રિય ધાતુ (Na, K, Ca) + ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ → ધાતુ હાઇડ્રાઇડ
- કોઈ પણ ધાતુની સપાટી હવા, પાણી કે ભેજના સંપર્કમાં આવે ત્યારે તેનું ખવાણ થવાની ક્રિયાને ધાતુક્ષારણ કહે છે.
- બે કે તેથી વધુ ધાતુ અથવા ધાતુ અને અધાતુના સમાંગ મિશ્રણને મિશ્રધાતુ કહે છે. સ્ટેઇનલેસ સ્ટીલ, પિત્તળ, કાંસું, મૅગ્નેલિયમ, ડ્યુરાલ્યુમિન અને 22 કૅરેટનું સોનું મિશ્રધાતુનાં ઉદાહરણો છે.

ધાતુકર્મવિધિ

- → કાચી ધાતુમાંથી પાઉડર - કાચી ધાતુ દળીને પાઉડર બનાવવામાં આવે છે.
- → કાચી ધાતુનું સંકેન્દ્રણ (મોટાભાગની અશુદ્ધિઓ દૂર કરી કાચી ધાતુનું સંકેન્દ્રણ વધારવામાં આવે છે.)
  - → ઘનતાના તફાવતના આધારે સંકેન્દ્રણ (કાચી ધાતુ અને અશુદ્ધિઓની ઘનતામાં મોટો તફાવત હોય ત્યારે)
  - → ફીણ-પ્લવન પદ્ધતિ (સલ્ફાઇડયુક્ત કાચી ધાતુના સંકેન્દ્રણ માટે)
  - → ચુંબકીય અલગીકરણ (કાચી ધાતુ કે અશુદ્ધિ તરીકે લોખંડ હોય ત્યારે)

ધાતુકર્મવિધિ

- ભૂંજન, કેલ્શિનેશન, પિગલન (સંકેન્દ્રિત કાચી ધાતુનું ધાતુ ઑક્સાઇડમાં રૂપાંતર) →
  - ભૂંજન (સલ્ફાઇડયુક્ત કાચી ધાતુમાંથી ધાતુ ઑક્સાઇડ બને છે.)
  - કેલ્શિનેશન (કાર્બોનેટયુક્ત કાચી ધાતુમાંથી ધાતુ ઑક્સાઇડ બને છે.)
  - પિગલન (કાચી ધાતુ પીગળેલા સ્વરૂપે હોય છે.)
- રિડક્શન (ધાતુ ઑક્સાઇડમાંથી ધાતુ મેળવવા) →
  - રાસાયણિક રિડક્શન (ધાતુ ઑક્સાઇડ + C કે CO $\xrightarrow{\Delta}$ ધાતુ)
  - વિદ્યુતરાસાયણિક રિડક્શન (કૅથોડ પર પીગલિત ધાતુ ઍનોડ પર ઑક્સિજન વાયુ)
- ધાતુનું વિશુદ્ધીકરણ (ધાતુને અતિશુદ્ધ સ્વરૂપમાં ફેરવવા) →
  - વિદ્યુતવિભાજન
    ઍનોડ : અશુદ્ધ ધાતુમાંથી ધાતુ આયન
    કૅથોડ : ધાતુ આયનમાંથી શુદ્ધ ધાતુ
  - પ્રવાહીકરણ (ધાતુ પ્રવાહીમાં ફેરવાય છે, અશુદ્ધિ ઘન સ્વરૂપે રહે છે.)
  - વિભાગીય વિશુદ્ધીકરણ (અશુદ્ધિઓ સ્ફટિક સ્વરૂપે અલગ પડે છે.)

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) ઍલ્યુમિનાનું રાસાયણિક સૂત્ર કયું છે ?

(A) Al_2O_3 (B) $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ (C) $Al_2O_3 \cdot H_2O$ (D) $NaAlO_2$

(2) નીચેના પૈકી કઈ પ્રક્રિયાને ભૂંજન કહે છે ?

(A) $ZnCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} ZnO(s) + CO_2(g)$

(B) $2ZnS(s) + 3O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2ZnO(s) + 2SO_2(g)$

(C) $ZnO(s) + C(s) \xrightarrow{\Delta} Zn(s) + CO(g)$

(D) $Zn(s) + H_2O(g) \xrightarrow{\Delta} ZnO(s) + H_2(g)$

(3) નીચેના પૈકી કઈ મિશ્રધાતુ છે ?

(A) સિલ્વર (B) ગેલિયમ

(C) 22 કૅરેટવાળુ સોનું (D) 24 કૅરેટવાળુ સોનું

(4) કઈ પ્રક્રિયા દરમિયાન સામાન્ય સંજોગોમાં ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થતો નથી ?

(A) ધાતુ + મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (B) ધાતુ + મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ

(C) ધાતુ + મંદ નાઇટ્રિક ઍસિડ (D) ધાતુ + પાણી

(5) નીચેના પૈકી શેમાં વિસ્થાપન પ્રક્રિયા શક્ય છે ?

(A) NaClનું દ્રાવણ + તાંબાનો સિક્કો (B) $MgCl_2$નું દ્રાવણ + ઍલ્યુમિનિયમનો સિક્કો

(C) $FeSO_4$નું દ્રાવણ + ચાંદીનો સિક્કો (D) $AgNO_3$નું દ્રાવણ + તાંબાનો સિક્કો

(6) નીચેના પૈકી કઈ પ્રક્રિયા શક્ય નથી ?

(A) $Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$

(B) $Zn(s) + FeSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Fe(s)$

(C) $Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$

(D) $Cu(s) + FeSO_4(aq) \rightarrow CuSO_4(aq) + Fe(s)$

(7) કઈ પ્રક્રિયા દ્વારા ધાતુ ઑક્સાઇડમાંથી ધાતુ મેળવી શકાય છે ?

(A) પ્રવાહીકરણ (B) રિડક્શન (C) કેલ્શિનેશન (D) ભૂંજન

(8) નીચેના પૈકી કયું વિધાન ખોટું છે ?

(A) લોખંડનું ક્ષારણ હવા અને પાણીના સંપર્કથી થાય છે.

(B) ધાતુના ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ નીચાં હોય છે.

(C) કાર્બોનેટયુક્ત કાચી ધાતુને ધાતુ ઑક્સાઇડમાં રૂપાંતર કરવાની પદ્ધતિને કેલ્શિનેશન કહે છે.

(D) ઓછી સક્રિય ધાતુનું તેમના ક્ષારના દ્રાવણમાંથી વધુ સક્રિય ધાતુ વડે વિસ્થાપન થાય છે.

(9) ઈલેક્ટ્રિક વાયરનું રેણ (સોલ્ડરિંગ) કરવામાં કઈ મિશ્રધાતુ વપરાય છે ?

(A) તાંબુ + ઝિંક (B) ઍલ્યુમિનિયમ (C) લેડ + ટિન (D) તાંબુ + ટિન

(10) પૃથ્વી પર સૌથી વધુ પ્રમાણમાં મળી આવતી ધાતુ કઈ છે ?

(A) લોખંડ (B) તાંબુ (C) ઍલ્યુમિનિયમ (D) સિલ્વર

(11) થર્મોમીટરમાં કઈ ધાતુ વપરાય છે ?

(A) સિલ્વર (B) મરક્યુરી (C) સોડિયમ (D) કૉપર

(12) નીચેના પૈકી કયો પદાર્થ ભેજશોષક છે ?

(A) ક્રાયોલાઇટ (B) ફેલ્સપાર

(C) નિર્જળ કેલ્શિયમ ક્લોરાઇડ (D) સ્લૅગ

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) તત્ત્વોને કયા ત્રણ વિભાગમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યા છે ?

(2) કઈ ધાતુઓ કુદરતમાં મુક્ત સ્વરૂપે મળે છે ?

(3) કુદરતમાં કાચી ધાતુ કયા કયા સ્વરૂપે મળી આવે છે ?

(4) લોખંડની બે કાચી ધાતુના નામ અને સૂત્ર લખો.

(5) કૉપરની બે કાચી ધાતુના નામ અને સૂત્ર લખો.

(6) કાચી ધાતુના સંકેન્દ્રણ માટેની ત્રણ પદ્ધતિના નામ લખો.

(7) ધાતુ ઑક્સાઇડના રિડક્શન માટે કઈ બે પદ્ધતિઓ વપરાય છે ?

(8) ધાતુના વિશુદ્ધીકરણ માટે ઉપયોગમાં લેવાતી ત્રણ પદ્ધતિના નામ લખો.

(9) ધાતુના વિશુદ્ધીકરણ માટેની વિદ્યુતવિભાજન પદ્ધતિમાં ઍનોડ અને કૅથોડ તરીકે શું લેવામાં આવે છે ?

(10) બૉક્સાઇટમાં મુખ્યત્વે કઈ અશુદ્ધિઓ રહેલી હોય છે ?

(11) વિદ્યુતરાસાયણિક રિડક્શનથી ઍલ્યુમિનામાંથી ઍલ્યુમિનિયમ મેળવવા કયા બે પદાર્થોને ઍલ્યુમિના સાથે ઉમેરવામાં આવે છે ?

(12) કયા પદાર્થને સ્લૅગ કહે છે ? તેનું રાસાયણિક સૂત્ર લખો.

(13) સ્લૅગનો ઉપયોગ જણાવો.

(14) ધાતુની સક્રિયતા શ્રેણી નક્કી કરવામાં કયા સામાન્ય સિદ્ધાંતને ધ્યાનમાં લેવાયો છે ?

(15) વધુ નરમ ધાતુના બે નામ જણાવો.

(16) વિદ્યુતની મંદવાહક ધાતુના બે નામ લખો.

(17) પાણીમાં દ્રાવ્ય થઈ આલ્કલી બનાવતા ધાતુ ઑક્સાઇડના બે નામ લખો.

(18) કઈ બે ધાતુઓ પાણી સાથેની પ્રક્રિયા દરમિયાન ધડાકા સાથે સળગી ઉઠે છે?

(19) હાઇડ્રોજન સાથે ધાતુ હાઇડ્રાઇડ બનાવતી ધાતુના બે ઉદાહરણ જણાવો.

(20) સામાન્ય રીતે કઈ બે ધાતુનું ક્ષારણ થતું નથી ?

(21) સ્ટેઇનલેસ સ્ટીલ કઈ ધાતુઓનું સમાંગ મિશ્રણ છે ?

(22) મિશ્રધાતુના બે ઉદાહરણ જણાવો.

(23) કાટનું રાસાયણિક સૂત્ર લખો.

(24) નીચે જણાવેલ પર્યાયો સમજાવો :

(i) ખનિજ

(ii) કાચી ધાતુ

(iii) ધાતુશાસ્ત્ર

(iv) સેન્ટ્રિફ્યુગેશન

(v) ભૂંજન

(vi) કૅલ્શિનેશન

(vii) ઍનોડિક પંક

(viii) ધાતુ ક્ષારણ

(ix) મિશ્રધાતુ

(x) ગૅલ્વેનાઇઝિંગ

(25) નીચેની પ્રક્રિયાઓની નીપજોનાં સૂત્રો, નામ અને ભૌતિક સ્થિતિ દર્શાવો :

(i) $2PbS(s) + 3O_2(g) \rightarrow$

(ii) $MgCO_3(s) \xrightarrow{\Delta}$

(iii) $Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \xrightarrow{\Delta}$

(iv) $Fe_2O_3(s) + 2Al(s) \xrightarrow{\Delta}$

(v) $2Al(OH)_3(s) \xrightarrow[\Delta]{1473\ K}$

(vi) $CaO(s) + SiO_2(s) \rightarrow$

(vii) $K_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow$

(viii) $Mg(s) + 2H_2O(l) \rightarrow$

(ix) $Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow$

(x) $Ca(s) + Cl_2(g) \rightarrow$

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :

(1) કાચી ધાતુમાંથી આયર્નની અશુદ્ધિ દૂર કરવાની પદ્ધતિ વર્ણવો.

(2) કોપરની કાચી ધાતુ કોપર પાઈરાઈટ્સના સંકેન્દ્રણ માટેની પદ્ધતિ સમજાવો.

(3) ZnS અને $ZnCO_3$નું ZnOમાં રૂપાંતર કઈ પદ્ધતિઓ દ્વારા કરી શકાય છે ? રાસાયણિક સમીકરણ લખી સમજાવો.

(4) તાંબાનું શુદ્ધીકરણ વિદ્યુતવિભાજન પદ્ધતિ દ્વારા સમજાવો.

(5) ધાતુના ચાર ભૌતિક ગુણધર્મો લખો.

(6) મૅગ્નેશિયમ ધાતુની ઑક્સિજન વાયુ, પાણી, મંદ હાઈડ્રોકલોરિક ઍસિડ અને ડાયકલોરિન વાયુ સાથેની પ્રક્રિયાના રાસાયણિક સમીકરણ લખો.

(7) પિત્તળ અને કાંસામાં રહેલા ઘટકો અને ઉપયોગો જણાવો.

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :

(1) ટૂંક નોંધ લખો : પૃથ્વી-તત્ત્વોનો ખજાનો

(2) કાચી ધાતુનું સંકેન્દ્રણ કરવાની જુદી જુદી પદ્ધતિઓ સમજાવો.

(3) ભૂંજન, કૅલ્શિનેશન અને પિગલન સમજાવો.

(4) રાસાયણિક રિડકશન અને વિદ્યુતરાસાયણિક રિડકશન સમજાવો.

(5) ધાતુના વિશુદ્ધીકરણ માટેની પ્રવાહીકરણ અને વિભાગીય વિશુદ્ધીકરણ પદ્ધતિ સમજાવો.

5. નીચેના પ્રશ્નોના મુદ્દાસર ઉત્તર લખો :

(1) બૉક્સાઈટમાંથી ઍલ્યુમિનિયમના નિષ્કર્ષણની ચર્ચા કરો.

(2) હિમેટાઈટમાંથી આયર્નનું નિષ્કર્ષણ સમજાવો.

(3) ધાતુઓની સક્રિયતા શ્રેણી લખો. Fe, Cu અને Ag ધાતુઓનો સક્રિયતાક્રમ નક્કી કરવાનો પ્રયોગ ચર્ચો.

(4) ધાતુના રાસાયણિક ગુણધર્મો લખો.

(5) ધાતુક્ષારણના કારણ જણાવી તેને અટકાવવાના ઉપાયો વર્ણવો.

(6) મિશ્રધાતુ એટલે શું ? તેના ફાયદા જણાવો. ત્રણ મિશ્રધાતુના નામ જણાવી તેમાં રહેલા ઘટકો, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો જણાવો.

એકમ

9

અધાતુઓ (Non-metals)

9.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

રસાયણવિજ્ઞાનમાં હાલ સુધીમાં જાણીતાં 114 તત્ત્વો પૈકીના માત્ર 18 તત્ત્વો જ ધાતુતત્ત્વોની જેમ વર્તતા નથી. આ તત્ત્વોને અધાતુ કહેવામાં આવે છે. અધાતુ તત્ત્વોને આધુનિક આવર્ત કોષ્ટકમાં જમણી બાજુએ દર્શાવેલા છે. અધાતુ તત્ત્વો ઓરડાના તાપમાને મુખ્યત્વે ઘન અથવા વાયુ સ્વરૂપમાં જોવા મળે છે. માત્ર બ્રોમિન જ પ્રવાહી સ્વરૂપે જોવા મળે છે. હાઇડ્રોજન, નાઇટ્રોજન, ઑક્સિજન, ક્લોરિન વગેરે વાયુમય અધાતુ તત્ત્વોના અને કાર્બન, સલ્ફર, ફૉસ્ફરસ વગેરે ઘન સ્વરૂપના અધાતુ તત્ત્વોના ઉદાહરણ છે. અધાતુ તત્ત્વોની સંખ્યા ઓછી છે. પણ રોજિંદા જીવનમાં તેમનો ફાળો વિશેષ છે. જેમ કે વનસ્પતિ તેલમાંથી વનસ્પતિ ઘી બનાવવા માટેની હાઇડ્રોજીનેશન પ્રક્રિયામાં ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ (H_2)નો ઉપયોગ થાય છે. એમોનિયાના સંયોજનો ખાતર તરીકે વપરાય છે. આ એમોનિયાના ઉત્પાદનમાં ડાયનાઇટ્રોજન ઉપરાંત ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ વધુ પ્રમાણમાં વપરાય છે. આપણે જાણીએ છીએ તેમ દરેક સજીવની વૃદ્ધિ અને વિકાસ માટે વિટામિન, પ્રોટીન, કાર્બોહાઇડ્રેટ, ઉત્સેચકો વગેરે મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. આ ઘટકોના પાયામાં કાર્બન તત્ત્વ રહેલું છે. વિદ્યુતવિભાજનકોષ અને સૂકાકોષમાં પણ કાર્બન ગ્રેફાઇટ સ્વરૂપે વીજધ્રુવ તરીકે વપરાય છે. સજીવસૃષ્ટિને જીવંત રાખવા અને દહન પ્રક્રિયા માટે હવામાંનો ઑક્સિજન ઉપયોગી બને છે. સલ્ફર વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાં રહેલા પદાર્થોમાં હોય છે. તે પ્રોટીન, વાળ, ઊન, ડુંગળી અને લસણ વગેરેમાં હાજર હોય છે. સલ્ફર ફૂગનાશક તરીકે અને બંદૂકનો દારૂગોળો બનાવવામાં વપરાય છે. આ એકમમાં આપણે હાઇડ્રોજન અને સલ્ફર જેવા અધાતુ તત્ત્વો અને તેમના અગત્યના સંયોજનોનો અભ્યાસ કરીશું.

9.2 અધાતુ તત્ત્વોના ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties of Non-metals)

અધાતુ તત્ત્વો, ધાતુ તત્ત્વોથી વિરુદ્ધના ભૌતિક ગુણધર્મો ધરાવે છે. અધાતુ તત્ત્વો ટિપાઉપણાં કે તણાવપણાંનો ગુણધર્મ ધરાવતાં નથી. ઘન સ્વરૂપના અધાતુ તત્ત્વો બરડ (brittle) હોય છે. અધાતુ તત્ત્વોની સપાટી ચળકાટવાળી હોતી નથી, પણ અપવાદરૂપે આયોડિન ચળકાટ ધરાવે છે. અધાતુ તત્ત્વો સામાન્ય રીતે નરમ હોય છે પણ હીરો સૌથી કઠણ પદાર્થ છે. અધાતુ તત્ત્વો વિદ્યુત અને ઉષ્માના અવાહક હોય છે. પણ ગ્રેફાઇટ વિદ્યુતવાહક તરીકે છે.

9.3 અધાતુ તત્ત્વોના રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties of Non-metallic Elements)

અધાતુ તત્ત્વો ઇલેક્ટ્રૉન મેળવી સરળતાથી ઋણ આયન બનાવે છે. તેથી અધાતુ તત્ત્વોને ઇલેક્ટ્રૉન ઋણમય તત્ત્વો કહે છે.

$Cl + e^- \rightarrow Cl^-$

$O + 2e^- \rightarrow O^{2-}$

$S + 2e^- \rightarrow S^{2-}$

હવે, આપણે અધાતુ તત્ત્વોના રાસાયણિક ગુણધર્મોની ચર્ચા કરીશું.

(1) અધાતુની ડાયઑક્સિજન વાયુ સાથે પ્રક્રિયા : અધાતુ તત્ત્વો ડાયઑક્સિજન વાયુ સાથે સંયોજાઈ ઑક્સાઇડ બનાવે છે. આ ઍસિડિક કે તટસ્થ હોય છે, પણ બેઝિક હોતા નથી.

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

કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

$$S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$$

સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ

$$P_4(s) + 5O_2(g) \rightarrow 2P_2O_5 \text{ અથવા } P_4O_{10}(g)$$

ફૉસ્ફરસ પેન્ટોક્સાઇડ

કાર્બન ડાયોક્સાઇડ, સલ્ફર ડાયોક્સાઇડ અને ફૉસ્ફરસ પેન્ટોક્સાઇડ ઍસિડિક છે. તેઓ પાણી સાથેની પ્રક્રિયાથી ઍસિડ બનાવે છે.

$$CO_2(g) + H_2O\ (l) \rightarrow H_2CO_3(aq)$$

કાર્બોનિક ઍસિડ

$$SO_2(g) + H_2O\ (l) \rightarrow H_2SO_3(aq)$$

સલ્ફ્યુરસ ઍસિડ

$$2P_2O_5(g) + 6H_2O\ (l) \rightarrow 4H_3PO_4(aq)$$

ફૉસ્ફોરિક ઍસિડ

કાર્બન મોનોક્સાઇડ (CO), નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ (N_2O) અને પાણી (H_2O) તટસ્થ ઑક્સાઇડના ઉદાહરણો છે.

(2) અધાતુની ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા : અધાતુ તત્વો ઇલેક્ટ્રૉન સ્વીકારનાર તત્ત્વો છે. તેથી તે મંદ ઍસિડમાંના હાઇડ્રોજનને સરળતાથી વિસ્થાપિત કરી શકતા નથી. આમ, અધાતુ તત્ત્વો પર મંદ ઍસિડની અસર જોવા મળતી નથી. જેમ કે કાર્બન અને સલ્ફરની મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ કે મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા થતી નથી.

(3) અધાતુની ડાયક્લોરિન વાયુ સાથે પ્રક્રિયા : અધાતુ તત્ત્વોની ડાયક્લોરિન વાયુ સાથેની પ્રક્રિયાથી અધાતુના ક્લોરાઇડ બને છે. આ ક્લોરાઇડ સંયોજનો સામાન્ય રીતે બાષ્પશીલ પ્રવાહી કે વાયુ સ્વરૂપે હોય છે.

$$P_4(s) + 6Cl_2(g) \rightarrow 4PCl_3(g)$$

ફૉસ્ફરસ ટ્રાયક્લોરાઇડ

(4) અધાતુની ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ સાથે પ્રક્રિયા : અધાતુ તત્ત્વો ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ સાથે પ્રક્રિયા કરી સ્થાયી હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો બનાવે છે. આ હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો અધાતુ તત્ત્વ અને હાઇડ્રોજન વચ્ચે ઇલેક્ટ્રૉનની ભાગીદારીથી બને છે. દા.ત., એમોનિયા (NH_3), પાણી (H_2O), મિથેન (CH_4), હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ (H_2S) વગેરે.

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

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

$$C(s) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$$

$$S(s) + H_2(g) \rightarrow H_2S(g)$$

9.4 હાઇડ્રોજન (Hydrogen)

હાઇડ્રોજન શબ્દ ગ્રીક ભાષાના બે શબ્દો પાણી (hydro) અને ઉત્પન્ન થવું (gene) પરથી રચાયેલ છે. એટલે કે પાણી ઉત્પન્ન કરનાર તરીકે ઓળખાય છે. હાઇડ્રોજન તત્ત્વની સંજ્ઞા (H) છે. હાઇડ્રોજનની શોધ 1766માં ઇંગ્લેન્ડના રસાયણવિજ્ઞાની હેન્રી કેવેન્ડિશે (Henry Cavendish) કરી હતી. હાઇડ્રોજન આવર્તકોષ્ટકમાં પ્રથમ ક્રમે છે. તે વજનમાં સૌથી હલકો છે. હાઇડ્રોજન પરમાણુ વધુ સક્રિય હોવાથી તે સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ ધરાવતો નથી. પણ તે ડાયહાઇડ્રોજન અણુ (H_2) સ્વરૂપે કે અન્ય તત્ત્વ સાથેના સંયોજન સ્વરૂપે સ્થાયી અસ્તિત્વ ધરાવે છે. પૃથ્વી પરના ચાર ભાગમાંથી ત્રણ ભાગમાં પાણી છે કે જે હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનનું સંયોજન છે. સજીવ પદાર્થોમાં પણ કાર્બન તત્ત્વની સાથે હાઇડ્રોજન તત્ત્વ જોડાયેલ છે. હાઇડ્રોજન અવકાશમાં રહેલો જોવા મળે છે. હાઇડ્રોજન કેન્દ્રિય ગલન પ્રક્રિયા મારફતે હિલિયમમાં રૂપાંતર પામે છે ત્યારે સૂર્યશક્તિ પેદા થાય છે.

(1) ડાયહાઇડ્રોજન વાયુની બનાવટ (Preparation of Dihydrogen Gas) : ધાતુની પાણી અથવા મંદ ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયાથી ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ બનાવી શકાય છે. વધુ સક્રિય ધાતુ જેવી કે પોટૅશિયમ, સોડિયમ, કૅલ્શિયમની ઠંડા પાણી સાથેની પ્રક્રિયાથી ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

$$2Na(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$$

$$Ca(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq) + H_2(g)$$

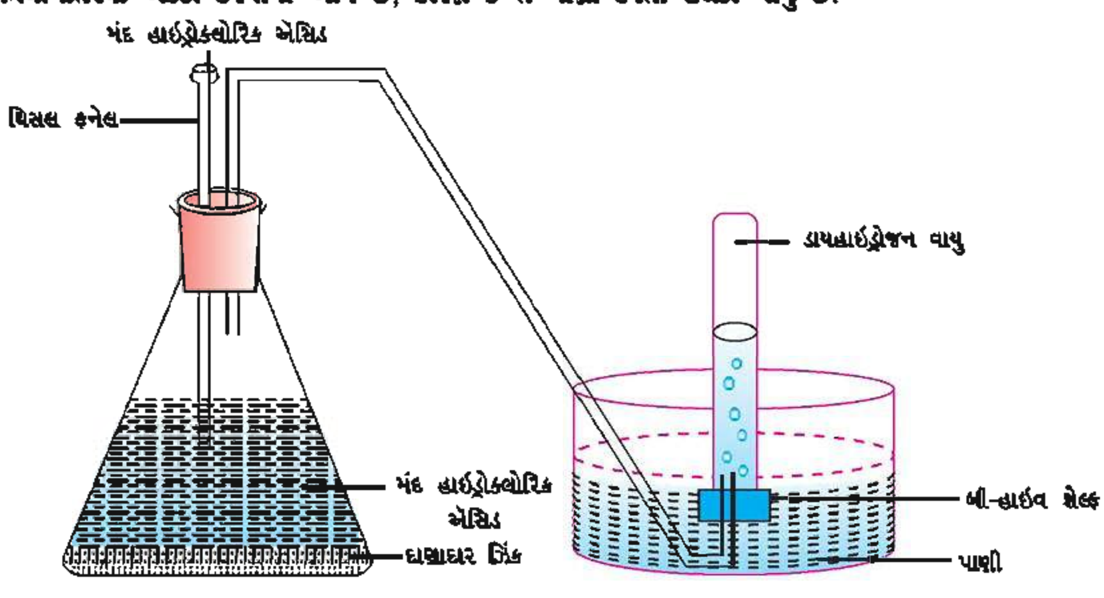
મૅગ્નેશિયમ, ઝિંક, આયર્ન જેવી ઓછી સક્રિય ધાતુઓ પાણીની વરાળ સાથે પ્રક્રિયા કરી ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન કરે છે.

$$Mg(s) + H_2O(g) \rightarrow MgO(s) + H_2(g)$$

$$Zn(s) + H_2O(g) \rightarrow ZnO(s) + H_2(g)$$

$$3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightarrow Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$$

(2) પ્રયોગશાળામાં ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ(H_2)ની બનાવટ (Preparation of Dihydrogen Gas in Laboratory) : પ્રયોગશાળામાં ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ બનાવવા માટે સામાન્ય રીતે આકૃતિ 9.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે 500 મિલિના કૉનિકલ ફ્લાસ્કમાં દાણાદાર ઝિંક ધાતુના ટુકડા લેવામાં આવે છે. તેમાં થિસલ ફનેલ મારફતે મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ કે મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ઉમેરવામાં આવે છે. તેમની વચ્ચે રાસાયણિક પ્રક્રિયા થઈ ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. આ વાયુને વાયુપાત્રમાં પાણીના અધઃસ્થાનાંતરથી એકઠો કરવામાં આવે છે, કારણ કે તે પાણી કરતાં હલકો વાયુ છે.



આકૃતિ 9.1 : પ્રયોગશાળામાં ડાયહાઇડ્રોજન વાયુની બનાવટ

પ્રક્રિયા :

$$Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$$

$$Zn(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$$

(3) ડાયહાઇડ્રોજન વાયુનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન (Indurstrial Manufacturing of Dihydrogen Gas) : હાલના સમયમાં ડાયહાઇડ્રોજન વાયુનો ઉપયોગ ઉદ્યોગોમાં વધુ થાય છે. ડાયહાઇડ્રોજન વાયુનું ઉત્પાદન કુદરતી વાયુમાંથી કરી શકાય છે. કુદરતી વાયુમાં મુખ્ય ઘટક મિથેન છે. કુદરતી વાયુને પાણીની વરાળ સાથે ભેળવી નિકલ ઉદ્દીપક પરથી 1073 K તાપમાને અને 30 બાર દબાણે પસાર કરવાથી રાસાયણિક પ્રક્રિયા થઈ કાર્બન મોનૉક્સાઇડ અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુનું મિશ્રણ મળે છે. આ વાયુ મિશ્રણને જળવાયુ કહે છે.

$$CH_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow[1073\,K\ 30\ \text{બાર}]{Ni} CO(g) + 3H_2(g)$$

જળવાયુની ફરીથી પાણીની વરાળ સાથે પ્રક્રિયા કરતાં વધુ ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે અને કાર્બન મોનૉક્સાઇડ વાયુ દૂર થાય છે.

$$CO(g) + H_2O(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2(g)$$

આ વાયુ મિશ્રણમાંથી ડાયહાઇડ્રોજન વાયુને અલગ કરવા માટે આ વાયુ મિશ્રણને 30 બાર દબાણે પાણીમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે. કારણ કે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ પાણીમાં દ્રાવ્ય હોવાથી ઓગળે છે, પણ ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ પાણીમાં અદ્રાવ્ય હોવાથી પસાર થઈ શકે છે. આ રીતે મળતાં ડાયહાઇડ્રોજન વાયુને વાયુપાત્રમાં એકઠો કરી શકાય છે.

આ ઉપરાંત વૉલ્ટામીટર સાધનના ઉપયોગ દ્વારા શુદ્ધ પાણીનું વિદ્યુતવિભાજન કરી શુદ્ધ ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ મેળવી શકાય છે.

(4) ડાયહાઇડ્રોજન વાયુના ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties of Dihydrogen Gas) :

- ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ રંગવિહીન, ગંધવિહીન અને સ્વાદવિહીન છે.
- સામાન્ય રીતે પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે.
- હવા કરતાં ઘણો હલકો અને બધા વાયુઓ કરતાં પણ હલકો હોવાથી તે સૌથી હલકો વાયુ છે.
- લાલ કે ભૂરા ભીના લિટમસપત્ર ઉપર કોઈ અસર દર્શાવતો નથી, તેથી તે તટસ્થ વાયુ છે.

(5) ડાયહાઇડ્રોજન વાયુના રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties of Dihydrogen Gas) :

1. ડાયઑક્સિજન વાયુ સાથે પ્રક્રિયા : ડાઇહાઇડ્રોજન વાયુની ડાયઑક્સિજન વાયુ સાથે રાસાયણિક પ્રક્રિયા થતાં પાણી બને છે.

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

ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ, ડાયઑક્સિજન વાયુ સાથે સ્ફોટક મિશ્રણ (explosive mixture) બનાવે છે. આ બે વાયુઓનું મિશ્રણ જ્યારે સળગે છે ત્યારે ધડાકા સાથે ફૂટે છે. આ પ્રક્રિયાથી ઘણી શક્તિ ઉત્પન્ન થતી હોઈ તે અવકાશ રૉકેટમાં બળતણ તરીકે વપરાય છે.

અહીં આપણે સમજી લેવું જોઈએ કે ડાયહાઇડ્રોજન ભરેલા વાયુપાત્રમાં જ્યારે સળગતી દિવાસળીની સળી કે અગરબત્તી દાખલ કરવામાં આવે છે ત્યારે તે ઓલવાઈ જાય છે. તે દર્શાવે છે કે ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ દહનપોષક નથી; પણ જ્યારે ડાયહાઇડ્રોજન વાયુને હવા કે ઑક્સિજનની હાજરીમાં સળગાવવામાં આવે છે ત્યારે તે ભૂરી જ્યોતથી સળગે છે અને વરાળ પેદા કરે છે; એટલે કે તે દહનશીલ છે. આ વરાળ ઠંડી પડવાથી પાણી બને છે.

2. ધાતુ ઑક્સાઈડ સાથે પ્રક્રિયા : ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ સારો રિડક્શનકર્તા છે. તે સક્રિયતા શ્રેણીમાં ઝિંક ધાતુથી ઓછી સક્રિયતા ધરાવતી ધાતુઓના ઑક્સાઇડમાંથી સરળતાથી ઑક્સિજન દૂર કરી ધાતુમાં રૂપાંતર કરે છે. જેમ કે કૉપર ઑક્સાઇડને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુની હાજરીમાં ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે તે કૉપર ધાતુમાં રિડકશન પામે છે અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુનું ઑક્સિડેશન થઈ પાણી બને છે.

$$CuO(s) + H_2(g) \rightarrow Cu(s) + H_2O(g)$$

3. ડાયક્લોરિન વાયુ સાથે પ્રક્રિયા : ડાયક્લોરિન વાયુ, ડાયહાઇડ્રોજન પરત્વે વધુ આકર્ષણ ધરાવે છે. ડાયહાઇડ્રોજન અને ડાયક્લોરિન વાયુના સરખા પ્રમાણનું મિશ્રણ સૂર્યપ્રકાશની હાજરીમાં ધડાકો કરે છે અને સૂર્યપ્રકાશની ગેરહાજરીમાં હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુના સફેદ ધુમાડા ઉત્પન્ન કરે છે.

$$H_2(g) + Cl_2(g) \xrightarrow{\text{સૂર્યપ્રકાશની ગેરહાજરી}} 2HCl(g)$$

4. સક્રિય ધાતુ સાથે પ્રક્રિયા : ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ, Na, K કે Ca જેવી કેટલીક સક્રિય ધાતુઓ સાથે સંયોજાઈ તે ધાતુના ધાત્ત્વિક હાઇડ્રાઇડ બનાવે છે.

$$H_2(g) + 2Na(s) \rightarrow 2NaH(s)$$

$$H_2(g) + 2K(s) \rightarrow 2KH(s)$$

$$H_2(g) + Ca(s) \rightarrow CaH_2(s)$$

(6) ડાયહાઇડ્રોજન વાયુના ઉપયોગો (Uses of Dihydrogen Gas) :

- હેબર (Haber) પદ્ધતિ દ્વારા એમોનિયા વાયુનું ઉત્પાદન કરવામાં એક પ્રક્રિયક તરીકે.
- વનસ્પતિ તેલમાંથી નિકલ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં વનસ્પતિ ઘી બનાવવાની હાઇડ્રોજીનેશન પ્રક્રિયામાં.
- ધાતુઓનું જોડાણ (વેલ્ડિંગ) કરવા માટે, ધાતુ કાપવા માટે ઑક્સિહાઇડ્રોજન જ્યોતમાં.
- મિથેનોલ અને હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડના ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનમાં, રૉકેટના તેમજ વીજઉત્પાદનના બળતણકોષમાં બળતણ તરીકે.
- ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઘન ધાતુ પર અધિશોષણ પામે છે અને જરૂર પડે ત્યારે તેને છૂટો પાડી પુનઃ ઉપયોગમાં લઈ શકાય છે.
- ડાયહાઇડ્રોજન વાયુની દહન ઊર્જાનું (કેલરી) મૂલ્ય તમામ બળતણો કરતાં વધુ છે. ડાયહાઇડ્રોજન વાયુના દહનથી પાણી ઉત્પન્ન થાય છે, તેથી પ્રદૂષણ થવાનો પ્રશ્ન નથી. આમ, ભવિષ્યમાં ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ એક મહત્ત્વનો ઉર્જાસ્રોત બની રહેવાની સંભાવના રહેલી છે.

9.5 એમોનિયા (Ammonia)

એમોનિયા ખૂબ જ અગત્યનું રસાયણ છે. તે નાઇટ્રિક ઍસિડ, પોલિમર પદાર્થો તથા કૃત્રિમ ખાતરના ઉત્પાદનમાં વપરાય છે. એમોનિયાનું ઉત્પાદન જર્મન રસાયણવિજ્ઞાની હેબરે (Haber) કર્યું હતું. આથી તે ઉત્પાદનપદ્ધતિને હેબર પદ્ધતિ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

(1) એમોનિયા વાયુનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન (Industrial Manufacturing of Ammonia Gas) : એમોનિયા વાયુનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન હેબર પદ્ધતિથી કરવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિમાં ડાયહાઇડ્રોજન અને ડાયનાઇટ્રોજન વાયુને કદથી 3 : 1ના પ્રમાણમાં મિશ્ર કરી 200–300 બાર દબાણે આયર્ન ઉદ્દીપક પરથી પસાર કરવામાં આવે છે. આ પ્રક્રિયા દરમ્યાન 773 K જેટલું તાપમાન જાળવવામાં આવે છે. ઉદ્દીપકની કાર્યક્ષમતા વધારવા માટે તેમાં Al_2O_3, K_2O જેવા પદાર્થો ઉમેરવામાં આવે છે. આ પદાર્થો ઉદ્દીપકની કાર્યક્ષમતા વધારે છે, તેથી તેમને પ્રવર્ધકો (promoters) કહે છે. પ્રક્રિયા મિશ્રણને 273 Kથી

નીચા તાપમાને ઠંડું પાડવાથી ઉત્પન્ન થયેલા એમોનિયાને પ્રક્રિયા પામ્યા વગરના વધારાના N_2 અને H_2 વાયુઓથી અલગ કરી શકાય છે. આમ, એમોનિયા પ્રવાહી સ્વરૂપે પ્રાપ્ત થાય છે અને પ્રક્રિયા પામ્યા વગરના N_2 અને H_2 વાયુ ફરીથી ઉપયોગમાં આવતા હોવાથી પ્રક્રિયામાં ભાગ લે છે.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightleftharpoons[\text{200-300 બાર}]{773K[Fe]} 2NH_3(g) + \text{ઉષ્મા}$$

(2) એમોનિયા વાયુના ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties of Ammonia Gas) :

- એમોનિયા રંગવિહીન વાયુ છે.
- નાક અને આંખમાં બળતરા કરે તેવી તીવ્ર વાસ ધરાવે છે.
- હવા કરતાં હલકો વાયુ છે.
- પાણીમાં અતિદ્રાવ્ય છે.
- એમોનિયાનું જલીય દ્રાવણ નિર્બળ બેઇઝ તરીકે વર્તે છે. એમોનિયાના સંતૃપ્ત જલીય દ્રાવણને લીકર એમોનિયા (Liquour Ammonia) કહે છે.

(3) એમોનિયા વાયુના રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties of Ammonia Gas) :

1. હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુ સાથે પ્રક્રિયા : એમોનિયા વાયુની હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુ સાથે પ્રક્રિયા થતાં ઘન એમોનિયમ ક્લોરાઇડ મળે છે.

$$NH_3(g) + HCl(g) \rightarrow NH_4Cl(s)$$

સાંદ્ર હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડમાં બોળેલા કાચના સળિયાને એમોનિયા વાયુ ભરેલા પાત્ર આગળ રાખતા ઘટ્ટ સફેદ ધુમાડા ઉત્પન્ન થાય છે અને નાના નાના કણ સ્વરૂપે એમોનિયમ ક્લોરાઇડ બને છે. પ્રયોગશાળામાં આ પ્રક્રિયાના ઉપયોગ દ્વારા ઉત્પન્ન થતાં એમોનિયા વાયુની પરખ કરી શકાય છે.

2. એમોનિયાની રિડકશનકર્તા અસર : ગરમ ક્યુપ્રિક ઑક્સાઇડ (CuO) પરથી એમોનિયા વાયુ પસાર કરતાં કાળા રંગના ઑક્સાઇડનું રિડકશન થઈ લાલ-કથ્થાઈ રંગની કૉપર ધાતુ મળે છે.

$$2NH_3(g) + 3CuO(s) \rightarrow 3Cu(s) + 3H_2O(l) + N_2(g)$$

3. એમોનિયાનું ઉદ્દીપકીય ઑક્સિડેશન : એમોનિયા અને ડાયઑક્સિજન વાયુના મિશ્રણને 1073 K તાપમાને ગરમ કરેલ પ્લેટિનમ ઉદ્દીપક પરથી પસાર કરતાં એમોનિયાનું નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડમાં ઑક્સિડેશન થાય છે.

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \xrightarrow{[Pt]\ 1073\ K} 4NO(g) + 6H_2O(g)$$

ઉત્પન્ન થતો નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ તરત જ ઑક્સિજન સાથે સંયોજાઈ નાઇટ્રોજન ડાયૉક્સાઇડના કથ્થાઈ રંગના ધુમાડા આપે છે.

$$2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$$

ઉત્પન્ન થયેલો આ નાઇટ્રોજન ડાયૉક્સાઇડ પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી નાઇટ્રિક ઍસિડ બનાવે છે. એમોનિયા વાયુમાંથી નાઇટ્રિક ઍસિડ મેળવવાની આ પદ્ધતિ ઓસ્વાલ્ડ પદ્ધતિ તરીકે ઓળખાય છે.

$$3NO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_3(aq) + NO(g)$$

4. એમોનિયા વાયુની લિટમસપત્ર પર અસર : શુષ્ક એમોનિયા લિટમસપત્ર પર અસર બતાવતો નથી. પરંતુ એમોનિયાનું જલીય દ્રાવણ લાલ લિટમસપત્રને ભૂરું બનાવે છે. આ દર્શાવે છે કે એમોનિયાનું જલીય દ્રાવણ બેઝિક ગુણધર્મો ધરાવે છે, કારણ કે એમોનિયા વાયુ પાણીમાં દ્રાવ્ય થઈને નિર્બળ બેઇઝ એમોનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ બનાવે છે, જેનું અલ્પ પ્રમાણમાં આયનીકરણ થઈ OH^- મળે છે.

$$NH_3(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4OH(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

એમોનિયાનું જલીય દ્રાવણ બેઝિક છે. તેની ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરવાથી ક્ષાર અને પાણી બને છે. દા.ત., જલીય હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડની એમોનિયાના જલીય દ્રાવણ (NH_4OH) સાથેની પ્રક્રિયાથી એમોનિયમ ક્લોરાઇડ (ક્ષાર) અને પાણી બને છે.

$$NH_4OH(aq) + HCl(aq) \rightleftharpoons NH_4Cl(aq) + H_2O(l)$$

(5) ધાતુ આયન સાથે પ્રક્રિયા : એમોનિયાના જલીય દ્રાવણની ધાતુ આયનના ક્ષારના જલીય દ્રાવણ સાથે પ્રક્રિયા થવાથી પાણીમાં અદ્રાવ્ય ધાતુ હાઇડ્રૉક્સાઇડ બને છે. જેમ કે ક્યુપ્રિક સલ્ફેટના જલીય દ્રાવણમાં એમોનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડનું દ્રાવણ ઉમેરતાં ભૂરા રંગના ક્યુપ્રિક હાઇડ્રૉક્સાઇડના અવક્ષેપ મળે છે.

$$CuSO_4(aq) + 2NH_4OH(aq) \rightarrow Cu(OH)_2(s) + (NH_4)_2SO_4(aq)$$

પરંતુ વધારે પ્રમાણમાં $4NH_4OH$ ઉમેરતાં અવક્ષેપ દ્રાવ્ય થઈ ઘેરા ભૂરા રંગનું દ્રાવણ મળે છે. જે કૉપરના એમોનિયા સાથેના સંકીર્ણક્ષારને કારણે હોય છે.

$$Cu(OH)_2(s) + 4NH_4OH(aq) \rightarrow [Cu(NH_3)_4]\ (OH)_2(aq) + 4H_2O(l)$$

તે જ પ્રમાણે ફેરસ સલ્ફેટ, મૅગ્નેશિયમ સલ્ફેટ અને ઍલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડ સાથે એમોનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ અનુક્રમે ફેરસ હાઇડ્રૉક્સાઇડ, મૅગ્નેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ અને ઍલ્યુમિનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ બનાવે છે.

$$FeSO_4(aq) + 2NH_4OH(aq) \rightarrow Fe(OH)_2(s) + (NH_4)_2SO_4(aq)$$

$$MgSO_4(aq) + 2NH_4OH(aq) \rightarrow Mg(OH)_2(s) + (NH_4)_2SO_4(aq)$$

$$AlCl_3(aq) + 3NH_4OH(aq) \rightarrow Al(OH)_3(s) + 3NH_4Cl\ (aq)$$

(4) એમોનિયા વાયુના ઉપયોગો (Uses of Ammonia Gas) :

- એમોનિયા વાયુનો મહત્ત્વનો ઉપયોગ એમોનિયમ નાઇટ્રેટ, એમોનિયમ સલ્ફેટ અને ડાયએમોનિયમ ફૉસ્ફેટ જેવા ખાતરો બનાવવામાં થાય છે.
- ઓસ્વાલ્ડ પદ્ધતિથી નાઇટ્રિક ઍસિડની બનાવટમાં.
- રંગકો, વિસ્ફોટકો, નાયલૉન વગેરેની બનાવટમાં.
- કેટલીક દવાઓ જેવી કે પૅરાએમિનો બેન્ઝોઇક ઍસિડ, ફોલિક ઍસિડ વગેરેની બનાવટમાં.

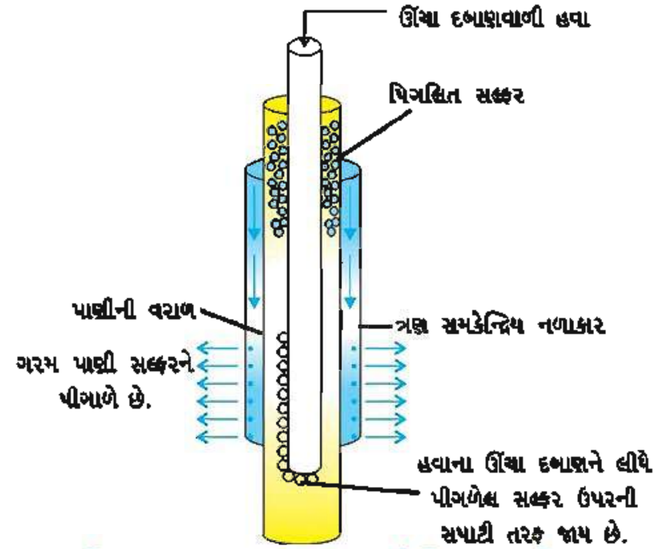
9.6 સલ્ફર (Sulphur)

વર્ષો અગાઉ આપણા દેશમાં આયુર્વેદશાસ્ત્રમાં સલ્ફરનો ઉપયોગ દવા તરીકે થતો હતો. સલ્ફર કુદરતમાંથી મુક્ત અને સંયોજિત એમ બંને સ્વરૂપે મળે છે. સલ્ફર કેટલાક ધાતુ આયનો સાથે સંયોજિત સ્વરૂપે મળે છે. જેમ કે કૉપર પાઇરાઇટ્સ ($CuFeS_2$), ઝિંક બ્લૅન્ડ (ZnS), ગૅલિના (PbS) વગેરે. પેટ્રોલિયમ તથા કુદરતી વાયુમાં સલ્ફર નોંધપાત્ર પ્રમાણમાં હોય છે. આવર્તકોષ્ટકમાં સલ્ફરનું સ્થાન સમૂહ-16માં ઑક્સિજનની નીચે છે. સલ્ફરનો પરમાણ્વિયક્માંક 16 છે. તેથી તેની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના 2, 8, 6 છે. સલ્ફર કૅટેનેશનનો ગુણધર્મ પણ ધરાવે છે.

(1) સલ્ફરનું નિષ્કર્ષણ (Extraction of Sulphur) : જમીનના પેટાળમાંથી સલ્ફરનું સીધું નિષ્કર્ષણ કરવા જે પદ્ધતિ ઉપયોગમાં લેવાય છે તેને ફ્રાશ (Frasch) પદ્ધતિ કહે છે. આકૃતિ 9.2માં દર્શાવ્યા મુજબ ત્રણ સમકેન્દ્રિય નળાકારને જમીનમાં એવી રીતે ઉતારવામાં આવે છે કે જેથી તેઓ સલ્ફરના સ્તર સુધી પહોંચે. સૌથી બહારના નળાકારમાંથી અધિતપ્ત પાણીની વરાળને પંપ દ્વારા 443 K તાપમાને જમીનની અંદર સતત પસાર કરવામાં આવે છે. સલ્ફરના નીચાં ગલનબિંદુને કારણે

સલ્ફર પીગળે છે. ત્યારબાદ સૌથી અંદરના નળાકારમાંથી ઊંચા દબાણે હવા પસાર કરતાં પીગળેલ સલ્ફર અને પાણી મધ્યમાં રહેલા નળાકાર દ્વારા બહારની સપાટી ઉપર આવે છે અને ઠરે છે. સલ્ફર પાણીમાં અદ્રાવ્ય હોવાથી તેને સરળતાથી અલગ કરી શકાય છે.

પેટ્રોલિયમ તથા કુદરતી વાયુમાંથી પણ સલ્ફર મેળવવામાં આવે છે. પ્રથમ સલ્ફર સંયોજનોનું હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ(H_2S)માં રૂપાંતર કરવામાં આવે છે. તેનું દહન કરીને સલ્ફર ડાયોક્સાઇડ મેળવવામાં આવે છે. સલ્ફર ડાયોક્સાઇડને (Fe_2O_3) ઉદ્દીપકની હાજરીમાં H_2S સાથે ગરમ કરતાં સલ્ફર મુક્ત સ્વરૂપે પ્રાપ્ત થાય છે.

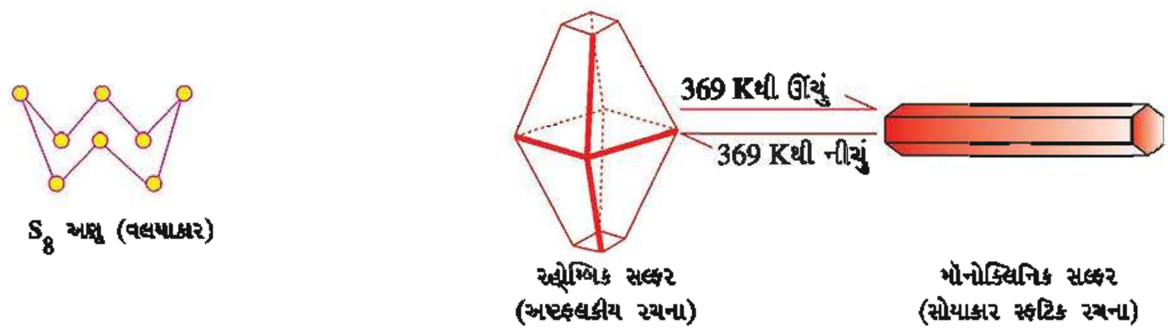


આકૃતિ 9.2 : સલ્ફરના ઉત્પાદન માટેની ફ્રાશ પદ્ધતિ

$$2H_2S(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) + 2H_2O(g)$$

$$SO_2(g) + 2H_2S(g) \xrightarrow[{[Fe_2O_3]}]{573\,K} 3S(s) + 2H_2O(g)$$

(2) સલ્ફરના બહુરૂપો (Allotropes of Sulphur) : સમાન ભૌતિક સ્થિતિમાં તત્ત્વના પરમાણુઓની જુદી જુદી ગોઠવણીને કારણે સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ ધરાવતાં તત્ત્વના બે કે તેથી વધુ સ્વરૂપોને તે તત્ત્વના અપરરૂપો કે બહુરૂપો (allotropes) કહે છે. તત્ત્વના આ ગુણધર્મને અપરરૂપતા કે બહુરૂપતા (allotropy) કહે છે. સલ્ફરની ઘન અવસ્થામાં બે સ્ફટિકમય રૂપો અસ્તિત્વ ધરાવે છે : રહોમ્બિક સલ્ફર અને મૉનોક્લિનિક સલ્ફર. આ બંને સ્વરૂપોને સલ્ફરના અપરરૂપો કે બહુરૂપો કહે છે. રહોમ્બિક સલ્ફર 369 K કરતાં નીચાં તાપમાને અને મૉનોક્લિનિક સલ્ફર 369 K કરતા ઊંચા તાપમાને સ્થાયી હોય છે. આ બંને સ્વરૂપોના એટલે કે અપરરૂપોના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય છે પરંતુ ભૌતિક ગુણધર્મો જુદા જુદા હોય છે, કારણ કે અપરરૂપોની સ્ફટિક રચના જુદી જુદી હોય છે. રહોમ્બિક સલ્ફર અષ્ટફલકીય રચના ધરાવે છે જ્યારે મૉનોક્લિનિક સલ્ફર સોયાકાર સ્ફટિક રચના ધરાવે છે.



આકૃતિ 9.3 : સલ્ફરના બહુરૂપો

સલ્ફરનાં બંને સ્વરૂપોમાં S_8 વલય (crown) હોય છે. જ્યારે સલ્ફરને ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે આ વલય તૂટે છે, પરંતુ જેમ જેમ વધુ ગરમ કરવામાં આવે તેમ તેમ વલયના ટુકડાઓ એકબીજા સાથે આંતરિક જોડાણ કરી સ્નિગ્ધ થઈ નાના કણોમાં રૂપાંતર પામે છે અને પરિણામે પ્રવાહી સલ્ફર ઉકળવા માંડે છે.

આકૃતિ 9.4 : સલ્ફર પર તાપમાનની અસર

(3) સલ્ફરના ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties of Sulphur) :

- સલ્ફર પીળા રંગનો વિવિધ અપરરૂપો (બહુરૂપો) ધરાવતો ઘન પદાર્થ છે.
- તે પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે પણ કાર્બન ડાયસલ્ફાઇડ અને ટૉલ્યુઇન જેવા કાર્બનિક દ્રાવકોમાં દ્રાવ્ય છે.
- તેનું ગલનબિંદુ નીચું (388 K) છે.

(4) સલ્ફરના રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties of Sulphur) :

1. ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા : સલ્ફરની ગરમ સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા થતાં સલ્ફરના ઑક્સિડેશનથી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ બને છે.

$$S(s) + 2H_2SO_4(l) \rightarrow 2H_2O(l) + 3SO_2(g)$$

સલ્ફરનું સાંદ્ર નાઇટ્રિક ઍસિડ વડે ઑક્સિડેશન થઈ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ બને છે.

$$S(s) + 6HNO_3(aq) \rightarrow H_2SO_4(aq) + 6NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

2. ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ સાથે પ્રક્રિયા : ઉકળતા સલ્ફર(boiling sulphur)ની ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ સાથે પ્રક્રિયા થવાથી હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ મળે છે.

$$S(l) + H_2(g) \rightarrow H_2S(g)$$

3. કાર્બન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા : ઊંચા તાપમાને સલ્ફરની કાર્બન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા થતાં કાર્બન ડાયસલ્ફાઇડ બને છે.

$$C(s) + 2S(s) \rightarrow CS_2(l)$$

(5) સલ્ફરના ઉપયોગો (Uses of Sulphur) :

- સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ઉત્પાદનમાં.
- કાર્બન ડાયસલ્ફાઇડ જેવા દ્રાવકના ઉત્પાદનમાં.
- ચામડીના રોગમાં ચેપનાશક (antiseptic) અને ફૂગનાશક (fungicide) તરીકે.
- રબરના વલ્કેનાઇઝેશનમાં, દારૂખાનું બનાવવામાં, રંગકોની બનાવટમાં તેમજ જંતુનાશકોની બનાવટમાં.

9.7 સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ (Sulphur dioxide)

સલ્ફરની ડાયઑક્સિજન વાયુ સાથેની પ્રક્રિયાથી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ બને છે.

$$S(s) + O_2(g) \xrightarrow{\Delta} SO_2(g)$$

સલ્ફરયુક્ત બળતણોના ઉપયોગના કારણે વાહનો અને ઉદ્યોગોમાંથી નીકળતા ધુમાડામાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ હોય છે. તે હવાનું પ્રદૂષણ ફેલાવવામાં મુખ્ય પ્રદૂષક ગણાય છે. ઍસિડવર્ષા માટે પણ સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ જવાબદાર છે. આ સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ, ઑક્સિજન પામી સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડમાં ફેરવાય છે, જે વરસાદના પાણીમાં ઓગળી સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ બનાવે છે. ઍસિડવર્ષાના કારણે મકાનો, પુલ અને વૃક્ષોનો નાશ થાય છે.

(1) સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુના ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties of Sulphur Dioxide Gas) :

- રંગવિહીન વાયુ છે.
- ગળું રૂંધાય અને ઉધરસ આવે તેવી તીવ્ર વાસવાળો વાયુ છે.
- સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુનું જલીય દ્રાવણ ઍસિડિક સ્વભાવ ધરાવે છે, કારણ કે તે અધાતુનો ઑક્સાઇડ છે.

(2) સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુના રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties of Sulphur Dioxide Gas) :

1. બેઇઝ સાથે પ્રક્રિયા : સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુને સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના દ્રાવણમાં પસાર કરતાં સોડિયમ સલ્ફાઇટ બને છે, કારણ કે સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ ઍસિડિક ઑક્સાઇડ છે.

$$SO_2(g) + 2NaOH(aq) \rightarrow Na_2SO_3(aq) + H_2O(l)$$

સોડિયમ સલ્ફાઇટ

ચૂનાના નિતર્યા પાણીમાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુને પસાર કરતાં કૅલ્શિયમ સલ્ફાઇટ બનતો હોવાથી દ્રાવણ દૂધિયું બને છે.

$$SO_2(g) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow CaSO_3(s) + H_2O(l)$$

કૅલ્શિયમ સલ્ફાઇટ

પણ જો આ જ દ્રાવણમાં વધુ પ્રમાણમાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ પસાર કરવામાં આવે તો દ્રાવ્ય કૅલ્શિયમ હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇટ બનતો હોવાથી દ્રાવણનો દૂધિયો રંગ દૂર થાય છે.

$$CaSO_3(s) + H_2O(l) + SO_2(g) \rightarrow Ca(HSO_3)_2(aq)$$

કૅલ્શિયમ હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇટ

2. ડાયઑક્સિજન વાયુ સાથે પ્રક્રિયા : સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુની ડાયઑક્સિજન વાયુ સાથે વેનેડિયમ પેન્ટૉક્સાઇડ (V_2O_5) ઉદ્દીપકની હાજરીમાં (723 K) તાપમાને પ્રક્રિયા કરતાં ઑક્સિડેશન થઈ સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ વાયુ બને છે.

$$2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow[723K]{[V_2O_5]} 2SO_3(g)$$

3. હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ વાયુ સાથે પ્રક્રિયા : સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુની હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ વાયુ સાથેની પ્રક્રિયાથી સલ્ફર બને છે. અહીં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તતો હોવાથી H_2Sનું Sમાં ઑક્સિડેશન અને SO_2નું Sમાં રિડક્શન થાય છે.

$$SO_2(g) + 2H_2S(g) \rightarrow 3S(s) + 2H_2O\ (l)$$

4. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુની રિડક્શનકર્તા તરીકે અસર : સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ ઍસિડિક પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટ ($K_2Cr_2O_7$)ના દ્રાવણનું રિડક્શન કરે છે. તેથી ડાયક્રોમેટ આયન($Cr_2O_7^{2-}$)ના કારણે નારંગી રંગ ધરાવતું દ્રાવણ રિડક્શનના અંતે બનતા ક્રોમિક આયન(Cr^{3+})ના કારણે લીલા રંગનું બને છે.

$$3SO_2(g) + 2H^+(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) \rightarrow 3SO_4^{2-}(aq) + H_2O(l) + 2Cr^{3+}(aq)$$

નારંગી રંગ　　　　　　　　લીલો રંગ

(3) સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુના ઉપયોગો (Uses of Sulphur Dioxide Gas)

- સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ઉત્પાદનમાં.
- તે બૅક્ટેરિયાની વૃદ્ધિ અટકાવે છે. તેથી ફળોના રસ, જામ અને ફળોની સુકવણીમાં પરિરક્ષક (preservative) તરીકે ઉપયોગી.
- કાગળ ઉદ્યોગમાં લાકડાના માવાના બ્લીચિંગ માટે વપરાય છે. આમ, તે નિર્બળ બ્લીચિંગ એજન્ટ છે.

9.8 સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (Sulphuric Acid)

સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ મહત્ત્વનું ઔદ્યોગિક રસાયણ છે. તેને 'રસાયણોનો રાજા' કહેવામાં આવે છે, કારણ કે મોટાભાગના રાસાયણિક પદાર્થો જેવા કે ખાતર, રંગ, સાંશ્લેષિત રેસા, સાબુ અને ડિટરજન્ટની બનાવટમાં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ વિશેષ ઉપયોગી છે.

(1) સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું ઉત્પાદન (Manufacturing of Sulphuric Acid) : સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું ઉત્પાદન સંપર્ક વિધિથી કરવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિમાં સલ્ફરને હવામાં બાળતાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ બને છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુને વધુ હવા સાથે ઘન ઉદ્દીપક વેનેડિયમ પેન્ટૉક્સાઇડ (V_2O_5) પરથી 723 K તાપમાને પસાર કરતાં સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ વાયુ બને છે. આ પ્રક્રિયા માટે પ્લેટિનમ ઉદ્દીપક પણ વપરાતો હતો પરંતુ તેનું ઉદ્દીપકીય ઝેરીકરણ થવાથી નકામો બની જતો હોવાથી તેના સ્થાને વેનેડિયમ પેન્ટૉક્સાઇડ વાપરવામાં આવે છે.

$$S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$$

$$2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow[723\ K]{[V_2O_5]} 2SO_3(g)$$

સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ વાયુને પાણીમાં શોષવામાં આવે તો ખૂબ જ દાહક ધુમાડા સાથે સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ બને છે; પરંતુ સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ વાયુને પાણીને બદલે સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં શોષવામાં આવે તો ધુમાયમાન ઘટ્ટ પ્રવાહી બને છે. તેને ધુમાયમાન સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ કે ઓલિયમ ($H_2S_2O_7$) કહે છે. ઓલિયમને પાણી વડે મંદ કરી ઇચ્છિત સાંદ્રતાવાળો સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ મેળવી શકાય છે.

$$SO_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(aq)$$

$$SO_3(g) + H_2SO_4(aq) \rightarrow \underset{\text{ઓલિયમ}}{H_2S_2O_7(l)}$$

$$H_2S_2O_7(l) + H_2O(l) \rightarrow 2H_2SO_4(aq)$$

લેડ ચેમ્બર જેવી અન્ય પદ્ધતિથી પણ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું ઉત્પાદન કરી શકાય છે. તેમાં નાઇટ્રોજન ડાયૉક્સાઇડ (NO_2) વડે સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડનું સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડમાં ઑક્સિડેશન થાય છે. આ પદ્ધતિથી મળતો ઍસિડ વધુ સાંદ્રતાવાળો નથી હોતો. આ પ્રક્રમ ધીમો પણ છે. તેથી સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ઉત્પાદન માટે આધુનિક પદ્ધતિ તરીકે સંપર્ક વિધિનો ઉપયોગ થાય છે.

(2) સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ગુણધર્મો (Properties of Sulphuric Acid) : ઉદ્યોગો અને પ્રયોગશાળામાં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનો સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ તરીકે ઉપયોગ થાય છે. અહીં આપણે તેમના ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કરીશું.

સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ગુણધર્મો :

- સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ તેલી પદાર્થ જેવું રંગવિહીન ઘટ્ટ પ્રવાહી છે. તેમાં 98 % H_2SO_4 અને 2 % પાણી હોય છે.
- તે ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે. તે કાર્બન અને સલ્ફર પરમાણુનું કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુમાં ઑક્સિડેશન કરે છે.

$$C(s) + 2H_2SO_4(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + 2SO_2(g) + CO_2(g)$$

$$S(s) + 2H_2SO_4(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + 2SO_2(g) + SO_2(g)$$

- તે ઉગ્ર ભેજશોષક પ્રક્રિયક (ડિહાઇડ્રેટિંગ એજન્ટ) છે. તેથી તેનો ઉપયોગ કરતી વખતે ખૂબ જ સાવચેતી રાખવી પડે છે. સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ શર્કરા, કાગળ, લાકડા પર પડે તો તેમાંથી પાણી દૂર કરી તેમને બાળી નાખે છે. તે જ પ્રમાણે આ ઍસિડ ચામડી પર પડે તો માંસપેશીમાંથી પાણી શોષી ચામડીને બાળી નાખે છે. હવે આપણે સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનો ઉગ્ર ભેજશોષક પ્રક્રિયક તરીકેનો ગુણધર્મ પ્રવૃત્તિઓ દ્વારા સમજીએ.

પ્રવૃત્તિ 1

સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ઉગ્ર ભેજશોષક પ્રક્રિયક તરીકેના ગુણધર્મોની ચકાસણી :

- સૌપ્રથમ એક ટેસ્ટટ્યૂબમાં થોડી ખાંડ લો. તેમાં સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના થોડા ટીપાં નાંખો.
- હવે, તમે ટેસ્ટટ્યૂબમાં રહેલા પદાર્થનું અવલોકન કરતા રહો.
- અવલોકન કરતા તમને ટેસ્ટટ્યૂબમાં રહેલી ખાંડ, કાળા રંગના પદાર્થમાં ફેરવાયેલી જોવા મળશે. હવે, પ્રશ્ન થાય કે આવું શા કારણે થયું હશે ? ખાંડ કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન તત્ત્વ ધરાવે છે. સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ખાંડમાં રહેલા હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનને પાણી સ્વરૂપે દૂર કરે છે. ખાંડમાં રહેલો કાર્બન બળીને કાળા પદાર્થ તરીકે ટેસ્ટટ્યૂબમાં અવશેષ તરીકે પડ્યો રહે છે.

$$\underset{\text{ખાંડ (સુક્રોઝ)}}{C_{12}H_{22}O_{11}(s)} \xrightarrow{\text{સાંદ્ર } H_2SO_4} \underset{\text{કાળો પદાર્થ}}{12C(s)} + 11H_2O(l)$$

- એક ટેસ્ટટ્યૂબમાં કૉપર (II) સલ્ફેટ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)નો થોડો સ્ફટિકમય પદાર્થ લો. આ પદાર્થનો રંગ નોંધો.
- આ ટેસ્ટટ્યૂબમાં સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં થોડા ટીપાં ઉમેરો.
- હવે તમે ટેસ્ટટ્યૂબમાં રહેલા પદાર્થનું અવલોકન કરતા રહો.
- અવલોકન કરતાં તમને જણાશે કે કૉપર સલ્ફેટના સ્ફટિક ધીમે ધીમે સફેદ રંગમાં ફેરવાય છે.

  આ થવાનું કારણ, કૉપર સલ્ફેટ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)માં સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ઉમેરવાથી તેમાં રહેલ સ્ફટિકમય જળ (water of crystallisation) દૂર થાય છે. આ રીતે મળતો નિર્જળ કૉપર સલ્ફેટ ($CuSO_4$) સફેદ રંગનો હોય છે.

$$(CuSO_4 \cdot 5H_2O) \xrightarrow{\text{સાંદ્ર } H_2SO_4} CuSO_4(s)$$

મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ગુણધર્મો :

- મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં 10 % સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને 90 % પાણી હોય છે.
- સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડને પાણીમાં ધીમે ધીમે ઉમેરીને મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ બનાવી શકાય છે. આ દરમ્યાન ગરમી ઉત્પન્ન થતી હોવાથી પાત્રની બહારની બાજુએ બરફના ટુકડા ગોઠવવામાં આવે છે. આ તબક્કે આપણને જરૂર વિચાર આવે છે કે શું સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં પાણીને ઉમેરીને મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ન બનાવી શકાય ? જરૂર બનાવી શકાય; પણ મુશ્કેલી એ છે કે જ્યારે સાંદ્ર ઍસિડમાં પાણી ઉમેરીએ છીએ ત્યારે ખૂબ જ મોટા પ્રમાણમાં ગરમી ઉત્પન્ન થવાથી ઍસિડના છાંટા આપણી પર પડી દાઝવાની શક્યતા રહેલી છે.
- તે ભૂરા લિટમસપત્રને લાલ બનાવે છે.
- તે ધાતુ સાથે પ્રક્રિયા કરી ધાતુના સલ્ફેટ ક્ષાર તથા ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન કરે છે.

$$Zn(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$$

$$Fe(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow FeSO_4(aq) + H_2(g)$$

- તે ધાતુના ઑક્સાઇડ, હાઇડ્રૉક્સાઇડ કે કાર્બોનેટ સાથે પ્રક્રિયા કરી ધાતુના સલ્ફેટ, પાણી અથવા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ બનાવે છે.

$$ZnO(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4\ (aq) + H_2O(l)$$

$$CuO(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow CuSO_4\ (aq) + H_2O(l)$$

$$2NaOH(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4\ (aq) + 2H_2O(l)$$

$$CaCO_3(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow CaSO_4\ (aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

- તે સોડિયમ કાર્બોનેટ અથવા સોડિયમ બાયકાર્બોનેટ સાથે પ્રક્રિયા કરી સોડિયમ સલ્ફેટ અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ ઉત્પન્ન કરે છે.

$$Na_2CO_3(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

$$2NaHCO_3(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

- સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાંના બે હાઇડ્રોજન પરમાણુ વિસ્થાપિત થઈ શકે તેમ હોવાથી તેને દ્વિબેઝિક કે ડાયપ્રોટિક ઍસિડ કહે છે. એક હાઈડ્રોજન પરમાણુનું વિસ્થાપન થાય તો તે હાઇડ્રોજન સલ્ફેટ (ઍસિડ ક્ષાર) અને બે હાઇડ્રોજન પરમાણુનું વિસ્થાપન થાય તો સલ્ફેટ ક્ષાર (તટસ્થ ક્ષાર) બનાવે છે.

$$NaOH(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow NaHSO_4(aq) + H_2O(l)$$

ઍસિડ ક્ષાર

$$2NaOH(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$$

તટસ્થ ક્ષાર

(3) સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ઉપયોગો :

- ખાતર, પ્લાસ્ટિક, રેસાઓ, રંગકો, વર્ણક (પિગમેન્ટ), પેઇન્ટ, ડિટરજન્ટ બનાવવાના ઉદ્યોગોમાં.
- પ્રયોગશાળામાં રાસાયણિક પદાર્થોના પૃથક્કરણમાં પ્રક્રિયક તરીકે.
- HCl, HBr જેવા ઍસિડને તેમના ક્ષારમાંથી મેળવવા માટે.

તમે શું શીખ્યા ?

હાલમાં જાણીતા 114 તત્ત્વો પૈકી માત્ર 18 તત્ત્વો જ ધાતુતત્ત્વોની જેમ વર્તતા નથી. આ તત્ત્વોને અધાતુ તત્ત્વો કહેવામાં આવે છે.

કેટલાક અગત્યના અધાતુ તત્ત્વો :

અધાતુ તત્ત્વ	ભૌતિક સ્થિતિ	મહત્ત્વ
કાર્બન	ઘન	વિટામિન, પ્રોટીન, કાર્બોહાઇડ્રેટ, ઉત્સેચકો વગેરેમાં કાર્બન તત્ત્વ રહેલું છે. વિદ્યુત-વિભાજન અને સૂકા કોષમાં વપરાતા ગ્રૅફાઇટ, કાર્બનનું સ્વરૂપ છે.
સલ્ફર	ઘન	વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાં રહેલા પદાર્થમાં તે હાજર હોય છે. તે પ્રોટીન, વાળ, ઊન, ડુંગળી અને લસણ વગેરેમાં પણ હાજર હોય છે. સલ્ફર ફૂગનાશક તરીકે અને બંદૂકનો દારૂગોળો બનાવવામાં વપરાય છે.
હાઇડ્રોજન	વાયુ	વનસ્પતિ ઘી બનાવવાની હાઇડ્રોજીનેશન પ્રક્રિયામાં, એમોનિયા વાયુના ઉત્પાદનમાં.
નાઇટ્રોજન	વાયુ	એમોનિયા વાયુના ઉત્પાદનમાં ડાયનાઇટ્રોજન વાયુ વપરાય છે.
ઑક્સિજન	વાયુ	સજીવસૃષ્ટિને જીવંત રહેવા અને દહનપ્રક્રિયા માટે હવામાંનો ઑક્સિજન ઉપયોગી બને છે.

અધાતુ તત્ત્વોના ભૌતિક ગુણધર્મો

- બરડ
- નરમ (અપવાદ : હીરો)
- ચળકાટ નથી (અપવાદ : આયોડિન)
- વિદ્યુત અને ઉષ્માના અવાહક (અપવાદ : ગ્રેફાઇટ વિદ્યુતસુવાહક)

અધાતુ તત્ત્વોના રાસાયણિક ગુણધર્મો :

અધાતુ તત્ત્વો →
- $O_2(g)$ → ઑક્સાઇડ
- મંદ ઍસિડ → પ્રક્રિયા થતી નથી.
- $Cl_2(g)$ → અધાતુના ક્લોરાઇડ
- $H_2(g)$ → સ્થાયી હાઇડ્રાઇડ

હાઇડ્રોજન : હાઇડ્રોજન પરમાણુ વધુ સક્રિય હોવાથી તે સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ ધરાવતો નથી; પણ તે ડાયહાઇડ્રોજન અણુ (H_2) સ્વરૂપે કે અન્ય તત્ત્વ સાથેના સંયોજન સ્વરૂપે સ્થાયી અસ્તિત્વ ધરાવે છે.

ડાયહાઇડ્રોજન વાયુનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન :

$$CH_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow[\text{1073K 30 બાર}]{Ni} CO(g) + 3H_2(g)$$

$$CO(g) + H_2O(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2(g)$$

આ ઉપરાંત વૉલ્ટામીટર સાધનના ઉપયોગ દ્વારા શુદ્ધ પાણીનું વિદ્યુતવિભાજન કરી શુદ્ધ ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ મેળવી શકાય છે.

ડાયહાઇડ્રોજન વાયુના ભૌતિક ગુણધર્મો

- રંગવિહીન, ગંધવિહીન, સ્વાદવિહીન
- પાણીમાં અદ્રાવ્ય
- સૌથી હલકો વાયુ
- લિટમસ પ્રત્યે તટસ્થ

ડાયહાઇડ્રોજન વાયુના રાસાયણિક ગુણધર્મો

ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ(H_2) →
- $O_2(g)$ → પાણી
- ઝિંક ધાતુથી ઓછી સક્રિય ધાતુનો ધાતુ ઑક્સાઇડ → અનુવર્તી ધાતુ
- $Cl_2(g)$, સૂર્યપ્રકાશની ગેરહાજરી → હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુ
- સક્રિય ધાતુ → અનુવર્તી ધાતુના ધાત્ત્વિક હાઇડ્રાઇડ

એમોનિયા : એમોનિયા વાયુનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન (હેબર પદ્ધતિ)

ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ + ડાયનાઇટ્રોજન વાયુ (કદ : 3 : 1) $\xrightarrow[\text{Al}_2\text{O}_3,\ \text{K}_2\text{O (પ્રવર્ધકો)}]{\text{200-300 બાર દબાણ, 773 K}}$ એમોનિયા વાયુ $\xrightarrow[]{\text{નીચું તાપમાન, 273 K}}$ પ્રવાહી એમોનિયા

$$N_2(g) + 3H_2(g) \underset{Al_2O_3,\ K_2O\ (\text{પ્રવર્ધકો})}{\overset{773\ K[Fe]}{\rightleftharpoons}} 2NH_3(g) + \text{ઉષ્મા}$$

એમોનિયા વાયુના ભૌતિક ગુણધર્મો

- રંગવિહીન
- તીવ્ર વાસ
- હવા કરતાં હલકો
- પાણીમાં અતિદ્રાવ્ય
- જલીય દ્રાવણ નિર્બળ બેઇઝ તરીકે

એમોનિયા વાયુના રાસાયણિક ગુણધર્મો :

એમોનિયા વાયુ(NH_3) →

- $\xrightarrow{HCl(g)}$ એમોનિયમ ક્લોરાઇડ
- $\xrightarrow{\text{ગરમ } CuO(s)}$ કૉપર ધાતુ
- $\xrightarrow[\text{[Pt]1073 K}]{O_2(g)}$ નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ
- $\xrightarrow{\text{ધાતુ આયનના ક્ષારનું જલીય દ્રાવણ}}$ પાણીમાં અદ્રાવ્ય ધાતુ હાઇડ્રૉક્સાઇડ

સલ્ફર : સલ્ફર કુદરતમાંથી મુક્ત અને સંયોજિત એમ બંને સ્વરૂપે મળે છે. સલ્ફર કેટેનેશનનો ગુણધર્મ પણ ધરાવે છે.

સલ્ફરનું નિષ્કર્ષણ : જમીનના પેટાળમાંથી સલ્ફરનું સીધું નિષ્કર્ષણ કરતા જે પદ્ધતિ ઉપયોગમાં લેવાય છે તેને ફ્રાશ (Frasch) પદ્ધતિ કહે છે.

$$2H_2S(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) + 2H_2(g)$$

$$SO_2(g) + 2H_2S(g) \xrightarrow[\text{[Fe}_2\text{O}_3\text{]}]{573\ K} 3S(s) + 2H_2O(g)$$

સલ્ફરનાં બહુરૂપો : સમાન ભૌતિક સ્થિતિમાં તત્ત્વના પરમાણુઓની જુદી જુદી ગોઠવણીને કારણે અસ્તિત્વ ધરાવતા તત્ત્વના બે કે તેથી વધુ સ્વરૂપોને તે તત્ત્વના અપરરૂપો કે બહુરૂપો કહે છે. તત્ત્વના આ ગુણધર્મને અપરરૂપતા કે બહુરૂપતા કહે છે. અપરરૂપોના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય છે પરંતુ ભૌતિક ગુણધર્મો જુદા જુદા હોય છે. સલ્ફરના તેની ઘન અવસ્થામાં રહોમ્બિક સલ્ફર અને મૉનોક્લિનિક સલ્ફર જેવા બે અપરરૂપો હોય છે.

$$\text{રહોમ્બિક સલ્ફર} \underset{\text{369K થી નીચા તાપમાને}}{\overset{\text{369 K થી ઊંચા તાપમાને}}{\rightleftharpoons}} \text{મૉનોક્લિનિક સલ્ફર}$$

સલ્ફરના ભૌતિક ગુણધર્મો

- પીળો રંગ
- પાણીમાં અદ્રાવ્ય, કાર્બનિક દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય
- નીચું ગલનબિંદુ (388 K)

સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ

સલ્ફરની ડાયઑક્સિજન વાયુ સાથેની પ્રક્રિયાથી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ બને છે.

$$S(s) + O_2(g) \xrightarrow{\Delta} SO_2(g)$$

સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુના ભૌતિક ગુણધર્મો

- રંગવિહીન
- તીવ્ર વાસ
- ઍસિડિક સ્વભાવવાળું જલીય દ્રાવણ

સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ : મોટાભાગના રાસાયણિક પદાર્થોની બનાવટમાં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ વિશેષ ઉપયોગી થતો હોવાથી તેને 'રસાયણોનો રાજા' કહે છે. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું ઉત્પાદન સંપર્ક વિધિથી કરવામાં આવે છે. ઉપયોગો અને પ્રયોગશાળામાં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનો ઉપયોગ સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ તરીકે થાય છે.

મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (H_2SO_4) →

- ધાતુ → ધાતુના સલ્ફેટ ક્ષાર + ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ
- ધાતુ ઑક્સાઇડ → ધાતુના સલ્ફેટ + પાણી
- ધાતુ હાઇડ્રૉક્સાઇડ → ધાતુના સલ્ફેટ ક્ષાર + પાણી
- ધાતુ કાર્બોનેટ → ધાતુના સલ્ફેટ ક્ષાર + પાણી + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ
- ધાતુના બાયકાર્બોનેટ → ધાતુના સલ્ફેટ ક્ષાર + પાણી + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) કયું અધાતુ તત્ત્વ પ્રવાહી સ્વરૂપે હોય છે ?

(A) કાર્બન (B) હાઇડ્રોજન (C) બ્રોમિન (D) ફૉસ્ફરસ

(2) કાર્બન તત્ત્વ નીચેના પૈકી કોની સાથે પ્રક્રિયા આપતું નથી ?

(A) ડાયક્લોરિન વાયુ (B) ડાયઑક્સિજન વાયુ

(C) ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ (D) મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ

(3) નીચેના પૈકી કયો ઑક્સાઇડ તટસ્થ સ્વભાવનો છે ?

(A) CO_2 (B) SO_2 (C) P_2O_5 (D) N_2O

(4) નીચેના પૈકી ક્યો વાયુ પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે ?

(A) H_2 (B) CO_2 (C) NH_3 (D) SO_2

(5) ફળોના રસ અને જળમાં પરિરક્ષક (પ્રિઝર્વેટિવ) તરીકે નીચેના પૈકી ક્યો વાયુ ઉપયોગમાં લેવાય છે ?

(A) NH_3 (B) SO_2 (C) H_2 (D) CO_2

(6) નીચેના પૈકી કયા ઍસિડને રસાયણનો રાજા કહેવામાં આવે છે ?

(A) HNO_3 (B) H_2SO_4 (C) HCl (D) CH_3COOH

(7) નીચેના પૈકી કયો વાયુ દહનશીલ છે ?

(A) CO_2 (B) H_2 (C) SO_2 (D) NH_3

(8) હેબર પદ્ધતિથી એમોનિયા ઉત્પાદન માટે નીચેના પૈકી કોણ ઉદ્દીપક તરીકે વર્તે છે ?

(A) Al_2O_3 (B) K_2O (C) V_2O_5 (D) Fe

(9) નીચે દર્શાવેલ X અને Y માટે સાચી જોડ બનાવો :

'X'	'Y'
(a) સલ્ફરનું નિષ્કર્ષણ	(1) સંપર્ક વિધિ
(b) નાઈટ્રિક ઍસિડનું ઉત્પાદન	(2) ફ્રાશ પદ્ધતિ
(c) સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું ઉત્પાદન	(3) હેબર પદ્ધતિ
(d) એમોનિયા વાયુનું ઉત્પાદન	(4) ઑસ્વાલ્ડ પદ્ધતિ

(A) (a–4), (b–3), (c–2), (d–1). (B) (a–2), (b–4), (c–1) (d–3).

(C) (a–3), (b–2), (c–4), (d–1). (D) (a–4), (b–2), (c–3), (d–1).

(10) નીચે દર્શાવેલ X અને Y માટે સાચી જોડ બનાવો :

'X'	'Y'
(a) ડિહાઈડ્રેટિંગ એજન્ટ	(1) સલ્ફર ડાયૉક્સાઈડ વાયુ
(b) દારૂખાનાની બનાવટ	(2) સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ
(c) નિર્બળ બ્લીચિંગ એજન્ટ	(3) ડાયહાઈડ્રોજન વાયુ
(d) સૌથી હલકો વાયુ	(4) સલ્ફર

(A) (a–4), (b–3), (c–1), (d–2). (B) (a–3), (b–2), (c–4), (d–1).

(C) (a–3), (b–1), (c–2), (d–4). (D) (a–2), (b–4), (c–1), (d–3).

(11) નીચે દર્શાવેલ X અને Y માટે સાચી જોડ બનાવો :

'X'	'Y'
(a) સલ્ફ્યુરસ ઍસિડ	(1) H_3PO_4
(b) સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ	(2) $H_2S_2O_7$
(c) ઓલિયમ	(3) H_2SO_3
(d) ફૉસ્ફોરિક ઍસિડ	(4) H_2SO_4

(A) (a–2), (b–3), (c–1), (d–4). (B) (a–4), (b–2), (c–1), (d–3).

(C) (a–3), (b–4), (c–2), (d–1). (D) (a–2), (b–3), (c–1), (d–4).

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર લખો :

(1) ઘન સ્વરૂપ અધાતુ તત્ત્વોનાં બે ઉદાહરણ આપો.

(2) વાયુ સ્વરૂપ અધાતુ તત્ત્વોનાં બે ઉદાહરણ આપો.

(3) કયા બે વાયુઓનું મિશ્રણ જળવાયુ તરીકે ઓળખાય છે ?

(4) હેબર પદ્ધતિથી એમોનિયા વાયુના ઉત્પાદનમાં કયા બે પદાર્થો પ્રવર્ધકો તરીકે વર્તે છે ?

(5) લીકર એમોનિયા એટલે શું ? તેનું રાસાયણિક સૂત્ર લખો.

(6) અપરરૂપો અને અપરરૂપતા એટલે શું ?

(7) સલ્ફરના બે અપરરૂપો લખો.

(8) એમોનિયા વાયુના જલીય દ્રાવણની લિટમસપત્ર પરની અસર જણાવો.

(9) નીચેની પ્રક્રિયાઓની નીપજોનાં સૂત્રો, નામ અને ભૌતિક સ્થિતિ દર્શાવો :

(i) $P_4(s) + 5O_2(g) \rightarrow$ ....

(ii) $SO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow$ ....

(iii) $P_4(s) + 6Cl_2(g) \rightarrow$ ....

(iv) $O_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow$ ....

(v) $Mg(s) + H_2O(g) \rightarrow$ ....

(vi) $3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightarrow$ ....

(vii) $CO(g) + H_2O(g) \rightarrow$ ....

(viii) $3NO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow$ ....

(ix) $S(s) + 6HNO_3\ (aq) \rightarrow$ ....

(x) $SO_3(g) + H_2SO_4(aq) \rightarrow$ ....

(xi) $C_{12}H_{22}O_{11}(s)$ + સાંદ્ર $H_2SO_4(l) \rightarrow$ ....

(xii) $CaCO_3(s)$ + મંદ $H_2SO_4(aq) \rightarrow$ ....

(10) નીચેની રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓમાં ખૂટતી વિગત $\square$ માં દર્શાવો :

(i) $\square + H_2O(l) \rightarrow \square\ H_2SO_4(aq)$

(ii) $S(s) + \square \rightarrow SO_2(g)$

(iii) $\square + H_2O(l) \rightarrow H_2CO_3(aq)$

(iv) $S(s) + H_2(g) \rightarrow \square$

(v) $2Na(s) + \square \rightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$

(vi) $Zn(s) + H_2O(g) \rightarrow ZnO(s) + \square$

(vii) $CH_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow[\text{1073K 30 બાર}]{\square} CO(g) + H_2(g)$

(viii) $CuO(s) + \square \rightarrow Cu(s) + H_2O(g)$

(ix) $H_2(g) + \square \rightarrow 2KH(s)$

(x) $MgSO_4(aq) + \square \rightarrow Mg\ (OH)_2(s) + (NH_4)_2SO_4(aq)$

(xi) $SO_2(g) + 2H_2S(g) \xrightarrow[573\,K]{\square} 3S(s) + 2H_2O(g)$

(xii) $2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow[723\,K]{\square} 2SO_3(g)$

(xiii) $CuSO_4 \cdot 5H_2O(s)$ + સાંદ્ર $H_2SO_4 \rightarrow \square$

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર લખો :

(1) અધાતુ તત્ત્વોના ભૌતિક ગુણધર્મો જણાવો.

(2) ડાયહાઇડ્રોજન વાયુના ભૌતિક ગુણધર્મો જણાવો.

(3) ડાયહાઇડ્રોજન વાયુના ઉપયોગો લખો.

(4) એમોનિયા વાયુના ભૌતિક ગુણધર્મો લખો.

(5) એમોનિયા વાયુમાંથી નાઇટ્રિક ઍસિડ મેળવવાની ઑક્સાઇડ પદ્ધતિના રાસાયણિક સમીકરણો લખો.

(6) એમોનિયા વાયુના ઉપયોગો લખો.

(7) સલ્ફરના ભૌતિક ગુણધર્મો જણાવો.

(8) સલ્ફર તત્ત્વની ઍસિડ, ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ અને કાર્બન તત્ત્વ સાથેની રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દર્શાવો.

(9) સલ્ફરના ઉપયોગો જણાવો.

(10) સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુના ભૌતિક ગુણધર્મો લખો.

(11) સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુના ઉપયોગો જણાવો.

(12) સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ઉપયોગો લખો.

(13) તફાવત આપો : સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :

(1) પ્રયોગશાળામાં ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ બનાવવાની પદ્ધતિ આકૃતિ સહિત સમજાવો.

(2) ડાયહાઇડ્રોજન વાયુનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન રાસાયણિક સમીકરણ સહિત સમજાવો.

(3) એમોનિયા ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન માટેની હેબર પદ્ધતિની ચર્ચા કરો.

(4) ટૂંક નોંધ લખો : સલ્ફરના બહુરૂપો

(5) સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ઉત્પાદન માટેની સંપર્ક વિધિ સમજાવો.

(6) મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના રાસાયણિક ગુણધર્મો જણાવો.

5. નીચેના પ્રશ્નોના મુદ્દાસર ઉત્તર લખો :

(1) અધાતુ તત્ત્વોના રાસાયણિક ગુણધર્મો જણાવો.

(2) ડાયહાઇડ્રોજન વાયુના રાસાયણિક ગુણધર્મો જણાવો.

(3) સલ્ફરના નિષ્કર્ષણની ફ્રાશ પદ્ધતિ વર્ણવો.

(4) સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુના રાસાયણિક ગુણધર્મો ચર્ચો.

એકમ

10

ખનિજ કોલસો અને ખનિજ તેલ (Mineral Coal and Mineral Oil)

10.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

પૃથ્વી પરના ખડકો ખનિજોના બનેલા હોય છે. ચાંદી, તાંબું અને સોના જેવી ધાતુઓ ખનિજોમાં મૂળ તત્ત્વરૂપે મળે છે. પણ ઘણાખરા ખનિજો બે કે તેથી વધારે તત્ત્વોના સંયોજનો હોય છે. પૃથ્વીના પેટાળમાંથી મળતા ખનિજ કોલસો (mineral coal) અને પેટ્રોલિયમ જેવા કેટલાક પદાર્થો પ્રાગ ઐતિહાસિક કાળમાં જીવંત પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિના અવશેષમાંથી બનેલા છે. તે કુદરતે આપેલી ખૂબ જ મહત્ત્વની અને અગત્યની ખનિજ સંપત્તિ છે. આમ, ખનિજ કોલસો અને પેટ્રોલિયમ કુદરતમાંથી મળતા અગત્યના ઊર્જા-સ્રોત છે. ખનિજ કોલસો કાળા ખડક જેવો પદાર્થ છે, જે ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રે સ્ટીલ ઉદ્યોગ, થર્મલ પાવર સ્ટેશન (Thermal Power Station), પોલાદના ઉત્પાદનમાં અને ધાતુના નિષ્કર્ષણમાં ખૂબ જ ઉપયોગી છે. પેટ્રોલિયમ અથવા કુદરતી ખનિજ તેલ પુરાણકાળથી જાણીતી વસ્તુ છે. તેમાં જલદીથી ઊડી જાય તેવા પ્રવાહીઓથી માંડીને ચીકણા, કાળા અને અર્ધપ્રવાહી તથા મીણ જેવા પોચા પદાર્થો રહેલા છે. પેટ્રોલિયમ વિશિષ્ટ વાસયુક્ત કાળો ઘટ્ટ સ્નિગ્ધ તૈલી પ્રવાહી પદાર્થ છે. પેટ્રોલિયમ ઘણા સંયોજનોનું મિશ્રણ છે. ખનિજ તેલ મુખ્યત્વે કાર્બન અને હાઇડ્રોજન તત્ત્વ ધરાવતા ઘણા બધા હાઇડ્રોકાર્બનનું મિશ્રણ હોય છે. તદુપરાંત તેમાં નાઇટ્રોજન, સલ્ફર અને ઑક્સિજનયુક્ત પદાર્થો પણ થોડા પ્રમાણમાં હાજર હોય છે. ખનિજ તેલોનું સંઘટન તે જે જગ્યાએથી નીકળતું હોય તેના પર આધાર રાખે છે, જેથી કરીને જુદા જુદા સ્થળોએથી મળતું ખનિજ તેલ જુદા જુદા પ્રકારનું હોય છે.

પેટ્રોલિયમ વાયુઓ, ગૅસોલિન, ડીઝલ, કેરોસીન, ઊંજણ તેલો, આસ્ફાલ્ટ વગેરે અગત્યના સામાન્ય ઉપયોગી ઘટક પદાર્થો પેટ્રોલિયમમાંથી મળે છે. આ ઘટક પદાર્થોનો ઉપયોગ બળતણ તરીકે અને વિવિધ જગ્યાએ થાય છે. જેમ કે પ્રવાહીકૃત પેટ્રોલિયમ ગૅસ (LPG) અને કેરોસીનનો ઉપયોગ ઘરગથ્થુ વપરાશમાં રસોઈ બનાવવામાં બળતણ તરીકે; ગીઝરમાં, ફાનસમાં, પેટ્રોમૅક્સમાં પ્રકાશ મેળવવા માટેના બળતણ તરીકે, મોટરગાડી, ડીઝલ એન્જિન વગેરે વાહનોમાં બળતણ તરીકે થાય છે. આસ્ફાલ્ટનો ઉપયોગ રસ્તા બનાવવા માટે થાય છે. આધુનિક યુગની પાયાની મુખ્ય જરૂરિયાત ખનિજ કોલસો અને પેટ્રોલિયમ છે. તેના સિવાય આધુનિક જીવન શક્ય નથી, કારણ કે તેમાંથી કાર્બન અને હાઇડ્રોકાર્બનના સંયોજનો (કાર્બનિક સંયોજનો) સૌથી વધુ માત્રામાં મળે છે.

10.2 ખનિજ કોલસો (Mineral Coal)

ખનિજ કોલસો વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓના અવશેષો અને તેના ઘટકોના દહનથી પૃથ્વીના પેટાળમાંથી પ્રાપ્ત થાય છે. કરોડો વર્ષ પહેલાં વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓ પૃથ્વીના પોપડામાં દટાયા અને ત્યાં સંગ્રહાયેલાં રહ્યાં. પૃથ્વીના પેટાળમાં ખૂબ જ ઊંચા દબાણે અને તાપમાને વનસ્પતિ અને તેના ઘટકોની રાસાયણિક પ્રક્રિયાના અંતે મોટા પ્રમાણમાં વિઘટન થઈ તેનું ખનિજ કોલસામાં રૂપાંતર થાય છે. આ પ્રકારના ખનિજ કોલસાના બળતણને અશ્મિ બળતણ (fossil fuel) કહે છે. ખનિજ કોલસો પુનઃઅપ્રાપ્ય ઊર્જા-સ્રોત (Non-renewable source of energy) છે. વિશ્વમાં ખનિજ કોલસો મુખ્યત્વે ચીન, અમેરિકા, યુ.કે.,

જર્મની, પોલૅન્ડ અને ભારતમાંથી મળી આવે છે. ભારતમાં ખનિજ કોલસો મુખ્યત્વે ઝારખંડ, મધ્ય પ્રદેશ, ઓરિસ્સા, પશ્ચિમ બંગાળ અને આંધ્ર પ્રદેશમાંથી મળી આવે છે. ગુજરાતના સૌરાષ્ટ્રમાં થાનગઢની આસપાસના વિસ્તારમાં અને કચ્છમાં સલ્ફરયુક્ત નિમ્ન પ્રકારનો ખનિજ કોલસો મળી આવે છે.

ખનિજ કોલસામાં મુખ્યત્વે કાર્બન, હાઇડ્રોજન ઉપરાંત ઓછાવત્તા પ્રમાણમાં નાઇટ્રોજન, સલ્ફર, ફૉસ્ફરસ, પોટૅશિયમ વગેરે તત્ત્વો સંયોજન રૂપે હોય છે. ખનિજ કોલસો અકાર્બનિક પદાર્થો પણ ધરાવે છે. ખનિજ કોલસાના મુખ્ય પ્રકારો નીચે મુજબ છે :

(1) પીટ : પીટમાં લગભગ 28 % કાર્બન હોય છે. લાકડામાંથી થતા કોલસાના રૂપાંતરની પ્રાથમિક અવસ્થા પીટ કહેવાય છે. તેને કાચો કોલસો પણ કહેવામાં આવે છે. પીટના વિચ્છેદક નિસ્યંદન(destructive distillation)થી મળતા પ્રવાહીમાંથી મીણ, એસિટોન (CH_3COCH_3), ઍસિટિક ઍસિડ (CH_3COOH), મિથેનૉલ (CH_3OH) તેમજ ચક્રીય કાર્બનિક સંયોજનો મળે છે.

(2) લિગ્નાઈટ : લિગ્નાઇટમાં લગભગ 28થી 30 % કાર્બન હોય છે. તેમાં બાષ્પશીલ દ્રવ્યો અને ભેજ પણ હોય છે. લિગ્નાઇટની ઉષ્મા (ઊર્જા) આશરે 27 કિલોજૂલગ્રામ$^{-1}$ હોય છે. તેનો ઉપયોગ રેલવે એન્જિનમાં, થર્મલ વિદ્યુતમથકોમાં અને નાના મોટા ઉદ્યોગમાં બળતણ તરીકે થાય છે. લિગ્નાઇટનો ઉપયોગ કોલગૅસ મેળવવામાં થાય છે ત્યારે તેમાંથી અવશેષરૂપે કોલટાર મળે છે. જેમાં ચક્રીય હાઇડ્રોકાર્બન, ફિનૉલ, ક્રેસોલ અને બીજા સંયોજનો હોય છે.

(3) બિટુમિન કોલસા : બિટુમિન કોલસામાં લગભગ 78–86 % કાર્બન હોય છે. તેમાં બાષ્પશીલ દ્રવ્યો અને થોડા પ્રમાણમાં ભેજ હોય છે. તેની ઉષ્મા-ઊર્જા આશરે 30 કિલોજૂલગ્રામ$^{-1}$ હોય છે. તેનો ઉપયોગ પોલાદના ઉત્પાદનમાં તેમજ વિદ્યુતના ઉત્પાદનમાં બળતણ તરીકે થાય છે.

(4) ઍન્થ્રેસાઈટ : ઍન્થ્રેસાઇટ ખનિજ કોલસાનું પરિપક્વ રૂપ ગણાય છે. તેમાં લગભગ 94–98 % કાર્બન હોય છે. તેમાં થોડા પ્રમાણમાં બાષ્પશીલ દ્રવ્ય અને ભેજ હોય છે. તેની ઉષ્મા (ઊર્જા) આશરે 33 કિલોજૂલગ્રામ$^{-1}$ હોય છે. શુદ્ધ ઍન્થ્રેસાઇટ બળે ત્યારે ધુમાડો કે વાસ ઉત્પન્ન થતા નથી અને અવશેષનું પ્રમાણ ઘણું જ ઓછું રહે છે. આથી બિટુમિન કોલસા કરતાં ઍન્થ્રેસાઇટનો વપરાશ વધુ થાય છે. ઍન્થ્રેસાઇટ ઉત્તમ પ્રકારનો કોલસો ગણાય છે.

10.3 ખનિજ કોલસાનું વિચ્છેદક નિસ્યંદન (Destructive Distillation of Mineral Coal)

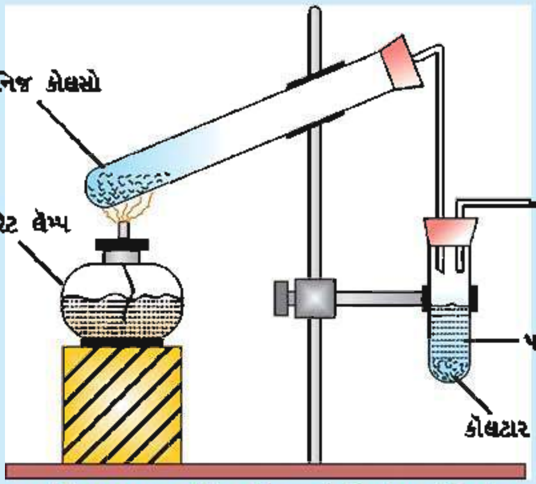
લોખંડના મોટા રિટૉર્ટમાં ખનિજ કોલસાને 1273 K તાપમાને ગરમ કરવામાં આવે છે. આમ કરવાથી બાષ્પશીલ પદાર્થો છૂટા પડે છે અને રિટૉર્ટના ઉપરના ભાગમાં આવેલી નળી વાટે તે બહાર નીકળે છે. આ ગરમ વાયુઓને પાણીમાં રાખીને ઠંડી કરેલી નળીઓમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે. આથી પાણીમાં દ્રાવ્ય હોય તેવા પદાર્થો પાણીમાં દ્રવે છે અને બીજા અદ્રાવ્ય પદાર્થો પાણીમાં નીચે બેસી જાય છે. ત્યારપછી આ વાયુઓ બહાર નીકળે છે, જેને શુદ્ધ કરીને ગરમી અને શક્તિ માટે ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. તેને આપણે કૉલગૅસ તરીકે ઓળખીએ છીએ. રિટૉર્ટમાં બાકી રહેલો કોલસો કૉક તરીકે ઓળખાય છે. તે બળતણ તરીકે અને લોખંડમાંથી પોલાદ બનાવવામાં વપરાય છે.

પાણીમાં અદ્રાવ્ય અને નીચે બેસી ગયેલો કાળો ચીકણો પ્રવાહી પદાર્થ ડામર કહેવાય છે. પહેલા, ડામરનો નિકાલ કેમ કરવો તે પ્રશ્ન હતો પરંતુ સમય જતા જણાયું કે તેમાં ઘણાં ઉપયોગી દ્રવ્યો છે ત્યારે તેની કિંમત સમજાઈ.

સામાન્ય રીતે વિકસિત દેશોમાં કોલસાને ખાણમાંથી લાવીને સીધો બળતણ તરીકે ઉપયોગમાં લેવા દેવામાં આવતો નથી, પરંતુ તેમાંથી ઉપયોગી પદાર્થો કાઢી લીધા પછી પરિણમતા કૉકને જ બળતણ તરીકે ઉપયોગમાં લેવાય છે. પ્રયોગશાળામાં ખનિજ કોલસામાંથી કૉલગૅસ, એમોનિયા, કોલટાર અને કૉક બનાવી શકાય છે. આમ, કોલસાના વિચ્છેદક નિસ્યંદનથી અગત્યના પદાર્થો મળે છે.

પ્રવૃત્તિ 1

સખત કાચની એક કસનળીમાં થોડો ખનિજ કોલસો લો. બીજી એક કસનળીમાં થોડું પાણી લો. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સાધનો ગોઠવો. ખનિજ કોલસાને સ્પિરિટ લેમ્પથી ગરમ કરો અને તેમાંથી નીકળતી બાષ્પને પાણી ભરેલી કસનળીમાં પસાર કરો.



આકૃતિ 10.1 : ખનિજ કોલસાનું વિચ્છેદક નિસ્યંદન

થોડા સમય બાદ જણાશે કે પાણી ભરેલી કસનળીના તળિયે કોલટાર ભેગો થયો છે. કસનળીના ઉપરના ભાગે જોડેલી નળી મારફતે વાયુ બહાર નીકળશે. આ નળીના છેડા નજીક સળગતી દીવાસળી લાવવાથી વાયુ સળગવા માંડે છે. આ વાયુ કોલગૅસ છે. ખનિજ કોલસાવાળી કસનળીમાં છેવટે જે ભાગ બાકી રહે છે તેને કોક કહે છે. પ્રક્રિયા દરમિયાન ઉત્પન્ન થતા એમોનિયાનું પાણીમાં શોષણ થાય છે. જેની કસોટી લાલ લિટમસ પેપરની મદદથી કરી શકાય છે. તે લાલ લિટમસને ભૂરું બનાવે છે.

કોક :

કોક કાળા-ભૂખરા રંગનો સખત અને છિદ્રાળુ પદાર્થ છે. તેમાં કાર્બનનું પ્રમાણ લગભગ 80 % જેટલું હોય છે. તે ધુમાડારહિત બળતણ તરીકે જળવાયુના ઉત્પાદનમાં વપરાય છે. ગરમ કરેલા કોક પરથી પાણીની વરાળ પસાર કરવાથી કાર્બન મોનૉક્સાઇડ અને હાઇડ્રોજન વાયુનું મિશ્રણ ($CO + H_2$) મળે છે, જેને જળવાયુ (water gas) કહે છે.

$$\underset{\text{કોક}}{C(s)} + \underset{\text{વરાળ}}{H_2O(g)} \longrightarrow \underset{\text{જળવાયુ}}{(CO + H_2)(g)}$$

કોકનો ઉપયોગ બળતણ તરીકે ખાસ થતો નથી. પરંતુ તેનો મુખ્ય ઉપયોગ ધાતુ ઑક્સાઇડમાંથી ધાતુ મેળવવા માટે રિડક્શનકર્તા તરીકે થાય છે.

કોલટાર :

કોલટાર ઘેરા-કાળા રંગનું પ્રવાહી છે. તેમાં મોટેભાગે વિવિધ પ્રકારના કાર્બનિક સંયોજનો હોય છે. શરૂઆતના વર્ષોમાં તેનો ઉપયોગ રંગકો, વિસ્ફોટકો, કૃત્રિમ રેસાઓ, ઔષધો, કીટનાશકો જેવા કાર્બનિક પદાર્થોની બનાવટમાં થતો હતો. હાલમાં આ કાર્બનિક પદાર્થો કોલટારને બદલે પેટ્રોલિયમ પેદાશોમાંથી મેળવવામાં આવે છે.

કોલગૅસ :

કોલગૅસમાં મુખ્યત્વે કાર્બન મોનૉક્સાઇડ અને બીજા કેટલાક વાયુરૂપ હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનો હોય છે. આ વાયુઓનું મિશ્રણ દહનશીલ હોવાથી તેનો ઉપયોગ બળતણ તરીકે થાય છે.

10.4 પેટ્રોલિયમ (Petroleum)

ખનિજ તેલ એક અથવા બીજા સ્વરૂપે પ્રાચીન સમયથી જાણીતું છે. ખનિજ તેલમાંથી મળતો આસ્ફાલ્ટ ઈ. સ. પૂર્વે 5000માં ચણતર માટે વપરાયાની નોંધ છે. ઈ. સ. પૂર્વે 1900માં ચીનમાં દીવા માટે કુદરતી વાયુ વપરાતો હોવાનો ઉલ્લેખ છે. મહાભારતનું લાક્ષાગૃહ કદાચ ડામર જેવા જલદી સળગી ઊઠે તેવા પદાર્થના ઉપયોગ વડે તૈયાર કરવામાં આવ્યું હશે. કોઈ કોઈ જગ્યાએ પૃથ્વીની તિરાડોમાંથી નીકળતું તેલ કે વાયુ આકસ્મિક રીતે સળગી ઊઠતાં, જે વર્ષો સુધી પવિત્ર અગ્નિ તરીકે પૂજાયેલ. દા.ત., બાકુનો શાશ્વત અગ્નિ. ટ્રિનિદાદમાં આવું તેલ મોટા પ્રમાણમાં બહાર આવ્યા પછી તેમાંના બાષ્પશીલ પદાર્થો સંપૂર્ણપણે ઊડી જતાં અવશેષરૂપે હવે ડામરનું તળાવ રહ્યું છે. ગુજરાતમાં ઘોઘા બંદર પાસે જમીનમાંથી વાયુ બહાર આવે છે. આમ છતાં પેટ્રોલિયમનું બહોળું ઉત્પાદન ઓગણીસમી સદીના પૂર્વાર્ધ પછી જ થયું. હાલમાં પેટ્રોલિયમ દુનિયાની ઊર્જાની જરૂરિયાતનો ત્રીજા ભાગથી વધુ ભાગ પૂરો પાડે છે. કાર્બનિક સંયોજનોનાં કુલ ઉત્પાદનનો અડધો ભાગ પણ પેટ્રોલિયમમાંથી મળે છે. આ રીતે આધુનિક યુગમાં પેટ્રોલિયમ ઘણું અગત્યનું છે. પેટ્રોલિયમનો અર્થ ખડકનું તેલ (ખનિજ તેલ) થાય છે.

ઉત્પત્તિ અને શોધ : પ્રાગ ઐતિહાસિક સમયમાં સમુદ્રના પેટાળમાં દટાયેલ વનસ્પતિ અને પ્રાણીસૃષ્ટિના અવશેષોમાંથી ખનિજ તેલની ઉત્પત્તિ થઈ છે. આ માટે પૃથ્વીના પેટાળમાં રહેલું દબાણ, ગરમી અને સૂક્ષ્મજીવોએ ઘણો અગત્યનો ભાગ ભજવ્યો હશે. ખનિજ તેલ પાણી સાથેના મિશ્રણરૂપે વહેતું વહેતું ખડકોની ગુફાઓમાં તૈલી સ્વરૂપે એકઠું થાય છે. તેને ક્રૂડ ઓઇલ (crude oil) પણ કહે છે. સામાન્ય રીતે આવા તૈલાશયની ઉપરના ખડક એકદમ સખત હોય છે. અસંખ્ય નાના દરિયાઈ જીવો તથા દરિયાઈ વનસ્પતિઓની અશ્મિઓ પર લાખો વર્ષ સુધી થયેલી પ્રક્રિયા દરમિયાન પેટ્રોલિયમ બન્યું છે.

વૈજ્ઞાનિક બર્થેલોટે (Berthelot) એવો પ્રસ્તાવ મૂકેલો કે પાણીમાં રહેલા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડની આલ્કલી ધાતુ સાથેની પ્રક્રિયાથી એસિટિલિન નામનો વાયુ તથા બીજા તૈલી પદાર્થ બન્યા હશે. જ્યારે મૅન્ડેલિવે (Mendeleve) એવું સૂચવેલું કે ધાતુઓના કાર્બાઇડ એસિડમય પાણીની ક્રિયાથી પેટ્રોલિયમ જેવા પદાર્થો બન્યા હશે. આ વિચારોને બીજા ઘણા વૈજ્ઞાનિકોએ ટેકો આપ્યો હતો પણ આનાથી ખનિજ તેલની બનાવટ બરાબર સમજાવી શકાતી નથી.

કેટલીકવાર પાણીના કૂવા ખોદતા આવા પદાર્થો પણ નીકળી આવતા હતા. એ જમાનામાં ચોળવાની દવા તરીકે તેનો ઉપયોગ થતો હતો. સેમ્યુઅલ કીઅર(Samuel Kier)ને પેન્સિલવેનિયામાં પાણી માટે કૂવો ખોદતા પાણીને બદલે ખનિજ તેલ મળી આવ્યું હતું. જ્યૉર્જ બીઅલ (George Beal) અને સ્ટીલમૅને (Steelman) તેલ શોધવા માટેની કંપની સ્થાપી તેનો ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રે ઉપયોગ કરવાનો હતો. તેમણે આ કામ એડવર્ડ ડ્રેક(Edward Drac)ને સોંપ્યું. ડ્રેકે પેન્સિલવેનિયામાં તે સમયે કૂવા ખોદવા માટે મળતા સાધનોથી શારકામ શરૂ કર્યું. 1859ના ઓગસ્ટ મહિનાની 27 તારીખે ટિટુસવિલે (Titusville) નામના ગામડામાં તેને 21 મીટરની ઊંડાઈએથી તેલ મળ્યું. તેલનો આ સૌપ્રથમ કૂવો હતો.

કુદરતી વાયુઓમાં મુખ્યત્વે મિથેન (CH_4) અને 1થી 4 કાર્બન ધરાવતા હાઇડ્રોકાર્બનનું મિશ્રણ હોય છે. સામાન્ય રીતે પેટ્રોલિયમ જળકૃત ખડકોના બનેલા વિસ્તારમાં શારકામ કરવાથી મળી આવે છે.

ભારતમાં ખનિજ તેલની શક્યતા ડ્રેકના કૂવા પછી લગભગ થોડાક વર્ષોમાં દેખાઈ આવી હતી. 1867ના ઓગસ્ટ મહિનાની 26 તારીખે દિબ્રુગઢ પાસે માકુમ નામના સ્થળે 34 મીટરની ઊંડાઈએ તેલ મળી આવ્યું હતું. તેમાંથી રોજનું 1350 લિટર તેલ કાઢવામાં આવતું હતું. આ કૂવો એશિયાનો સૌપ્રથમ કૂવો હતો. સાઉદી અરેબિયા, ઈરાક, ઈરાન, કુવૈત, અમેરિકા, રશિયા, ઇંગ્લૅન્ડ, મૅક્સિકો, ચીન, બ્રહ્મદેશ (મ્યાનમાર), ગેલીસીઆ, હંગેરી, ટ્રિનિદાદ વગેરે જેવા અન્ય દેશોમાંથી સારા પ્રમાણમાં તેલનો જથ્થો મળી આવ્યો હતો. ભારતમાં ઘણાં તેલક્ષેત્રો આવેલા છે. હાલમાં ગુજરાતમાં અંકલેશ્વર, ખંભાત,

નવાગામ, સાણંદ, કલોલ અને દક્ષિણ ગુજરાતના છેવાડે દરિયામાં બૉમ્બે હાઈ તરીકે ઓળખાતા વિસ્તારમાં પેટ્રોલિયમ મળી આવ્યું છે. ઉત્તર ગુજરાતમાં મહેસાણા તાલુકાના જોટાણા, સાંથલ, અંબાસણ વગેરે જગ્યાએ પેટાળમાં પેટ્રોલિયમ હોવાના આનુમાનિક પુરાવા મળ્યા છે. વળી કચ્છ, સૌરાષ્ટ્ર, રાજસ્થાન, પશ્ચિમ બંગાળ અને ગોદાવરી તથા કાવેરી નદીઓના તટ પ્રદેશોમાં પણ પેટ્રોલિયમના ભંડારો હોવાના પુરાવા મળ્યા છે. ભારતમાં તેલક્ષેત્રોની શોધ તથા વિકાસ માટે તેલ અને કુદરતી વાયુ પંચ (Oil and Natural Gas Commission–ONGC) રચવામાં આવ્યું હતું. જે હાલમાં Oil and Natural Gas Corporation Ltd. તરીકે ઓળખાય છે.

પેટ્રોલિયમ ઘેરા-ભૂખરા અથવા કાળા રંગનું તૈલી પ્રવાહી છે. તેમાં મુખ્યત્વે હાઇડ્રોકાર્બન, ઑક્સિજન અને સલ્ફરયુક્ત કેટલાક કાર્બનિક સંયોજનો હોય છે.

અશુદ્ધ પેટ્રોલિયમ અને તેના ઘટકો : કૂવામાંથી નીકળતું પેટ્રોલિયમ અશુદ્ધ હોય છે. તેનો રંગ આછા લીલાશપડતા બદામીથી કાળા સુધીનો હોય છે. તેમાં કુદરતી વાયુ, પાણી, માટી, રેતી વગેરેની અશુદ્ધિ હોય છે.

રાસાયણિક દૃષ્ટિએ ખનિજ તેલ મુખ્યત્વે ઘણાં હાઇડ્રોકાર્બનનું મિશ્રણ છે. તેમાં સલ્ફર, નાઇટ્રોજન અને ઑક્સિજનયુક્ત પદાર્થો પણ અલ્પ પ્રમાણમાં હોય છે. જુદા જુદા દેશોમાંથી મળતા ખનિજ તેલનું સંઘટન જુદું જુદું હોય છે. પેટ્રોલિયમમાં મુખ્યત્વે નીચેના રસાયણો હોય છે.

(1) પૅરાફિન હાઇડ્રોકાર્બન : આ પદાર્થો લાંબી શૃંખલાવાળા એલિફેટિક સંયોજનો છે. તેમનું સામાન્ય સૂત્ર C_nH_{2n+2} છે. આ પદાર્થો સરળ (straight) અને ઉપશૃંખલાવાળા (branched) પેરાફિનનું મિશ્રણ હોય છે. આ મિશ્રણમાં સરળ શૃંખલાવાળા પદાર્થોનું પ્રમાણ વધારે હોય છે. અમેરિકાના પેન્સિલવેનિયા અને અંકલેશ્વરમાંથી નીકળતું તેલ આ પ્રકારનું છે.

(2) નૅપ્થેલીન હાઇડ્રોકાર્બન : આ પદાર્થો ચક્રીય છે અને તેમનું સામાન્ય સૂત્ર C_nH_{2n} છે. આ સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન છે અને તેમાં છથી સાત કાર્બન હોય છે. દા.ત., મિથાઇલ સાઇક્લોહેક્ઝેન, સાઇક્લોપેન્ટેન અને તેના વ્યુત્પન્નો. આપણા દેશમાં ઘણા ભાગમાંથી નીકળતું તેલ આ પ્રકારનું છે.

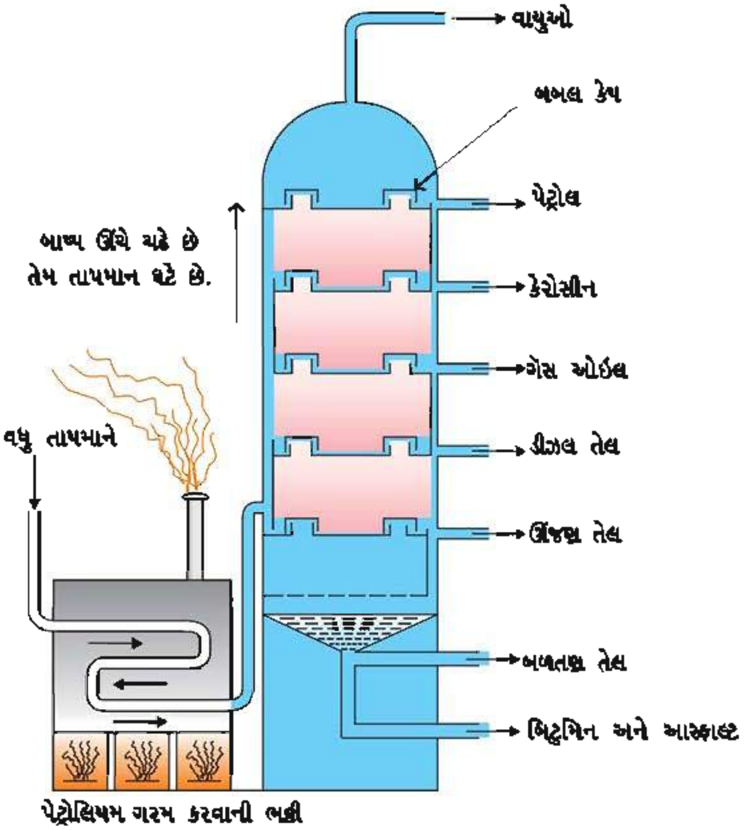
(3) એરોમૅટિક સંયોજનો : આ પ્રકારના સંયોજનો ખનિજ તેલમાં ખૂબ જ અલ્પ પ્રમાણમાં હોય છે. તેમનું સામાન્ય સૂત્ર C_nH_{2n-6} છે. આ પદાર્થો પણ ચક્રીય છે. પણ તેમાં વિશિષ્ટ પ્રકારની અસંતૃપ્તતા છે. દા.ત., બેન્ઝિન, ટૉલ્વિન, ઝાયલીન વગેરે. બોર્નિયામાંથી મળતું તેલ આ પ્રકારનું છે.

(4) આસ્ફાલ્ટ : આસ્ફાલ્ટ પ્રકારના કાળા રગડા જેવા તેલમાંથી ઘણા સંકીર્ણ ઘન પદાર્થો મળી આવે છે. આ પદાર્થોમાં કાર્બન અને હાઇડ્રોજન ઉપરાંત સલ્ફર, ઑક્સિજન અને નાઇટ્રોજનયુક્ત પદાર્થો હોય છે. હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ, થાયોફિન વગેરે સલ્ફરયુક્ત સંયોજનો તરીકે મળી આવે છે. આલ્કોહોલ, ફિનૉલ વગેરે ઑક્સિજનયુક્ત સંયોજનો તરીકે મળી આવે છે. જ્યારે પિરિડિન જેવા વિષમચક્રીય બેઇઝ નાઇટ્રોજન સંયોજન તરીકે હોય છે.

ગુજરાતના અંકલેશ્વર ખાતેના તેલમાં સલ્ફરયુક્ત સંયોજનોનું પ્રમાણ 0.4 % છે. જ્યારે કલોલ ખાતેના તેલમાં ફક્ત 0.03 % છે. સલ્ફર સંયોજનોની ખનિજ તેલમાં હાજરી ખૂબ જ નુકસાનકર્તા છે. તેથી જ ખનિજ તેલને ઉપયોગમાં લેતાં પહેલાં તેને શુદ્ધ કરવાની ખૂબ જરૂર છે.

10.5 પેટ્રોલિયમનું શુદ્ધીકરણ (Refining of Petroleum)

કૂવામાંથી મળતા અશુદ્ધ પેટ્રોલિયમને શુદ્ધ કરવા માટે પાઇપ કે ટેન્કર મારફતે રિફાઇનરીમાં પહોંચાડવામાં આવે છે. પેટ્રોલિયમમાંનો કુદરતી વાયુ શરૂઆતમાં જ તેમાંથી અલગ કરી લેવામાં આવે છે. રિફાઇનરીમાં તેલને અનેક મોટી ટાંકીઓમાં ઠારીને તેમાંથી કચરો અને પાણી છૂટા પાડવામાં આવે છે. ત્યારબાદ તે તેલનું વિભાગીય નિસ્યંદન કરવામાં આવે છે.



આકૃતિ 10.2 : નિસ્યંદન ટાવર

પેટ્રોલિયમનું વિભાગીય નિસ્યંદન : આ નિસ્યંદનનો હેતુ દરેક હાઇડ્રોકાર્બનને વ્યક્તિગત રીતે અલગ કરવાનો નથી, પરંતુ ઉદ્યોગોમાં ઉપયોગી એવા વિશિષ્ટ ગુણધર્મો ધરાવતા વિભાગો અલગ કરવાનો છે. આ દરેક વિભાગ તાપમાનના ચોક્કસ ગાળામાં નિસ્યંદિત થતો હોય છે અને તે કેટલાક સંયોજનોનું મિશ્રણ હોય છે.

આકૃતિ 10.2માં દર્શાવ્યા અનુસાર પેટ્રોલિયમને ભઠ્ઠીમાં ગરમ કરીને લગભગ બાષ્પરૂપે વિભાગીય સ્તંભમાં નીચેથી દાખલ કરવામાં આવે છે. આ સ્તંભ 2 થી 4 મીટર વ્યાસનો અને 30થી 60 મીટર ઊંચાઈનો હોય છે. તેમાં કાણાંવાળી છાજલીઓ જડેલી હોય છે અને દરેક છાજલીના કાણાં પર ટોપી જેવું ઢાંકણ હોય છે. આ વિશિષ્ટ રચનાને બબલ કેપ કહે છે. (આકૃતિ 10.2) નિસ્યંદિત ન થાય તેવા પદાર્થો સ્તંભના નીચેના ભાગમાં જમા થાય છે. પેટ્રોલિયમની બાષ્પ સ્તંભમાં ઉપર જતા ઠંડી પડી પ્રવાહીરૂપે નીચે આવે છે અને નીચેથી બાષ્પ ઉપર ચઢે છે. આમ, બાષ્પ અને પ્રવાહી વચ્ચે અત્યંત ગાઢ સંપર્ક રહે છે. બાષ્પ છાજલીઓ ઉપર એકઠા થયેલા પ્રવાહીમાં થઈને જ ઉપર જઈ શકે છે. આથી ઊંચા ઉત્કલનબિંદુવાળા પદાર્થો પ્રવાહીરૂપે નીચે આવે છે અને નીચાં ઉત્કલનબિંદુવાળા પદાર્થો બાષ્પરૂપે ઉપર જાય છે. આ રીતે દરેક છાજલી આગળ નિસ્યંદન થતું રહે છે. આથી નજીકનાં ઉત્કલનબિંદુવાળા પદાર્થો અલગ કરી શકાય છે. આમ, નીચા ઉત્કલનબિંદુવાળા વિભાગો ઉપરના ભાગની છાજલીઓમાં અને ઊંચા ઉત્કલનબિંદુવાળા વિભાગો નીચેના ભાગની છાજલીઓમાં એકઠા થાય છે. છાજલીઓની સંખ્યા તેમજ અંતર એવી રીતે ગોઠવેલા હોય છે કે અમુક ઊંચાઈએ આવેલી છાજલીમાં અમુક વિભાગ એકઠો થાય. આ વર્ણન માત્ર સૈદ્ધાંતિક સમજ સરળતાથી આપે છે. વાસ્તવમાં તો આવા ઘણા વિભાગીય સ્તંભો વપરાય છે અને શુદ્ધીકરણનો આખો પ્રક્રમ ખૂબ જ અટપટો હોય છે. વિભાગીય નિસ્યંદનથી મળતા વિવિધ વિભાગોના ગુણધર્મો અને ઉપયોગો નીચે દર્શાવ્યા છે.

(1) પેટ્રોલિયમ વાયુઓ : આ વિભાગમાં C_1 થી C_4 સુધીના હાઇડ્રોકાર્બન હોય છે. પેટ્રોરસાયણો માટે આ વાયુઓ

ઉપયોગી છે. ઘરવપરાશ માટે વપરાતા વાયુઓમાં ખરાબ વાસવાળો સલ્ફાઇડ ઉમેરવામાં આવે છે તેથી તે આકસ્મિક બહાર આવતો હોય તો તીવ્ર ગંધ વડે ચેતવણી મળે છે. દા.ત., LPG, CNG

(2) ગેસોલિન : આ વિભાગમાં C_5થી C_{12} સુધીના હાઇડ્રોકાર્બન હોય છે. આ વિભાગનો ઉત્કલનગાળો 343થી 473 K હોય છે. તે વિમાન તથા મોટરના બળતણ તરીકે વપરાય છે. આ વિભાગમાંથી C_5થી C_7 સુધીના હાઇડ્રોકાર્બન અલગ પાડીને દ્રાવક તરીકે વાપરવામાં આવે છે.

(3) કેરોસીન : આ વિભાગમાં C_{12} થી C_{15} સુધીના હાઇડ્રોકાર્બન હોય છે. તેનો ઉત્કલનગાળો 473થી 548 K હોય છે. તે કેરોસીનના દીવામાં, સ્ટવમાં, જેટ વિમાનમાં તથા રૉકેટમાં બળતણ તરીકે વપરાય છે.

(4) ગૅસ ઓઈલ અથવા ડીઝલ તેલ : આ વિભાગમાં C_{15} થી C_{18} સુધીના હાઇડ્રોકાર્બન હોય છે. તે 523 Kથી ઊંચા તાપમાને મળે છે. તે ડીઝલ એન્જિનમાં બળતણ તરીકે વપરાય છે. નેપ્થા આ વિભાગમાંથી મળે છે.

(5) ઊંજણ તેલ : આ વિભાગમાં C_{16}થી C_{20} સુધીના હાઇડ્રોકાર્બન હોય છે. તે ઊંજણ અને વિભંજન માટે વપરાય છે. આ વિભાગને ઠારીને તેમાંનું મીણ કાઢી લેવામાં આવે છે.

(6) આસ્ફાલ્ટ (ડામર) : આ વિભાગમાં C_{21} થી C_{40} સુધીનાં હાઇડ્રોકાર્બન હોય છે. તે રસ્તા બનાવવા માટે ઉપયોગી છે.

(7) કૉક : પેટ્રોલિયમને ગરમ કરવાથી તે ભઠ્ઠીની અંદરની બાજુ પર જામે છે. વિદ્યુતકોષ માટેનો કાર્બન આમાંથી મેળવાય છે. આ કાર્બન પેટ્રોલિયમ કૉક તરીકે ઓળખાય છે. આ કાર્બન શુદ્ધ હોવાથી બૅટરીના વિદ્યુતધ્રુવો બનાવવા અને કાર્બન ટાઇલ્સ બનાવવા માટે ઉપયોગી છે. આ પ્રકારના ટાઇલ્સ ક્ષારણોનો પ્રતિકાર કરે છે, તેથી રાસાયણિક ઉદ્યોગોના સાધનોના રક્ષણ માટે પણ તે વપરાય છે.

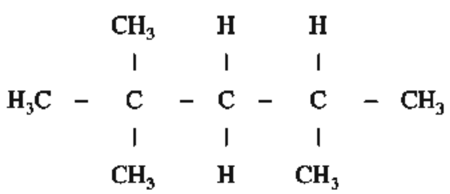
કોષ્ટક 10.1માં પેટ્રોલિયમના વિભાગીય નિસ્યંદનથી મળતી નીપજો અને તેના ઉપયોગો દર્શાવ્યા છે.

કોષ્ટક 10.1 : પેટ્રોલિયમના વિભાગીય નિસ્યંદનથી મળતી નીપજો અને તેના ઉપયોગો

	વિભાગ	કાર્બનની સંખ્યા	તાપમાનગાળો	ઉપયોગો
1.	વાયુઓ	C_1 થી C_4	298 K	બળતણ તરીકે
2.	પેટ્રોલ	C_5 થી C_{10}	303 K થી 393 K	વાહનોમાં બળતણ તરીકે
3.	નૅપ્થા	C_8 થી C_{10}	393 K થી 453 K	પેટ્રોરસાયણમાં દ્રાવક તરીકે
4.	કેરોસીન	C_{12} થી C_{15}	453 K થી 533 K	ઘરવપરાશના અને જેટ વિમાનના બળતણ તરીકે
5.	ડીઝલ	C_{15} થી C_{18}	533 K થી 613 K	ટ્રક, બસ, પાણી ખેંચવાના પંપ, ડીઝલ એન્જિન, વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરવા માટે જનરેટરમાં
6.	ઊંજણ તેલ	C_{16} થી C_{20}	613 K	યંત્રમાં ઊંજણ તેલ તરીકે ગ્રીસ, વેસેલીન, મીણ વગેરે બનાવવા
7.	બળતણ તેલ	–	773 K થી વધુ	સ્ટીમર અને વિદ્યુત મથકોમાં બળતણ તરીકે
8.	ડામર	C_{21} થી C_{40}	વિભાગીય નિસ્યંદનને અંતે રહેતું ઘટ્ટ પ્રવાહી	રોડ બનાવવા, વૉટરપ્રૂફિંગ વગેરે માટે ઉપયોગી
9.	પેટ્રોલિયમ કૉક	–	જમા થતો કાર્બન	બૅટરીના વિદ્યુતધ્રુવો, કાર્બન ટાઇલ્સની બનાવટમાં

ઑક્ટેન આંક : ગેસોલિન જે સામાન્ય વ્યવહારમાં પેટ્રોલ તરીકે ઓળખાય છે તે મુખ્યત્વે મોટરના અંતઃદહન એન્જિનમાં બળતણ તરીકે વપરાય છે. મોટરના કાર્બ્યુરેટરમાંથી ગેસોલિન અને હવાનું મિશ્રણ એન્જિનના સિલિન્ડરમાં એકઠું થાય છે ત્યાં પિસ્ટન વડે એ મિશ્રણને દબાવવામાં આવે છે. આ મિશ્રણમાં વિદ્યુતના તણખા છોડતી જ્યોત, સિલિન્ડરમાં એક છેડાથી બીજા છેડા સુધી પ્રસરે છે અને વાયુમિશ્રણનું વ્યવસ્થિત રીતે દહન થાય છે. પિસ્ટન સિલિન્ડરમાં ત્વરિત ગતિ કરે છે અને દહન પામેલા વાયુઓ બહાર નીકળી જાય છે. આ બળ મોટરને ગતિ આપવામાં વપરાય છે. આ ક્રિયા વારંવાર થયા કરે છે. અમુક સંજોગોમાં વિદ્યુત-તણખા થતા તેની આસપાસનું વાયુમિશ્રણ સંકોચન અનુભવે છે અને જ્યોત ત્યાં પહોંચે તે પહેલાં વિસ્ફોટ સાથે સળગી ઊઠે છે. આ અવ્યવસ્થિત દહનથી સિલિન્ડરમાં અમુક પ્રકારનો અવાજ થાય છે, જે અપસ્ફોટન (knocking) તરીકે ઓળખાય છે. જેમ દબાણનું પ્રમાણ વધારે હોય તેમ અપસ્ફોટન વધુ થાય છે. વધુ હૉર્સપાવર મેળવવા અને બળતણના વપરાશની માત્રા ઘટાડવા દબાણની માત્રા વધારવી અત્યંત જરૂરી છે. અપસ્ફોટનથી સિલિન્ડરના પિસ્ટન પર આઘાત થવાથી, તેમાં વધુ ઘસારો થાય છે અને સિલિન્ડરના અંદરના ભાગમાં કાર્બન જામે છે.

હાઇડ્રોકાર્બનના બંધારણ અને અપસ્ફોટનનો અભ્યાસ કરતા માલૂમ પડ્યું છે કે સરળ શૃંખલાવાળા હાઇડ્રોકાર્બનનું અપસ્ફોટન વધુ થાય છે, જ્યારે ઉપશૃંખલાવાળા હાઇડ્રોકાર્બનનું અપસ્ફોટન ઓછું કે નહિવત્ થાય છે. બળતણની સરખામણી કરવા માટે આઇસો ઑક્ટેનને પ્રમાણભૂત ગણવામાં આવ્યો છે. તેનું અપસ્ફોટન નજીવું થતું હોઈ તેનો ઑક્ટેન આંક 100 લેવામાં આવે છે. n-હેપ્ટેનનું અપસ્ફોટન વધુ થતું હોઈ તેનો ઑક્ટેન આંક 0 ગણવામાં આવે છે.



$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$$

આઇસો ઑક્ટેન, ઑક્ટેન આંક 100
(2, 4, 4 - ટ્રાયમિથાઇલ પેન્ટેન)

n-હેપ્ટેન, ઑક્ટેન આંક 0

ગેસોલિનના કોઈ પણ નમૂનાનો ઑક્ટેન આંક તેના જેવી જ કામગીરી આપતા આઇસો ઑક્ટેન અને n-હેપ્ટેનના મિશ્રણમાંના ઑક્ટેનના ટકા જેટલો હોય છે. આ સરખામણી માટે પ્રમાણિત અંતઃદહન એન્જિન વપરાય છે. દા.ત., બળતણના એક નમૂનાની કામગીરી 90 % આઇસો ઑક્ટેન અને 10 % હેપ્ટેનના મિશ્રણને બરાબર મળતી આવતી હોય તો તે બળતણનો ઑક્ટેન આંક 90 ગણાય. n-આલ્કેન કરતાં આલ્કીનનો અને ચક્રીય પેરેફિનનો તથા સરળ શૃંખલાવાળા હાઇડ્રોકાર્બન કરતાં ઉપશાખાવાળા હાઇડ્રોકાર્બનનો ઑક્ટેન આંક ઊંચો હોય છે. એરોમૅટિક હાઇડ્રોકાર્બનનો ઑક્ટેન આંક ઘણો ઊંચો હોય છે.

ઘણાં સંશોધન બાદ ગેસોલિનનો ઑક્ટેન આંક ઊંચો લાવવાની બે રીત શોધી કાઢવામાં આવી છે : (1) ખનિજ તેલના વિભાગીય નિસ્યંદનથી સીધા મેળવેલા (straight run) ગેસોલિન કે પ્રાકૃત (virgin) ગેસોલિન પર નવલીકરણ (reforming) કે એવા બીજા રૂપાંતરણ પ્રક્રમો કરવામાં આવે છે. આથી મૂળ ગેસોલિનમાંના સરળ શૃંખલાવાળા હાઇડ્રોકાર્બનનું ઉપશૃંખલાવાળા હાઇડ્રોકાર્બનમાં રૂપાંતર થાય છે અને તેનો ઑક્ટેન આંક ઊંચો આવે છે. આ પ્રક્રિયાઓ ગેસોલિન પછીના વિભાગો પર કરવાથી ગેસોલિનનું પ્રમાણ પણ વધારી શકાય છે. આ બાબત અગત્યની છે, કારણ કે ખનિજ તેલમાંથી જેટલું ગેસોલિન મળે તેનાથી તેની માંગ વધુ હોય છે. (2) ગેસોલિનમાં ઑક્ટેન આંક વધારી શકે તેવા પદાર્થો ઉમેરવાથી પણ તેની ગુણવત્તા સુધારી શકાય. 1922માં અમેરિકામાં મિડગ્લે (Midgal) અને બોઇડે (Boeid) આવા ગુણો ધરાવતો પદાર્થ ટેટ્રાઇથાઇલ લેડ, $Pb(C_2H_5)_4$ શોધી કાઢ્યો. મોટરમાં વપરાતા ગેસોલિનમાં દર 4 લિટરે 1 મિલિ ટેટ્રાઇથાઇલ લેડ ઉમેરવામાં આવે છે. આવા ગેસોલિનનો ઑક્ટેન આંક 75–85 જેટલો હોય છે. આવું ગેસોલિન બળી જતાં લેડ, સ્પાર્ક પ્લગ પર જામી ન જાય માટે તેમાં થોડું ડાયઇથિલીન ડાયક્લોરાઇડ કે ડાયબ્રોમાઇડ ઉમેરવામાં આવે છે. આથી લેડ, લેડ ક્લોરાઇડ કે લેડ બ્રોમાઇડરૂપે નિર્વાતક વાયુઓમાં બહાર ફેંકાઈ જાય છે.

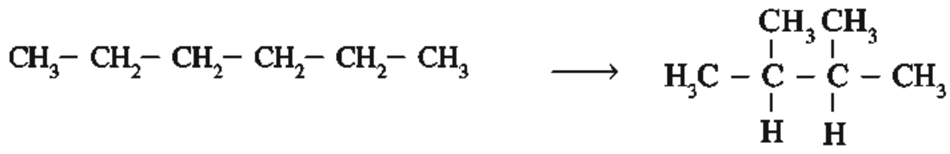
હાઇડ્રોકાર્બનનું વિભંજન : સામાન્ય રીતે ખનિજ તેલમાંથી 18 % જેટલું ગેસોલિન મળે છે. ગેસોલિન પછીના, ઊંચા ઉત્કલનબિંદુવાળા વિભાગોમાં કેરોસીનનું પ્રમાણ વધુ હોય છે પરંતુ તેની માંગ ઓછી છે, જ્યારે ગેસોલિનની માંગ વધારે છે. આથી ગેસોલિનનું પ્રમાણ વધારવા વિભંજન પ્રક્રિયાઓ વિકસાવવામાં આવી છે. આ પ્રક્રિયાઓના ત્રણ ફાયદા છે : (1) વધુ ગેસોલિન મળે. (2) જે ગેસોલિન મળે તેનો ઑક્ટેન આંક ઊંચો હોય અને (3) અસંતૃપ્ત કાર્બનિક વાયુઓ મળે, જે પેટ્રોરસાયણો માટે અગત્યનો કાચો માલ છે.

આ પ્રક્રિયામાં કેરોસીન, નૅપ્થા, ડીઝલ અને મીણ પણ વાપરવામાં આવે છે. આ પદાર્થોને 773 Kથી ઊંચા તાપમાને, બાષ્પરૂપે ઉદ્દીપકના સ્તરમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે Al_2O_3, SiO_2 ઉદ્દીપક તરીકે વપરાય છે. આધુનિક પદ્ધતિમાં ઉદ્દીપકની નાની ગોળીઓ સ્તંભની ઉપરથી પડવા દેવામાં આવે છે અને કેરોસીન વગેરેની બાષ્પ નીચેથી ઉપર જવા દેવામાં આવે છે.

ઉપરોક્ત પ્રક્રિયામાં સાથે સાથે હાઇડ્રોજન, મિથેન અને અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન પણ મળે છે. આ પદાર્થો પેટ્રોરસાયણો બનાવવા માટેનો કાચો માલ હોવાથી હાલમાં રિફાઈનરીઓથી સ્વતંત્ર એવા વિભંજક એકમો અસ્તિત્વમાં આવ્યા છે. આવા એકમોમાંથી મુખ્યત્વે નૅપ્થાનું વિભંજન કરીને અસંતૃપ્ત આલ્કીન પદાર્થો મેળવાય છે. ઉદ્દીપકીય વિભંજન દરમિયાન થતી કેટલીક પ્રક્રિયાઓ નીચે દર્શાવેલી છે.

સમઘટીકરણ :

આ પ્રક્રિયામાં સરળ શૃંખલાવાળા પદાર્થો ઉપશાખાવાળા શૃંખલાયુક્ત પદાર્થોમાં રૂપાંતરિત થાય છે.



n-હેક્ઝેન　　　　2, 3-ડાયમિથાઇલ બ્યુટેન

વિહાઇડ્રોજનીકરણ :

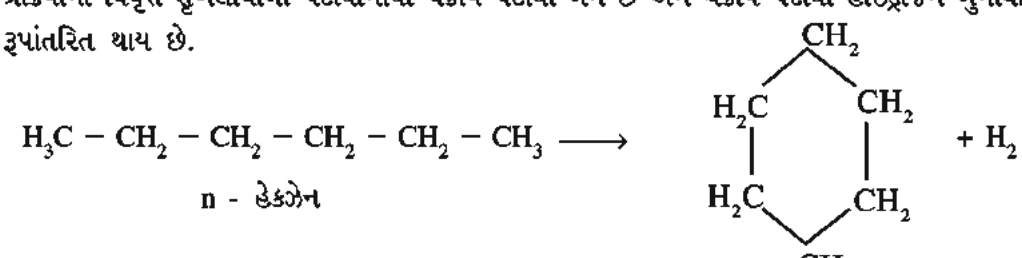
આ પ્રક્રિયામાં સંતૃપ્ત પદાર્થો અસંતૃપ્ત પદાર્થોમાં રૂપાંતરિત થાય છે.

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3 \longrightarrow CH_3 - CH_2 - CH = CH_2 + H_2$$

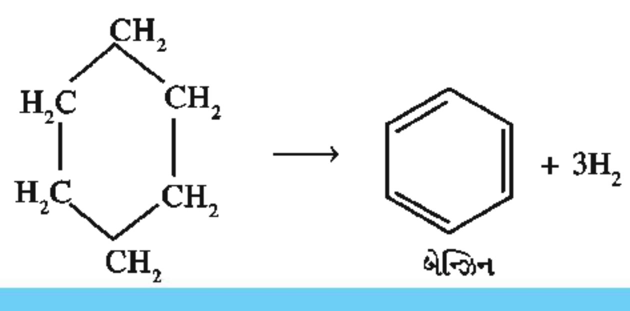
n-બ્યુટેન　　　　બ્યુટ્-1-ઈન

એરોમૅટાઇઝેશન :

આ પ્રક્રિયામાં વિવૃત્ત શૃંખલાવાળા પદાર્થોમાંથી ચક્રીય પદાર્થો બને છે અને ચક્રીય પદાર્થો હાઇડ્રોજન ગુમાવીને એરોમૅટિક પદાર્થોમાં રૂપાંતરિત થાય છે.



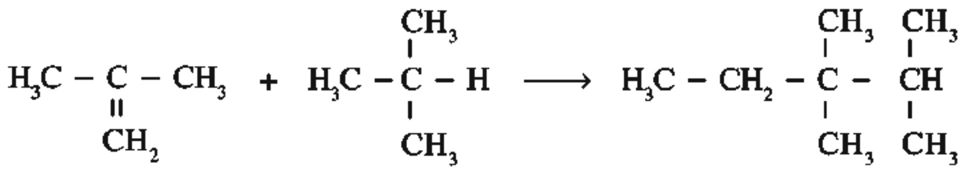
n - હેક્ઝેન　　　　સાયક્લોહેક્ઝેન



બેન્ઝિન

આલ્કાઈલેશન :

આ પ્રક્રિયામાં નાના અણુઓ વચ્ચે પ્રક્રિયા થઈ મધ્યમ કદના અણુ મળે છે.



2-મિથાઇલ પ્રોપીન (આઇસોબ્યુટીન) — આઇસોબ્યુટેન — આઇસોઑક્ટેન

આ પ્રક્રિયા અલગ કરીને પણ સારું ગેસોલિન મેળવાય છે.

વિભંજન :

આ પ્રક્રિયામાં મોટા અણુઓ તૂટીને નાના અણુઓ મળે છે.

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

(n-ઑક્ટેન)

$$\downarrow$$

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3 \;+\; CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$$

(n-બ્યુટેન) બ્યુટ્-1-ઈન

આ પ્રક્રિયા હાઈડ્રોજનની હાજરીમાં થાય ત્યારે અસંતૃપ્ત પદાર્થો સંતૃપ્ત થાય છે.

10.6 કુદરતી વાયુ (Natural Gas)

પૃથ્વીના પેટાળમાં સતત ચાલતી જટિલ રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓથી પેટ્રોલિયમનો ઉદ્‌ભવ થયો છે. ખડકોમાં પેટ્રોલિયમ પર કુદરતી વાયુ જમા થયેલો હોય છે. પેટ્રોલિયમ સાથે મળી આવતા વાયુને કુદરતી વાયુ કહે છે. તે પેટ્રોલિયમમાં તેલી પ્રવાહી સાથે મિશ્રણરૂપે કે સ્વતંત્ર વાયુરૂપે મળી આવે છે. પૃથ્વીના પેટાળમાં ડ્રિલિંગ કરતા પ્રથમ કુદરતી વાયુ અને પછી પેટ્રોલિયમ બહાર આવે છે અને જે વાયુ મળે તે વાયુને કુદરતી વાયુ કહે છે.

કુદરતી વાયુમાં મુખ્ય હાઈડ્રોકાર્બન મિથેન વાયુ હોય છે. આ ઉપરાંત ઈથેન, પ્રોપેન અને બ્યુટેન જેવા અન્ય હાઈડ્રોકાર્બન પણ હોય છે. ખનિજ તેલક્ષેત્રોમાંથી પાઈપલાઈન દ્વારા તે યોગ્ય સ્થળોએ સહેલાઈથી પહોંચાડી શકાય છે. આવી વ્યવસ્થાથી ગુજરાતના વડોદરા, અંકલેશ્વર, સુરત, ભરૂચ અને હવે અમદાવાદ જેવા શહેરોમાં ઘર-વપરાશના બળતણ તરીકે તે ઉપલબ્ધ છે. ત્રિપુરા, જેસલમેર, બૉમ્બે હાઈ, કૃષ્ણા અને ગોદાવરીનો તટપ્રદેશ વગેરે સ્થળોએ કુદરતી વાયુક્ષેત્રો મળી આવ્યા છે.

કુદરતી વાયુમાંથી હાઈડ્રોજન વાયુનું ઉત્પાદન મોટા પાયા પર કરી તેમાંથી એમોનિયા અને યૂરિયા મેળવી શકાય છે. કુદરતી વાયુનો બળતણ તરીકે ઉપયોગ હવે ગૅસ આધારિત થર્મલ પાવર મથકોમાં, ગુજરાતમાં ગૅસ આધારિત અનેક ઉદ્યોગોનો વિકાસ થયો હોવાથી વેડફાઈ જતો કુદરતી વાયુ ખૂબ જ કિંમતી પુરવાર થયો છે. ગુજરાતમાં ધુવારણ થર્મલ પાવર સ્ટેશનમાં કુદરતી વાયુનો બળતણ તરીકે ઉપયોગ થાય છે. LPG અને CNG જાણીતા કુદરતી વાયુ છે.

LPG અને CNG :

LPG (Liquified Petroleum Gas) એટલે કે પ્રવાહીકૃત પેટ્રોલિયમ વાયુઓમાં ખાસ કરીને બ્યુટેન અને તેમાં થોડા પ્રમાણમાં પ્રોપેન કે બ્યુટીન હોય છે. આ વાયુમિશ્રણને ભારે દબાણ હેઠળ પ્રવાહીકૃત કરીને સિલિન્ડરમાં દબાણ હેઠળ ભરવામાં

આવે છે. સિલિન્ડરમાંથી થતા વાયુના લીકેજને જાણવા માટે તેમાં ખરાબ દુર્ગંધ ધરાવતો ઇથાઇલ મરકેપ્ટન LPG વાયુ સાથે મિશ્ર કરવામાં આવે છે. LPGનો ઉપયોગ ખાસ કરીને ઘરગથ્થુ વપરાશમાં બળતણ તરીકે થાય છે.

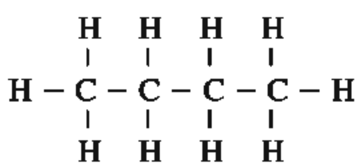
CNG(Compressed Natural Gas)માં મહદ્‌અંશે મિથેન અને થોડા પ્રમાણમાં ઇથેન અને પ્રોપેન હોય છે. ઊંચા દબાણે તેનું કદ ઘટાડીને હાલ ટ્રક, બસ, મોટરકાર જેવા ઑટોમોબાઇલ એન્જિનમાં બળતણ તરીકે પેટ્રોલના સ્થાને વપરાય છે. CNGનું સંપૂર્ણ દહન થતું હોવાથી વધારાનો ઝેરી વાયુ પ્રદૂષણ ફેલાવતો નથી. પરંતુ ક્યારેક અપૂર્ણ દહન થવાથી વહનની યાંત્રિક મશીનરી વધુ ગરમ કરે છે, જે CNGનો ગેરલાભ છે.

10.7 કાર્બનની ચતુઃસંયોજકતા અને કૅટેનેશન (Tetravalency and Catenation of Carbon)

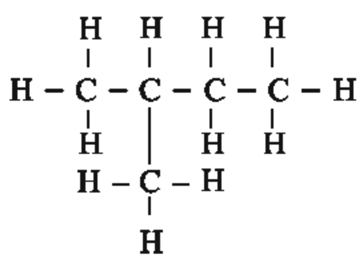
ખનિજ કોલસો, પેટ્રોલિયમ વગેરેમાં કાર્બન અને તેના સંયોજનો હોય છે. જે કાર્બનિક સંયોજનો કાર્બન અને હાઇડ્રોજન ધરાવતા હોય તેને હાઇડ્રોકાર્બન કહે છે. તે સામાન્ય રીતે કાર્બનિક સંયોજનો તરીકે ઓળખાય છે. કાર્બનિક સંયોજનો સજીવોમાં વિવિધ પ્રકારનાં સંયોજનોના રૂપમાં હોય છે. જેવા કે, કાર્બોદિત પદાર્થો, પ્રોટીન વગેરે. આપણા દૈનિક જીવનમાં ઉપયોગી અસંખ્ય વસ્તુઓ જેવી કે અનાજ, કઠોળ, ખાંડ, ચા, કૉફી, કાગળ, રૂ, રેશમ, સાંશ્લેષિત રેસાઓ, કેરોસીન, પેટ્રોલ, ડીઝલ, રાંધણગૅસ, ઔષધો, રંગકો, રબર, પ્લાસ્ટિક, પરફ્યુમ વગેરેમાં મુખ્યત્વે કાર્બનિક સંયોજનો હોય છે. ખરેખર તો કાર્બનિક સંયોજનો કુદરતમાં વિસ્તૃત પ્રમાણમાં વહેંચાયેલા છે. કાર્બન સિવાયના તત્ત્વોથી મળતા કુલ સંયોજનો કરતાં પણ કાર્બનના સંયોજનો ખૂબ જ મોટી સંખ્યામાં હોય છે. વધુમાં કુદરતમાં રહેલા કાર્બનિક સંયોજનો ઉપરાંત પણ અનેક કાર્બનિક સંયોજનો પ્રયોગશાળામાં સંશ્લેષણથી મેળવાયાં છે. આથી એમ કહી શકાય કે રાસાયણિક રીતે કાર્બન અદ્વિતીય તત્ત્વ છે.

આવર્તકોષ્ટકના 14મા સમૂહમાં કાર્બન તત્ત્વ આવેલું છે. કાર્બનનો પરમાણ્વિયક્રમાંક 6 છે. તેની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના 2, 4 છે. તેની સંયોજકતા કક્ષામાં ચાર ઇલેક્ટ્રૉન આવેલા છે. કાર્બન ઉત્તેજિત અવસ્થામાં ચાર સંયોજકતા ધરાવે છે. કાર્બન પરમાણુના ચાર ઇલેક્ટ્રૉન અન્ય પરમાણુઓના ચાર ઇલેક્ટ્રૉન સાથે ભાગીદારી કરીને ચાર સહસંયોજક બંધ બનાવે છે.

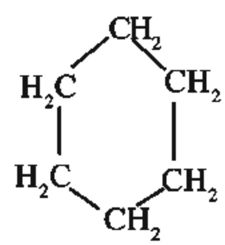
એક કાર્બન પરમાણુ અન્ય કાર્બન પરમાણુઓ સાથે સહસંયોજક બંધ દ્વારા સરળ શૃંખલામાં (normal) ઉપશૃંખલામાં કે ચક્રીય (cyclic) શૃંખલામાં જોડાઈ શકે છે.



સરળ શૃંખલા બંધારણ



ઉપશૃંખલા બંધારણ



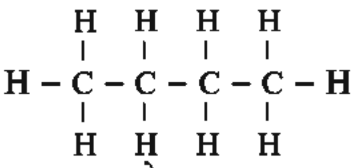
ચક્રીય શૃંખલા બંધારણ

આમ, કાર્બન-કાર્બન પરમાણુઓ વચ્ચે સહસંયોજક બંધ દ્વારા જોડાવાના આ વિશિષ્ટ ગુણધર્મને કારણે અસાધારણ પ્રકારના વિપુલ સંખ્યામાં કાર્બનિક સંયોજનો બનાવી શકાયા છે. કાર્બનના આ વિશિષ્ટ ગુણધર્મને કૅટેનેશન (catenation) કહે છે. **એક જ તત્ત્વના એક કરતાં વધુ પરમાણુઓના સંયોજાવાને કૅટેનેશન (catenation) કહે છે.**

કાર્બનના આ કૅટેનેશનના ગુણધર્મને કારણે સમાન આણ્વિય સૂત્ર ધરાવતા પરંતુ જુદા જુદા બંધારણીય સૂત્ર અને જુદા જુદા ભૌતિક ગુણધર્મો ધરાવતા બંધારણો જોવા મળે છે. આવા કાર્બનિક સંયોજનોના આણ્વિય સૂત્ર સમાન હોય પરંતુ તેમના બંધારણીય સૂત્રો જુદા હોય તેમને સમઘટકો કહે છે. આ પ્રકારની ઘટનાને સમઘટકતા (isomerism) કહે છે.

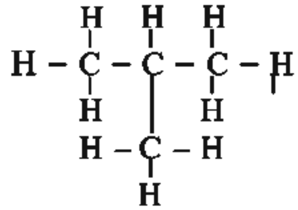
(i) બ્યુટેન(C_4H_{10})ના બે સમઘટકો છે :

(i)



n-બ્યુટેન

(ii)



2-મિથાઈલ પ્રોપેન
(આઈસો બ્યુટેન)

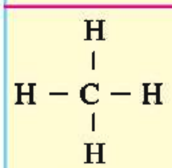
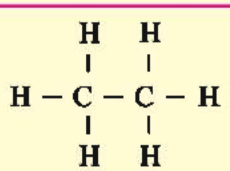
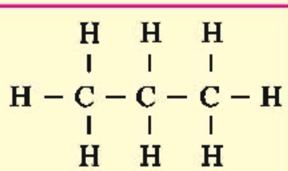
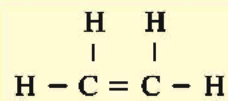
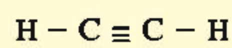
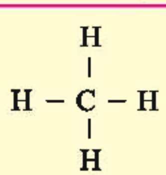
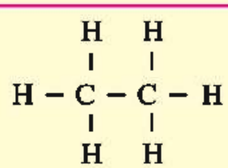
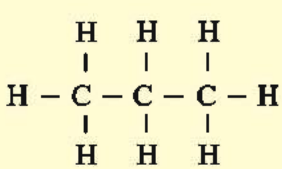
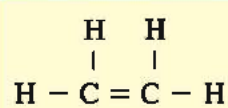
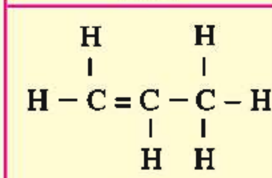
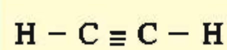
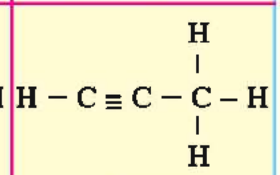
10.8 હાઈડ્રોકાર્બન (Hydrocarbons)

અગાઉ જોયું તેમ હાઇડ્રોજન અને કાર્બન તત્ત્વો ધરાવતા સંયોજનોને હાઇડ્રોકાર્બન કહેવાય છે. આ હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનોમાં મિથેન (CH_4), ઇથેન (C_2H_6), પ્રોપેન (C_3H_8), ઇથિન (C_2H_4), પ્રોપિન (C_3H_6), ઇથાઇન (C_2H_2), પ્રોપાઇન (C_3H_4) વગેરેનો સમાવેશ થાય છે.

હાઈડ્રોકાર્બનનું વર્ગીકરણ : કાર્બનિક રસાયણમાં સરળતમ કાર્બનિક સંયોજનોમાં હાઇડ્રોકાર્બન ગણાય છે. તેમાં ફક્ત કાર્બન અને હાઇડ્રોજનના પરમાણુઓ રહેલા હોય છે. તેથી તેને હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનો કહે છે.

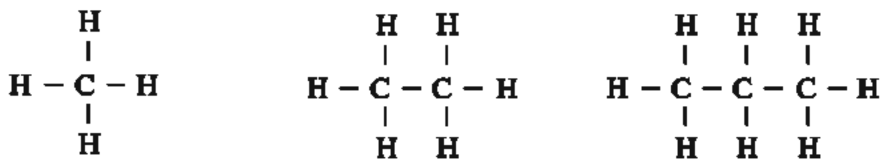
હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનોનું વર્ગીકરણ સંયોજનોમાં રહેલા કાર્બન-કાર્બન પરમાણુ વચ્ચેની સહસંયોજક બંધની સંખ્યાને આધારે (i) સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન (saturated hydrocarbon) અને (ii) અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન(unsaturated hydrocarbon)માં કરવામાં આવે છે.

સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનમાં કાર્બનની ચારેય સંયોજકતા અન્ય પરમાણુ સાથે સહસંયોજક એકલબંધ દ્વારા પૂર્ણ થયેલી હોય છે. જ્યારે અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનમાં બે કાર્બન પરમાણુઓ સહસંયોજક દ્વિબંધ કે ત્રિબંધથી જોડાયેલા હોય છે.

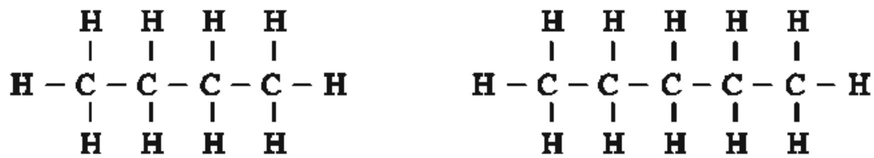
હાઈડ્રોકાર્બન		
સંતૃપ્ત હાઈડ્રોકાર્બન	**અસંતૃપ્ત હાઈડ્રોકાર્બન**	
 મિથેન  ઈથેન  પ્રોપેન	 ઈથિન	 ઈથાઈન
સહસંયોજક એકલબંધ ધરાવતા સંયોજનો **આલ્કેન (alkane)** **સામાન્ય સૂત્ર (C_nH_{2n+2})**	**સહસંયોજક દ્વિબંધ કે ત્રિબંધ ધરાવતા સંયોજનો** **આલ્કીન (alkene)** C_nH_{2n}	**આલ્કાઈન (alkyne)** C_nH_{2n-2}
એકલબંધ ધરાવતા સંયોજનો	**દ્વિબંધ ધરાવતા સંયોજનો**	**ત્રિબંધ ધરાવતા સંયોજનો**
 મિથેન  ઈથેન  પ્રોપેન	 ઈથિન  પ્રોપિન	 ઈથાઈન  પ્રોપાઈન

10.9 સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન (Saturated Hydrocarbons)

સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનમાં દરેક કાર્બન પરમાણુ અન્ય પરમાણુઓ સાથે ફક્ત સહસંયોજક એકલબંધ દ્વારા જોડાયેલા હોય છે. જેમ કે, મિથેન (CH_4), ઇથેન (C_2H_6), પ્રોપેન (C_3H_8), બ્યુટેન (C_4H_{10}), પેન્ટેન (C_5H_{12}) વગેરે.



મિથેન ઇથેન પ્રોપેન



બ્યુટેન પેન્ટેન

જ્યારે એક જ પરમાણુના શક્તિસ્તરનો ખૂબ ઓછો તફાવત ધરાવતા નજીકના બે કે તેથી વધુ જુદી જુદી કક્ષકોનું મિશ્રણ થાય ત્યારે તેમાંથી સમાન આકાર અને સમાન શક્તિ ધરાવતી તેટલી જ સંખ્યાની કક્ષકો ઉત્પન્ન થવાની ક્રિયાને સંકરણ કહે છે. આ ક્રિયાથી ઉદ્ભવતી કક્ષકોને સંકર કક્ષકો કહે છે.

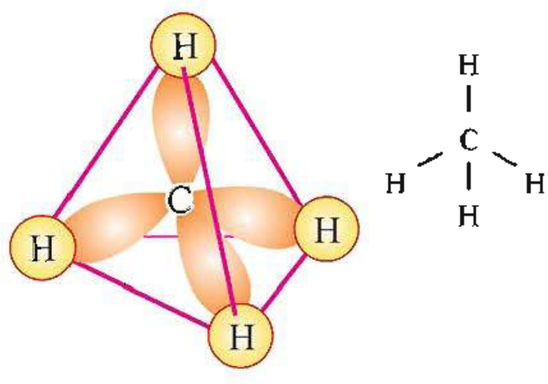
સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનનું પ્રથમ સરળ સભ્ય મિથેન છે. આ સંયોજનમાં C-C એકલબંધ હોવાથી તેમાં થતું sp^3 સંકરણ આ મુજબ સમજાવી શકાય છે : કાર્બન પરમાણુની ઉત્તેજિત અવસ્થામાં તેની બાહ્યતમ કક્ષાની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાંથી અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન ધરાવતો 2s પ્રકારનો એક કક્ષક અને 2p પ્રકારના ત્રણ કક્ષકો એમ કુલ ચાર કક્ષકોનું મિશ્રણ થઈ સમાન આકાર અને શક્તિ ધરાવતી ચાર સંવૃત્ત કક્ષકો મળે છે, જેને sp^3 સંકરણ કહે છે. આ ચાર sp^3 સંકર કક્ષકોમાં રહેલા અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનની શક્તિ સમાન હોય છે.

મિથેન CH_4 અણુમાં કાર્બન પરમાણુના sp^3 સંકરણથી ઉદ્ભવતા અને અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન ધરાવતી ચાર સમાન કક્ષકો સમચતુષ્ફલકીય આકારમાં ગોઠવાય છે. અહીં કોઈ પણ બે નજીકની કક્ષકો વચ્ચેનો બંધકોણ 109^0 28' હોય છે. હવે જ્યારે કાર્બન પરમાણુના sp^3 સંકરણથી ઉદ્ભવતા પ્રત્યેક ચાર કક્ષક સાથે ચાર હાઇડ્રોજન પરમાણુના 1s પ્રકારના અયુગ્મિત અને વિરુદ્ધ ભ્રમણ ધરાવતા ઇલેક્ટ્રૉનયુક્ત કક્ષકનું સંમિશ્રણ થાય છે ત્યારે ચાર સમાન શક્તિ ધરાવતા સહસંયોજક બંધ બને છે. આ રીતે વિરુદ્ધ ભ્રમણ ધરાવતા બે અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનયુક્ત કક્ષકોના ઇલેક્ટ્રૉનની ભાગીદારીથી બનતા બંધને બંધ કહે છે. આમ, મિથેન અણુમાં ચાર C–H બંધની બંધલંબાઈ પણ સમાન હોય છે અને તેમાં બંધકોણ 109^0 28' છે.

મિથેન અણુમાં રહેલા કોઈ પણ એક હાઇડ્રોજન પરમાણુનું વિસ્થાપન CH_3 સમૂહ વડે કરતાં ઇથેન C_2H_6 મળે છે. ઇથેનના કોઈ પણ હાઇડ્રોજન પરમાણુનું વિસ્થાપન CH_3 સમૂહ વડે કરતાં પ્રોપેન (C_3H_8) મળે છે. આ રીતે બ્યુટેન (C_4H_{10}), પેન્ટેન (C_5H_{12}) વગેરેની શ્રેણી મળે છે. આ સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનની શ્રેણીને આલ્કેન (alkane) શ્રેણી કહે છે. આલ્કેન શ્રેણીનું સામાન્ય સૂત્ર (C_nH_{2n+2}) છે, જેમાં n = અણુમાં રહેલા કાર્બન પરમાણુની સંખ્યા છે.

આ શ્રેણીના સભ્યોના નામના અંતે - એન પ્રત્યય હોય છે.

જે કાર્બનિક સંયોજનોની શ્રેણીનો દરેક સભ્ય તેના પહેલાંના કે પછીના ક્રમિક સભ્યથી કાર્બન અને હાઇડ્રોજન પરમાણુઓની સંખ્યામાં (CH_2) તફાવત ધરાવતો હોય તો તે કાર્બનિક સંયોજનોની શ્રેણીને સમાનધર્મી શ્રેણી (homologous series) કહે છે. લગભગ દરેક પ્રકારના કાર્બનિક સંયોજનોની સમાનધર્મી શ્રેણી હોય છે.



આકૃતિ 10.1 : મિથેન અણુનું ત્રિપરિમાણીય ભૌમિતિક બંધારણ

લાક્ષણિકતાઓ :

(1) શ્રેણીના દરેક સભ્યને સામાન્ય આણ્વિય સૂત્રથી દર્શાવી શકાય છે. જેમ કે આલ્કેન શ્રેણીના દરેક સભ્યને સામાન્ય સૂત્ર C_nH_{2n+2} વડે દર્શાવી શકાય છે.

(2) શ્રેણીના કોઈ પણ બે ક્રમિક સભ્યોના આણ્વિય સૂત્રો વચ્ચે CH_2 જેટલો તફાવત હોય છે.

(3) શ્રેણીના કોઈ પણ બે ક્રમિક સભ્યોના આણ્વિયદળ વચ્ચે 14 u જેટલો તફાવત હોય છે.

(4) શ્રેણીના દરેક સભ્યના નામકરણમાં સમાન પૂર્વગ અથવા પ્રત્યય લાગે છે.

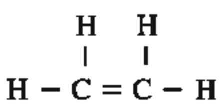
(5) શ્રેણીના સભ્યોમાં જેમ કાર્બન અને હાઇડ્રોજન પરમાણુની સંખ્યા વધે તેમ તેનું આણ્વિયદળ વધે છે. આથી આ સભ્યોના આણ્વિયદળ પર આધારિત ભૌતિક ગુણધર્મો જેવા કે ઉત્કલનબિંદુ, ગલનબિંદુ, ઘનતા, દ્રાવ્યતા વગેરેમાં ક્રમશઃ ફેરફાર થાય છે. આલ્કેન સંયોજનોની સમાનધર્મી શ્રેણી અને તેની લાક્ષણિકતા કોષ્ટક 10.2માં આપવામાં આવી છે.

કોષ્ટક 10.2 : આલ્કેનની સમાનધર્મી શ્રેણીની લાક્ષણિકતા

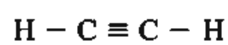
ક્રમ	કાર્બનની સંખ્યા	આલ્કેનનું નામ	આણ્વિય સૂત્ર	આણ્વિયદળ (u)	અવસ્થા
1.	n = 1	મિથેન	CH_4	16	વાયુ
2.	n = 2	ઈથેન	C_2H_6	30	વાયુ
3.	n = 3	પ્રોપેન	C_3H_8	44	વાયુ
4.	n = 4	બ્યુટેન	C_4H_{10}	58	વાયુ
5.	n = 5	પેન્ટેન	C_5H_{12}	72	વાયુ / પ્રવાહી
6.	n = 6	હેકઝેન	C_6H_{14}	86	વાયુ / પ્રવાહી

10.10 અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન (Unsaturated Hydrocarbons)

અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનમાં પાસપાસેના ગમે તે બે કાર્બન–કાર્બન પરમાણુઓ દ્વિબંધ (– C = C –) કે ત્રિબંધ (– C ≡ C –)થી જોડાયેલા હોય છે. એટલે કે પાસપાસેના ગમે તે બે કાર્બન-કાર્બન પરમાણુઓ વચ્ચે બે અથવા ત્રણ ઈલેક્ટ્રોન-યુગ્મોની ભાગીદારીને કારણે સહસંયોજક દ્વિબંધ કે ત્રિબંધ હોય છે. જેમ કે, ઈથિન (C_2H_4), ઈથાઈન (C_2H_2) વગેરે.

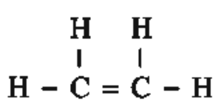


ઈથિન (ઈથિલિન)

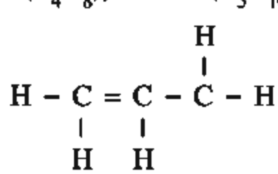


ઈથાઈન (એસિટિલીન)

જે હાઇડ્રોકાર્બનમાં ગમે તે બે કાર્બન પરમાણુ દ્વિબંધથી જોડાયેલા હોય તેવા અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનને આલ્કીન (alkene) સંયોજનો કહે છે. જેમ કે ઈથિન (C_2H_4), પ્રોપિન (C_3H_6), બ્યુટિન (C_4H_8), પેન્ટિન (C_5H_{10}) વગેરે.



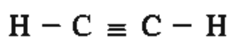
ઈથિન (ઈથિલિન)



પ્રોપિન (પ્રોપિલીન)

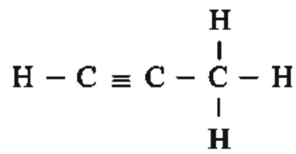
આલ્કીન શ્રેણીનું સામાન્ય સૂત્ર C_nH_{2n} છે. જ્યાં n = સંયોજનમાં રહેલા કાર્બન પરમાણુની સંખ્યા છે. આ શ્રેણીનો પ્રથમ સરળ સભ્ય ઇથિન છે. આ શ્રેણીના બે પડોશી સભ્યોના આણ્વિય સૂત્રો વચ્ચે CH_2 સમૂહનો તફાવત જોવા મળે છે અને પરમાણ્વિયદળમાં 14 એકમનો તફાવત હોય છે. આ શ્રેણીને આલ્કીનની સમાનધર્મી શ્રેણી કહે છે.

જે હાઇડ્રોકાર્બનમાં પાસપાસેના ગમે તે બે કાર્બન પરમાણુ ત્રિબંધથી જોડાયેલા હોય તેવા અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનને આલ્કાઇન (alkyne) કહે છે. જેમ કે, ઇથાઇન (C_2H_2), પ્રોપાઇન (C_3H_4), બ્યુટાઇન (C_4H_6), પેન્ટાઇન (C_5H_8) વગેરે.



ઇથાઇન

(એસિટિલિન)



પ્રોપાઇન

આલ્કાઇન શ્રેણીનું સામાન્ય સૂત્ર C_nH_{2n-2} છે, જેમાં n = સંયોજનોમાં રહેલા કાર્બન પરમાણુની સંખ્યા છે. આલ્કીન અને આલ્કાઇનની સમાનધર્મી શ્રેણી કોષ્ટક 10.3માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 10.3 : આલ્કીન અને આલ્કાઇનની સમાનધર્મી શ્રેણી

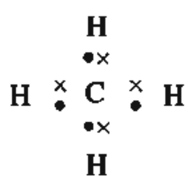
આલ્કીન (C_nH_{2n})					આલ્કાઇન (C_nH_{2n-2})		
ક્રમ	કાર્બનની સંખ્યા	આણ્વિય સૂત્ર	આલ્કીનનું નામ	આણ્વિય-દળ	આણ્વિય સૂત્ર	આલ્કાઇનનું નામ	આણ્વિય-દળ
1.	n = 2	C_2H_4	ઇથિન	28	C_2H_2	ઇથાઇન	26
2.	n = 3	C_3H_6	પ્રોપિન	42	C_3H_4	પ્રોપાઇન	40
3.	n = 4	C_4H_8	બ્યુટિન	56	C_4H_6	બ્યુટાઇન	54
4.	n = 5	C_5H_{10}	પેન્ટિન	70	C_5H_8	પેન્ટાઇન	68
5.	n = 6	C_6H_{12}	હેક્ઝીન	84	C_6H_{10}	હેક્ઝાઇન	82

10.11 મિથેન (Methane)

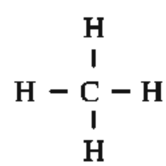
મિથેનનાં આણ્વિય સૂત્ર, ઇલેક્ટ્રોનીય સૂત્ર, બંધારણીય સૂત્ર નીચે પ્રમાણે છે :

CH_4

આણ્વિય સૂત્ર



ઇલેક્ટ્રોનીય સૂત્ર



બંધારણીય સૂત્ર

મિથેનની પ્રાપ્તિ : પૃથ્વીના પેટાળમાં રહેલા જળકૃત ખડકોમાં પેટ્રોલિયમ પર સંગ્રહ થયેલા કુદરતી વાયુમાં અને ખનિજ કોલસાની ખાણમાંથી મળતા માર્શગૅસ(Marsh gas)માં મિથેન વાયુ મુખ્ય ઘટક તરીકે હોય છે. તદ્ ઉપરાંત છાણ, પ્રાણીના મળ તેમજ વનસ્પતિ અને પ્રાણીજ કચરાના વિઘટનથી મળતા અનુક્રમે ગોબરગૅસ (Gobar gas), સુએજ ગૅસ (Sewage gas) અને બાયોગૅસ(Biogas)માં પણ મિથેન વાયુ મુખ્ય ઘટક છે.

બનાવટ : સોડિયમ એસિટેટને સોડાલાઈમ સાથે (સોડિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ અને કેલ્શિયમ ઑક્સાઈડનું 3:1 પ્રમાણમાં મિશ્રણ) ગરમ કરતાં મિથેન વાયુ મળે છે.

$$CH_3COONa + \begin{bmatrix} CaO \\ + \\ NaOH \end{bmatrix} \xrightarrow{\Delta} CH_4 + Na_2CO_3$$

સોડિયમ એસિટેટ સોડાલાઈમ મિથેન સોડિયમ કાર્બોનેટ

પાણીના અધઃસ્થાનાંતરથી એકઠો કરવામાં આવતો મિથેન વાયુ પુરવાર કરે છે કે તે પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે. તે રંગવિહીન અને ગંધવિહીન વાયુ છે. તે હવા કરતાં હલકો છે. મિથેન વાયુ ભરેલી એક કસનળીમાં કાગળનો સળગતો નાનો ટુકડો નાખી અવલોકન કરો કે તે દહનશીલ વાયુ છે ? એટલે કે તે દહન પામતો પદાર્થ છે. તેને હવામાં સળગાવતા ભૂરી જ્યોત સાથે સળગે છે અને કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ તથા પાણી આપે છે.

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + \text{ઉષ્મા}$$

મિથેન ડાયઑક્સિજન કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ પાણી

10.12 ઈથિન (ઈથીલીન) (Ethene – Ethylene)

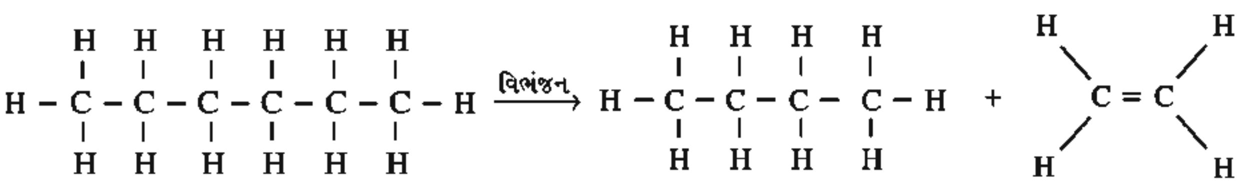
ઈથિનનાં આણ્વિય સૂત્ર, ઈલેક્ટ્રૉનીય સૂત્ર અને બંધારણીય સૂત્ર નીચે પ્રમાણે છે :

C_2H_4

આણ્વિય સૂત્ર

ઈલેક્ટ્રૉનીય સૂત્ર બંધારણીય સૂત્ર

વિભંજન પદ્ધતિ : વિભંજન એટલે કાર્બનિક અણુને તોડીને બીજા નાના અણુઓ બનાવવા. જ્યારે કાર્બન પરમાણુની વધુ સંખ્યા ધરાવતા આલ્કેનને યોગ્ય તાપમાને ગરમ કરવામાં આવે છે, ત્યારે તેના વિભંજનથી કાર્બન પરમાણુની ઓછી સંખ્યા ધરાવતા નિમ્ન હાઇડ્રોકાર્બનની નીપજ મળે છે. આ નીપજને ઉદ્દીપકની ગેરહાજરીમાં ગરમ કરવામાં આવે તો ઉષ્મા-વિભંજન પદ્ધતિ કહેવાય છે અને ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ગરમ કરવામાં આવે તો ઉદ્દીપકીય વિભંજન કહેવાય છે. સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન હેક્ઝેનના વિભંજનથી સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન બ્યુટેન અને અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન ઈથિન મળે છે.



હેક્ઝેન બ્યુટેન ઈથિન

ઈથિન બનાવવાની સામાન્ય પદ્ધતિઓ :

(1) આલ્કોહોલમાંથી ઈથિન : ઈથેનોલને સાંદ્ર H_2SO_4 અથવા H_3PO_4 સાથે 443 K તાપમાને ગરમ કરવાથી ઈથિન બને છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન પાણીનો અણુ દૂર થતો હોવાથી આ પ્રક્રિયાને આલ્કોહોલની નિર્જલીકરણ પ્રક્રિયા કહે છે.

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[\text{[}H_2SO_4\text{]}]{443\,K} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

ઈથેનોલ અથવા ઈથિન

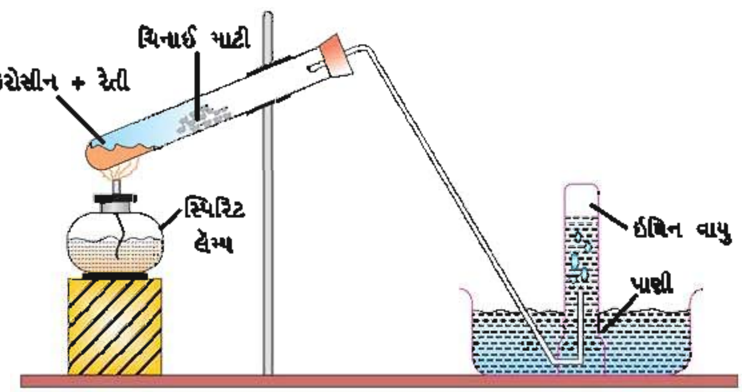
$[H_3PO_4]$

(2) આલ્કાઈલ હેલાઈડમાંથી ઈથિન : આલ્કાઈલ હેલાઈડમાં α કાર્બનનો હેલોજન અને β કાર્બનનો હાઈડ્રોજન દૂર થવાથી તેને β વિલોપન અથવા ડિહાઈડ્રોહેલોજીનેશન પ્રક્રિયા કહે છે. ઈથાઈલ ક્લોરાઈડની આલ્કોહોલિક પોટેશિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ સાથેની પ્રક્રિયાથી ઈથિન બને છે.

$$\underset{\text{ક્લોરોઈથેન}}{H-\underset{H}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{H}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-Cl} + KOH \xrightarrow{\text{ઈથેનોલ}} \underset{\substack{\text{ઈથિન}\\(\text{ઈથિલિન})}}{CH_2=CH_2} + KCl + H_2O$$

ઈથિન વાયુ કેરોસીન અથવા મીણમાંથી વિભંજન પ્રક્રિયાથી મેળવવામાં આવે છે. અસંતૃપ્ત હાઈડ્રોકાર્બન મોટેભાગે પેટ્રોલિયમમાંથી વિભંજન પદ્ધતિ વડે મેળવાય છે.

ઈથિનની પ્રયોગશાળામાં બનાવટ : સખત કાચની કસનળીમાં આશરે 3 મિલિ કેરોસીન અથવા પીગાળેલું મીણ લઈ એક ચમચી રેતી સાથે મિશ્ર કરો. ત્યારપછી કસનળીના અંદરના ભાગમાં ચિનાઈ માટી અથવા પોર્સેલિનના થોડા નાના ટુકડા દાખલ કરો. આ કસનળીને આકૃતિ 10.4માં દર્શાવ્યા મુજબ ગોઠવો. પોર્સેલિનના ટુકડા લાલચોળ ગરમ થાય ત્યાં સુધી સ્પિરિટ લૅમ્પ પર કસનળીને ગરમ કરો અને ત્યારપછી તરત જ હાઈડ્રોકાર્બન-કેરોસીન કે મીણ ધરાવતી રેતીને ગરમ કરો. પોર્સેલિનના ટુકડા અને રેતીને વારાફરતી ઝડપથી ગરમ કરતા રહો. કેરોસીન અથવા મીણમાંના આલ્કીનની બાષ્પ જ્યારે પોર્સેલિન પરથી પસાર થશે ત્યારે તેના વિભંજનથી ઈથિન વાયુ છૂટો પડશે. પાણીની અધઃસ્થાનાંતર પદ્ધતિ વડે વાયુપાત્રમાં ઉત્પન્ન થતા ઈથિન વાયુને ભેગો કરી ઈથિન વાયુના ગુણધર્મો માટે નીચે મુજબનું અવલોકન કરો.



આકૃતિ 10.4 : ઈથિનની પ્રયોગશાળામાં બનાવટ

ઈથિન રંગવિહીન અને ગંધવિહીન વાયુ છે. તે પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે અને પાણી કરતા હલકો છે. એક કસનળીમાં કાગળનો સળગતો નાનો ટુકડો નાખી અવલોકન કરો કે તે દહનશીલ વાયુ છે ? તેને હવામાં સળગાવતા મેશવાળી જ્યોત સાથે બળે છે, એટલે કે તે દહનશીલ પદાર્થ છે. ઉત્પન્ન થતી મેશને કાર્બન બ્લૅક કહે છે. એક કસનળીમાં ઈથિન લઈ તેમાં બ્રોમિનજળ ઉમેરીને હલાવતા બ્રોમિનજળનો બદામી રંગ દૂર થાય છે. અને 1, 2 -ડાયબ્રોમોઈથેન બને છે. આ પ્રક્રિયા તેનો અસંતૃપ્તતાનો ગુણ દર્શાવે છે.

$$\underset{\text{ઈથિન}}{H-\overset{H}{\overset{|}{C}}=\overset{H}{\overset{|}{C}}-H} + \underset{\text{બ્રોમિનજળ}}{Br_2} \longrightarrow \underset{\text{1, 2, - ડાયબ્રોમોઈથેન}}{H-\underset{Br}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{Br}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-H}$$

ઇથિન, પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટ($KMnO_4$)ના મંદ આલ્કલાઇન દ્રાવણનો ગુલાબી રંગ દૂર કરી રંગવિહીન બનાવે છે. આ પ્રક્રિયા પણ ઇથિનના અસંતૃપ્તતાના ગુણધર્મને સાબિત કરે છે.

ઇથિનની સામાન્ય રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ : ઇથિનમાં કાર્બન-કાર્બનનો દ્વિબંધ હોવાથી અને તેમાં રહેલો એક π બંધ નિર્બળ હોવાથી તે સરળતાથી તૂટીને તેમાં પ્રક્રિયકનો અણુ ઉમેરાય છે.

(1) હાઇડ્રોજન સાથેની પ્રક્રિયા : ઇથિનને હાઇડ્રોજન સાથે Pd અથવા Pt અથવા Ni જેવા ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ગરમ કરતા યોગશીલ પ્રક્રિયા થઈ ઇથેન મળે છે. આ પ્રક્રિયાને હાઇડ્રોજીનેશન પ્રક્રિયા કહે છે. વનસ્પતિજ તેલમાંથી વનસ્પતિ ઘી બનાવવા માટે આ હાઇડ્રોજીનેશન પ્રક્રિયા ઉપયોગી છે.

$$\underset{\text{ઇથિન}}{H-\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{C}=\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{C}-H} \quad + \quad H_2 \xrightarrow[\text{[Pd / Pt / Ni]}]{473\ K} \underset{\text{ઇથેન}}{CH_3-CH_3}$$

(2) હેલોજન સાથેની પ્રક્રિયા : ઇથિનની હેલોજન સાથેની પ્રક્રિયાથી ઇથિલિનિક દ્વિબંધમાંનો π બંધ તૂટીને હેલોજન અણુ ઉમેરાતા ડાયહેલોજનયુક્ત ઇથેન બને છે. આ પ્રક્રિયાને હેલોજીનેશન કહે છે. જો હેલોજન અણુ ક્લોરિન હોય તો તેને ક્લોરિનેશન પ્રક્રિયા કહે છે.

$$\underset{\text{ઇથિન}}{CH_2=CH_2} \quad + \quad \underset{\text{ડાયક્લોરિન}}{Cl_2} \quad \rightarrow \quad \underset{\text{1, 2-ડાયક્લોરોઇથેન}}{ClCH_2-CH_2Cl}$$

(3) હેલોજન ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયા : ઇથિનની હેલોજન ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયાને હાઇડ્રોહેલોજીનેશન પ્રક્રિયા કહે છે. હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયાને હાઇડ્રોક્લોરિનેશન કહે છે.

$$\underset{\text{ઇથિન}}{CH_2=CH_2} \quad + \quad \underset{\text{હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ}}{HCl} \quad \rightarrow \quad \underset{\text{ક્લોરોઇથેન (ઇથાઇલ ક્લોરાઇડ)}}{CH_3CH_2Cl}$$

(4) બહુલીકરણ (Polymerisation) : ઇથિનના અસંખ્ય અણુઓ વિશિષ્ટ સંજોગોમાં પોલિથિન નામનો પૉલિમર બનાવે છે. આ પ્રક્રિયાને બહુલીકરણ કહે છે. પોલિથિન અણુમાં અસંખ્ય ઇથિન અણુઓના કાર્બન પરમાણુઓ એકબીજા સાથે જોડાઈને હારમાળા બનાવે છે. ઇથિનને તેનો મૉનોમર કહે છે.

$$\underset{\text{ઇથિન}}{n(H_2C=CH_2)} \rightarrow \underset{\text{પોલિથિન}}{+\!\!\!\left[CH_2-CH_2\right]\!\!\!+_n}$$

1933માં ઇંગ્લૅન્ડની ICI કંપનીએ સૌપ્રથમ પોલિથિન બનાવ્યું હતું. પોલિથિનનો ઉપયોગ બાલદી, પાઇપ, થેલીઓ તેમજ ખોખા ઉપરાંત અન્ય ઘરગથ્થુ વસ્તુઓ બનાવવામાં થાય છે તેથી તેનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન ખૂબ જરૂરી છે.

10.13 ઇથાઇન–એસિટિલીન (Ethyne – Acetylene)

ઇથાઇનના આણ્વિય સૂત્ર, ઇલેક્ટ્રૉનીય સૂત્ર અને બંધારણીય સૂત્ર નીચે પ્રમાણે છે :

આણ્વિય સૂત્ર	ઇલેક્ટ્રૉનીય સૂત્ર	બંધારણીય સૂત્ર
C_2H_2	$H \overset{\bullet}{\underset{\times}{}} C \vdots\vdots C \overset{\bullet}{\underset{\times}{}} H$	$H-C\equiv C-H$

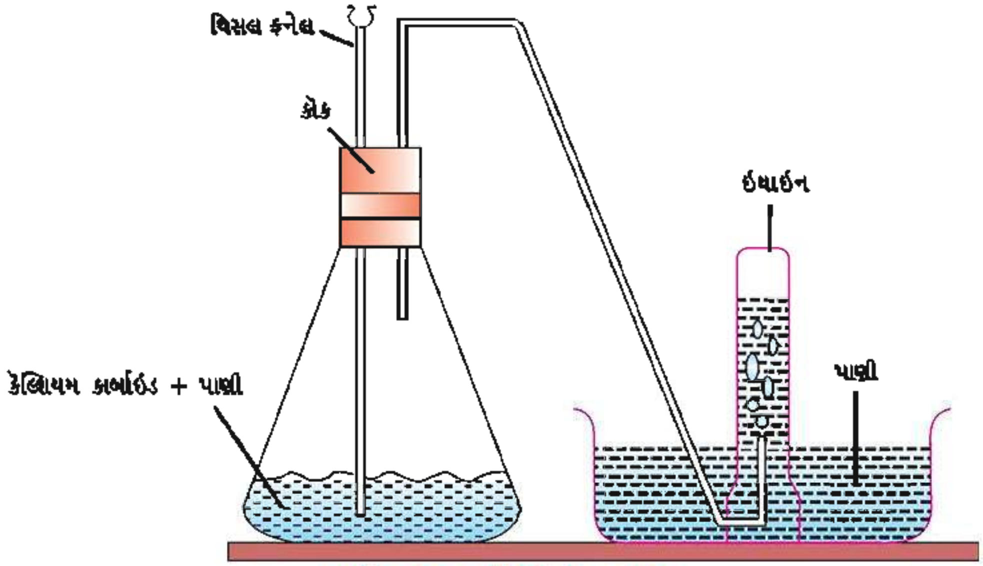
પેટ્રોરસાયણોના ઉદ્યોગો માટે એસિટિલીન એક મુખ્ય પદાર્થ છે. પહેલાં તે કૅલ્શિયમ કાર્બાઇડમાંથી બનાવવામાં આવતો હતો પરંતુ હવે કુદરતી વાયુમાંથી બનાવવામાં આવે છે, કારણ કે તે સસ્તો છે. હાલમાં એસિટિલીનના કુલ ઉત્પાદનના 30 % મિથેનમાંથી બનાવવામાં આવે છે.

ઈથાઈનની બનાવટ :

પ્રવૃત્તિ : ઈથાઈન વાયુ કેલ્શિયમ કાર્બાઈડની પાણી સાથેની પ્રક્રિયાથી મેળવી શકાય છે. એક કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં બેથી ત્રણ નાના ટુકડા કેલ્શિયમ કાર્બાઈડના લઈ આકૃતિ 10.5માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ગોઠવો. કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં થિસલ ફનેલ દ્વારા પાણી ઉમેરતા તરત જ રાસાયણિક પ્રક્રિયા થઈ ઉત્પન્ન થતા ઈથાઈન વાયુ પાણીના અધઃસ્થાનાંતરથી વાયુપાત્રમાં ભેગો કરો.

રાસાયણિક પ્રક્રિયા :

$$\underset{\text{કેલ્શિયમકાર્બાઈડ}}{CaC_2} + \underset{\text{પાણી}}{2H_2O} \rightarrow \underset{\text{ઈથાઈન}}{HC \equiv CH} + \underset{\text{કેલ્શિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ}}{Ca(OH)_2}$$



આકૃતિ 10.5 : ઈથાઈનની બનાવટ

ઈથાઈન વાયુના ગુણધર્મોનું નીચે પ્રમાણે અવલોકન કરો :

પાણીના અધઃસ્થાનાંતરથી એકઠો થતો ઈથાઈન વાયુ પુરવાર કરે છે કે તે પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે. તે રંગવિહીન અને ગંધવિહીન વાયુ છે. તે પાણી કરતાં હલકો છે. તેને હવામાં સળગાવતા પ્રકાશહીન (nonluminous) જ્યોતથી સળગે છે. ઈથાઈન વાયુ ભરેલી કસનળીમાં બ્રોમિનજળ ઉમેરી હલાવતાં બ્રોમિનજળનો બદામી રંગ દૂર થાય છે અને 1, 1, 2, 2-ટેટ્રાબ્રોમોઈથેન બને છે.

$$\underset{\text{ઈથાઈન}}{HC \equiv CH} + \underset{\text{બ્રોમિનજળ}}{2Br_2} \rightarrow \underset{\text{1, 1, 2, 2-ટેટ્રાબ્રોમોઈથેન}}{\begin{array}{ccccccc} & & Br & & Br & & \\ & & | & & | & & \\ H & - & C & - & C & - & H \\ & & | & & | & & \\ & & Br & & Br & & \end{array}}$$

ઈથાઈનની આ યોગશીલ પ્રક્રિયા છે.

ઈથાઈન અને હાઈડ્રોજન, રેની નિકલ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં નીચે પ્રમાણે યોગશીલ પ્રક્રિયા કરીને ઈથેન આપે છે :

$$\underset{\text{ઈથાઈન}}{HC \equiv CH} + \underset{\text{ડાયહાઈડ્રોજન}}{2H_2} \xrightarrow{\text{રેની Ni}} \underset{\text{ઈથેન}}{\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & \\ & & | & & | & & \\ H & - & C & - & C & - & H \\ & & | & & | & & \\ & & H & & H & & \end{array}}$$

ઈથાઈન પોલીમરાઈઝેશન પ્રક્રિયા પણ કરે છે.

ઇથાઇનની HCl અને HCN સાથેની પ્રક્રિયાથી અનુક્રમે વિનાઇલ ક્લોરાઇડ અને વિનાઇલ સાયનાઇડ અથવા એક્રીલો નાઇટ્રાઇલ બને છે, જેના પૉલીમરાઇઝેશનથી પૉલિવિનાઇલ ક્લોરાઇડ (PVC) અને પૉલિએક્રીલોનાઇટ્રાઇલ (PAN) પૉલિમર મેળવી શકાય છે.

$$HC \equiv CH + HCl \xrightarrow{HgCl_2} H_2C = CHCl$$

ઇથાઇન — વિનાઇલ ક્લોરાઇડ

$$n(CH_2 = CHCl) \xrightarrow{\text{પૉલીમરાઇઝેશન}} \left[CH_2 - \underset{\underset{Cl}{|}}{CH} \right]_n$$

પૉલિવિનાઇલ ક્લોરાઇડ (PVC)

$$HC \equiv CH + HCN \longrightarrow CH_2 = CHCN$$

ઇથાઇન — વિનાઇલ સાયનાઇડ

$$n(CH_2 = CHCN) \xrightarrow{\text{પૉલીમરાઇઝેશન}} \left[CH_2 - \underset{\underset{CN}{|}}{CH} \right]_n$$

વિનાઇલ સાયનાઇડ — પૉલિવિનાઇલ સાયનાઇડ (પૉલિએક્રીલોનાઇટ્રાઇલ) (PAN)

ઇથાઇનનું ઔદ્યોગિક નામ એસિટિલીન છે. ઇથાઇન ઔદ્યોગિક રીતે ખૂબ અગત્યનું છે. તેમાંથી ઇથેનોલ, એસિટિક ઍસિડ, વિનાઇલ પૉલિમર, પ્લાસ્ટિક જેવા પદાર્થનું ઉત્પાદન થાય છે. ધાતુના વેલ્ડિંગમાં વપરાતી ઑક્સિએસિટિલીન જ્યોતમાં ઇથાઇનનો ઉપયોગ થાય છે. ઉત્તરાયણમાં ફુગ્ગામાં એસિટિલીન વાયુ ભરીને ઊંચે મોકલે છે.

તમે શું શીખ્યા ?

- પૃથ્વીના પેટાળમાંથી મળતો ખનિજ કોલસો અને પેટ્રોલિયમ કુદરતે આપેલી ખૂબ જ મહત્ત્વની અને ઉપયોગી સંપત્તિ છે.
- ખનિજ કોલસો અને પેટ્રોલિયમ કુદરતમાંથી મળતા અગત્યના ઊર્જાસ્રોત છે.
- ખનિજ કોલસો સ્ટીલ ઉદ્યોગ, થર્મલ પાવર સ્ટેશન, પોલાદના ઉત્પાદનમાં, ધાતુના નિષ્કર્ષણમાં ખૂબ જ ઉપયોગી છે.
- પૃથ્વીના પેટાળમાં ખૂબ જ ઊંચા દબાણે અને તાપમાને વનસ્પતિ અને તેના ઘટકોની રાસાયણિક પ્રક્રિયાને અંતે મોટા પ્રમાણમાં વિઘટન થઈ ખનિજ કોલસામાં રૂપાંતર થાય છે. આ પ્રકારના ખનિજ કોલસાના બળતણને અશ્મિબળતણ કહે છે.
- ખનિજ કોલસાના પ્રકારો પીટ, લિગ્નાઇટ, બિટુમિન કોલસો અને ઍન્થ્રેસાઇટ.
- ખનિજ કોલસાને હવાની ગેરહાજરીમાં ઊંચા તાપમાને ગરમ કરવાથી કોલગૅસ, કોલટાર, એમોનિયા અને કોક બને છે.
- પૃથ્વીના પેટાળમાંથી કુદરતી રીતે મળી આવતા તેલને પેટ્રોલિયમ કહે છે. ગ્રીક ભાષાના શબ્દો પેટ્રો એટલે ખડક અને ઓલિયમ એટલે તેલ ઉપરથી પેટ્રોલિયમ નામ પડેલું છે.

- પેટ્રોલિયમના શુદ્ધીકરણનો મુખ્ય આશય શુદ્ધ રસાયણો મેળવવા ઉપરાંત જરૂરિયાત પ્રમાણે ગેસોલિન પેટ્રોલ, કેરોસીન જેવા પ્રવાહી બળતણ, પ્રવાહીકૃત વાયુ બળતણ (LPG), ઊંજણતેલ, મીણ, નેપ્થા અને ડામર અલગ પાડવાનો છે.
- ભઠ્ઠીમાં પેટ્રોલિયમને ગરમ કરવામાં આવે ત્યારે હાઇડ્રોકાર્બનના વિઘટનથી કાર્બન મળે છે. આ પેટ્રોલિયમ કાર્બન તરીકે ઓળખાય છે. જેનો ઉપયોગ બૅટરીના વિદ્યુતધ્રુવો બનાવવા અને કાર્બન ટાઇલ્સ બનાવવા માટે ઉપયોગી છે. કાર્બન ટાઇલ્સ ક્ષારણનો પ્રતિકાર કરે છે.
- કાર્બન ચતુઃસંયોજકતા ધરાવે છે અને કાર્બન કેટેનેશનનો ગુણધર્મ ધરાવે છે. જેથી અસંખ્ય કાર્બનિક સંયોજનો પ્રાપ્ત થાય છે.
- જે સંયોજનો કાર્બન અને હાઇડ્રોજન ધરાવતાં હોય તો તેમને હાઇડ્રોકાર્બન કહે છે.
- આપણા દૈનિક જીવનમાં ઉપયોગી અસંખ્ય વસ્તુઓ જેવી કે અનાજ, કઠોળ, ખાંડ, ચા, કૉફી, કાગળ, રૂ, રેશમ, સંશ્લેષિત રેસાઓ, કેરોસીન, પેટ્રોલ, ડીઝલ, રાંધણગૅસ, ઔષધો, રંગકો, સાબુ, ડિટરજન્ટ, રબર, પ્લાસ્ટિક, પરફ્યુમ વગેરેમાં મુખ્યત્વે કાર્બનિક સંયોજનો હોય છે.
- હાઇડ્રોકાર્બનનું વર્ગીકરણ કરતાં સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનમાં આલ્કેન અને અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનમાં આલ્કીન અને આલ્કાઇન સંયોજનો હોય છે. આલ્કીન દ્વિબંધ અને આલ્કાઇન ત્રિબંધ ધરાવતા સંયોજનો છે.
- આલ્કેનનું સામાન્ય આણ્વિય સૂત્ર C_nH_{2n+2} છે. જ્યાં n એ અણુમાં રહેલા કાર્બન પરમાણુની સંખ્યા છે. આલ્કેન શ્રેણીના સભ્યોના નામને અંતે ઍન પ્રત્યય હોય છે. જેમ કે મિથેન, ઇથેન, પ્રોપેન વગેરે.
- મિથેનમાં sp^3 સંકરણ હોય છે જે ચતુષ્ફલકીય બંધારણ ધરાવે છે. બે બંધ વચ્ચેનો ખૂણો 109°28' હોય છે.
- પ્રાણીજ કચરાના વિઘટનથી મળતા ગોબર ગૅસ, સુએજ ગૅસ અને બાયોગૅસમાં મિથેન મુખ્ય ઘટક છે.
- ઇથિન વાયુ કેરોસીન અથવા મીણમાંથી વિભંજન પ્રક્રિયાથી મેળવવામાં આવે છે. અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનો મોટેભાગે પેટ્રોલિયમમાંથી વિભંજન પદ્ધતિ વડે મેળવાય છે.
- ઇથિન બહુલીકરણથી પોલિથિન નામનો પોલિમર બનાવે છે, જેનો વિપુલ પ્રમાણમાં ઘરગથ્થુ ઉપયોગ થાય છે.
- ઇથાઇનનું આણ્વિય સૂત્ર C_2H_2 છે, જે એસિટિલીન નામથી ઓળખાય છે. ઇથાઇન વાયુ કેલ્શિયમ કાર્બાઇડની પાણી સાથેની પ્રક્રિયાથી મેળવી શકાય છે, જે ઔદ્યોગિક રીતે ખૂબ અગત્યનું છે. તેમાંથી ઇથેનોલ, ઍસિટિક ઍસિડ, વિનાઇલ પૉલિમર વગેરેમાં મળે છે, તેમજ ઑક્સિએસિટિલીન જ્યોતથી વેલ્ડિંગમાં ઉપયોગી છે.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) કોલસાના રૂપાંતરની પ્રાથમિક અવસ્થા કઈ છે ?

(A) લિગ્નાઇટ (B) બિટુમિન (C) ઍન્થ્રેસાઇટ (D) પીટ

(2) કોલસાનું પરિપક્વ સ્વરૂપ કયું છે ?

(A) લિગ્નાઇટ (B) બિટુમિન (C) ઍન્થ્રેસાઇટ (D) પીટ

(3) કયા પ્રકારનો કોલસો સળગે ત્યારે ધુમાડો કે વાસ ઉત્પન્ન થતા નથી ?

(A) ઍન્થ્રેસાઇટ (B) લિગ્નાઇટ (C) બિટુમિન (D) પીટ

(4) ખનિજ કોલસાનું વિચ્છેદક નિસ્યંદન કરતા નીચેના પૈકી કયો ઘટક મળતો નથી ?

(A) કૉલગૅસ (B) મિથેન (C) કોલટાર (D) કોક

(5) નીચેના પૈકી જળવાયુના ઉત્પાદનમાં શું વપરાય છે ?

(A) કોક (B) કોલટાર (C) કૉલગૅસ (D) એમોનિયા

(6) જળવાયુ કયા વાયુઓનું મિશ્રણ છે ?

(A) કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને હાઇડ્રોજન (B) કાર્બન અને હાઇડ્રોજન

(C) કાર્બન મોનૉક્સાઇડ અને હાઇડ્રોજન (D) એમોનિયા અને હાઇડ્રોજન

(7) ઘરવપરાશના રાંધણગૅસ સિલિન્ડરમાં કયો વાયુ ઊંચા દબાણે ભરવામાં આવે છે ?

(A) મિથેન (B) ઇથેન (C) પ્રોપેન (D) બ્યુટેન

(8) પેટ્રોલિયમના શુદ્ધીકરણથી મળતો કયો ઘટક પેટ્રોરસાયણમાં દ્રાવક તરીકે વપરાય છે ?

(A) નેપ્થા (B) કેરોસીન (C) ડામર (D) પેટ્રોલિયમ કૉક

(9) નીચે પૈકી કોનો ઉપયોગ પેટ્રોમેક્સમાં પ્રકાશ મેળવવા માટે થાય છે ?

(A) પેટ્રોલ (B) ડીઝલ (C) કેરોસીન (D) બ્યુટેન

(10) કુદરતી વાયુમાં મુખ્ય હાઇડ્રોકાર્બન કયો હોય છે ?

(A) મિથેન (B) ઇથેન (C) પ્રોપેન (D) બ્યુટેન

(11) ઇથિનનું આણ્વિય સૂત્ર કયું છે ?

(A) C_2H_6 (B) C_2H_2 (C) C_2H_4 (D) CH_4

(12) આલ્કાઇન શ્રેણીનું સામાન્ય સૂત્ર કયું છે ?

(A) C_nH_{2n} (B) C_nH_{2n-2} (C) C_nH_{2n+2} (D) C_nH_n

(13) ઇથાઇનનું ઔદ્યોગિક નામ કયું છે ?

(A) ઍક્રેલિક ઍસિડ (B) એસિટિલીન (C) ઇથેનોલ (D) ઑક્સિએસિટિલીન

(14) C_3H_8 આણ્વિય સૂત્ર કયા સંયોજનનું છે ?

(A) મિથેન (B) ઇથેન (C) પ્રોપેન (D) બ્યુટેન

(15) મિથેનના અણુમાં કોઈ પણ બે બંધ વચ્ચેનો ખૂણો કેટલો હોય છે ?

(A) 105°54' (B) 109°28' (C) 119°28' (D) 190°28'

(16) અશ્મિબળતણ કોને કહે છે ?

(A) ખનિજ કોલસાને (B) લાકડાને (C) છાણાંને (D) આપેલ બધાને

(17) ગુજરાતમાં ખનિજ કોલસો ક્યાંથી મળી આવે છે ?

(A) અંકલેશ્વર (B) ખંભાત (C) થાનગઢ (D) કલોલ

(18) જેટ વિમાનમાં બળતણ તરીકે શું વપરાય છે ?

(A) ગેસોલિન (B) ડીઝલ તેલ (C) કેરોસીન (D) આપેલ બધા જ

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર લખો :

(1) અશ્મિબળતણ કોને કહે છે ? તેના ઉપયોગ લખો.

(2) ખનિજ કોલસાના મુખ્ય પ્રકાર કેટલા અને કયા કયા છે ?

(3) કોક વિશે ટૂંક નોંધ લખો.

(4) કોલટાર અને કોલગૅસ વિશે ટૂંકમાં સમજાવો.

(5) કાર્બનની સંયોજકતા કેટલી છે ? શા માટે ?

(6) હાઇડ્રોકાર્બન એટલે શું ? તેનું વર્ગીકરણ કેવી રીતે કરવામાં આવે છે ?

(7) મિથેન અણુનો ભૌમિતિક આકાર દોરી સમજાવો.

(8) મિથેન શેમાંથી મેળવવામાં આવે છે ? તેની બનાવટ લખો.

(9) ઈથાઇનનું સામાન્ય નામ અને બંધારણીય સૂત્ર લખી તેના ઉપયોગ લખો.

(10) સમઘટકતા એટલે શું ? બ્યુટેન અને પેન્ટેનના સમઘટકો લખો.

(11) ખનિજ કોલસા અને પેટ્રોલિયમ વગર રોજિંદું જીવન શક્ય નથી. શા માટે ?

(12) વિભંજન પ્રક્રિયા સમજાવો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર લખો :

(1) પ્રયોગશાળામાં ખનિજ કોલસાનું વિચ્છેદક નિસ્યંદન આકૃતિ દોરી સમજાવો.

(2) ખનિજ કોલસાના પ્રકાર લખી સમજાવો કે બિટુમિન કોલસા કરતાં ઍન્થ્રેસાઇટ કોલસાનો વપરાશ વધારે છે. શા માટે ?

(3) મિથેનની પ્રાપ્તિ અને બનાવટ સમજાવો.

(4) આલ્કેન, આલ્કીન અને આલ્કાઇન શ્રેણીના સામાન્ય આણ્વિય સૂત્રો લખી પ્રથમ સંયોજનોના નામ આપો.

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર લખો :

(1) પ્રયોગશાળામાં ઈથિનની બનાવટ આકૃતિ દોરી સમજાવો.

(2) પ્રયોગશાળામાં ઈથાઇનની બનાવટ આકૃતિ દોરી સમજાવો.

(3) હાઇડ્રોકાર્બન એટલે શું ? તેનું વર્ગીકરણ સવિસ્તર સમજાવો.

(4) કુદરતી વાયુ વિશે સવિસ્તર સમજાવો.

5. નીચેના પ્રશ્નનો મુદ્દાસર ઉત્તર લખો :

પેટ્રોલિયમ એટલે શું ? પેટ્રોલિયમનું શુદ્ધીકરણ સવિસ્તર સમજાવો.

એકમ

11

કાર્બનિક સંયોજનો (Organic Compounds)

11.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

પ્રાચીન સમયથી કુદરતી અસ્તિત્વ ધરાવતા પદાર્થોમાં ખનીજ, વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓ દ્વારા મળતા પદાર્થોનો ફાળો મહત્ત્વનો છે. ખનીજમાંથી મળતા પદાર્થો એટલે કે નિર્જીવ સ્રોતમાંથી મળતા પદાર્થોને અકાર્બનિક પદાર્થો કહે છે. વનસ્પતિ અને પ્રાણીમાંથી મળતા પદાર્થો એટલે કે સજીવ સ્રોતમાંથી મળતા પદાર્થોને કાર્બનિક પદાર્થો કહે છે. પૃથ્વી પર જીવન ટકાવી રાખવા માટે કાર્બનિક અણુઓ અતિ આવશ્યક છે. પ્રાચીન સમયમાં એમ માનવામાં આવતું હતું કે, કાર્બનિક પદાર્થોની બનાવટ માટે સજીવમાં રહેલું કંઈક મહત્ત્વનું બળ જરૂરી છે.

કાર્બનિક સંયોજનોમાં પાયાનો ઘટક કાર્બન છે. કાર્બનિક રસાયણવિજ્ઞાનમાં પાયાના કાર્બનિક સંયોજનો હાઇડ્રોકાર્બન છે. કાર્બન અને હાઇડ્રોજનનું બનેલું સંયોજન હાઇડ્રોકાર્બન કહેવાય છે. હાઇડ્રોકાર્બનમાંના એક કે વધુ હાઇડ્રોજનનું વિસ્થાપન નાઇટ્રોજન, ઑક્સિજન, સલ્ફર અને હેલોજન તત્ત્વો કે ક્રિયાશીલ સમૂહ વડે કરતા અનેક કાર્બનિક સંયોજનો મળે છે. આમ, કાર્બનિક સંયોજનો કાર્બન, હાઇડ્રોજન ઉપરાંત તેના વિસ્થાપનમાં નાઇટ્રોજન, ઑક્સિજન અને હેલોજન જેવાં અન્ય તત્ત્વો પણ ધરાવે છે. તેથી કાર્બનિક રસાયણવિજ્ઞાન ખરેખર હાઇડ્રોજન અને તેમાંના હાઇડ્રોજનમાં વિસ્થાપનથી મળતાં અનેક પ્રકારના કાર્બનિક સંયોજનોનું બનેલું છે.

કાર્બનિક સંયોજનો, માનવના રોજિંદા જીવનમાં ખૂબ જ ઉપયોગી છે. કાર્બનિક સંયોજનનો અભ્યાસ સરળતાથી કરી શકાય તે માટે કાર્બનિક સંયોજનોના ક્રિયાશીલ સમૂહનો અભ્યાસ કરવો જરૂરી છે. આપણે કાર્બનિક ક્રિયાશીલ સમૂહની પ્રાથમિક માહિતી મેળવીશું.

11.2 કાર્બનિક ક્રિયાશીલ સમૂહો (Organic Functional Groups)

કોઈ પણ કાર્બનિક સંયોજનની રાસાયણિક ક્રિયાશીલતા તેમાં રહેલા ક્રિયાશીલ સમૂહને કારણે હોય છે.

આલ્કેન કરતાં તેના અનુવર્તી આલ્કીન કે આલ્કાઈન સંયોજનની ક્રિયાશીલતા વધુ હોય છે. જેમ કે ઈથેન કરતાં ઈથિન અને ઈથાઇનની હાઇડ્રોજન સાથેની રાસાયણિક પ્રક્રિયા ઝડપી હોય છે. સમાન કાર્બન ધરાવતાં ઈથેન કરતાં ઈથેનોલ કે ઈથેનોઇક ઍસિડના ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો જુદા જુદા હોય છે; જે તેમાં રહેલા જુદા જુદા ક્રિયાશીલ સમૂહના કારણે છે અને તેથી આંતરઆણ્વિય આકર્ષણ બળો તેની સાથે સંકળાયેલા છે.

ક્રિયાશીલ સમૂહની વ્યાખ્યા (Definiton of Functional Group) :

કાર્બનિક સંયોજનોની લાક્ષણિક પ્રક્રિયાઓ જે પરમાણુ કે પરમાણુઓના સમૂહ દ્વારા નક્કી થાય છે તે પરમાણુ કે પરમાણુઓના સમૂહને ક્રિયાશીલ સમૂહ કહે છે.

આલ્કેન હાઇડ્રોકાર્બન તેની સંતૃપ્તતાને કારણે કોઈ પણ પ્રક્રિયા થવા માટે ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતો નથી. સમાન ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતા જુદાં જુદાં કાર્બનિક સંયોજનોની રાસાયણિક પ્રક્રિયા સમાન હોય છે.

કાર્બનિક સંયોજનોમાં કાર્બન, હાઇડ્રોજન ઉપરાંત ઑક્સિજન (O), નાઇટ્રોજન (N) કે સલ્ફર (S) જેવા પરમાણુઓ ધરાવતાં ક્રિયાશીલ સમૂહ પણ હોય છે. કેટલાક સામાન્ય ક્રિયાશીલ સમૂહના ઉદાહરણો કોષ્ટક 11.1માં આપેલ છે.

કોષ્ટક 11.1 : કેટલાક સામાન્ય ક્રિયાશીલ સમૂહો

ક્રિયાશીલ સમૂહનું સૂત્ર	ક્રિયાશીલ સમૂહનું નામ	ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતા સંયોજનનું ઉદાહરણ	સામાન્ય નામ	IUPAC* નામ
-COOH	કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ	CH_3COOH	ઍસિટિક ઍસિડ	ઇથેનોઇક ઍસિડ
>C=O	કિટોન	CH_3COCH_3	ઍસિટોન	પ્રોપેનોન
-CHO	આલ્ડિહાઇડ	HCHO	ફૉર્માલ્ડિહાઇડ	મિથેનાલ
-OH	હાઇડ્રૉક્સિ (આલ્કોહોલ)	CH_3CH_2OH	ઇથાઇલ આલ્કોહોલ	ઇથેનોલ
-COOR	ઍસ્ટર	CH_3COOCH_3	મિથાઇલ ઍસિટેટ	મિથાઇલ ઇથેનોએટ
-X (હેલોજન) (F, Cl, Br ,I)	હેલાઇડ	CH_3Cl	મિથાઇલ ક્લોરાઇડ	ક્લોરોમિથેન

*(IUPAC = International Union of Pure and Applied Chemistry)

11.3 ઑક્સિજનયુક્ત ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતાં કાર્બનિક સંયોજનો
(Organic compounds possessing oxygen containing functional group)

આ વિભાગના સંયોજનોમાં આપણે મુખ્યત્વે ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતાં સંયોજનો (1) આલ્કોહોલ (–OH) (2) આલ્ડિહાઇડ (-CHO) (3) >C = 0 અને (4) કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ (–COOH)નો પ્રાથમિક અભ્યાસ કરીશું. આ ઉપરાંત ઑક્સિજન ધરાવતા સંયોજનોમાં ઍસ્ટર અને ઈથર સમૂહ ધરાવતાં સંયોજનનો સમાવેશ થાય છે, જેનો અભ્યાસ આગળના ધોરણોમાં કરીશું.

આલ્કોહોલ (Alcohol) :

આલ્કેન સંયોજનોના હાઇડ્રોજનનું વિસ્થાપન –OH (હાઇડ્રૉક્સિલ) સમૂહ વડે કરવામાં આવે તો અનુવર્તી આલ્કોહોલ સંયોજન બને છે. આલ્કોહોલનું સામાન્ય સૂત્ર $C_nH_{2n+1}OH$ છે, તેથી R–OH વડે દર્શાવાય છે. જ્યાં R = આલ્કાઇલ (Alkyl) સમૂહ છે.

આલ્કોહોલનું નામકરણ :

આલ્કોહોલનું નામકરણ અનુવર્તી મૂળ હાઇડ્રોકાર્બનની દીર્ઘતમ કાર્બનશૃંખલા નક્કી કર્યા પછી હાઇડ્રોકાર્બન નામના અંતિમ અક્ષરમાંથી 'અ' દૂર કરી 'ઑલ' પ્રત્યય જોડવાથી થાય છે. જેમ કે મિથેનમાંથી 'અ' દૂર કરી 'ઑલ' પ્રત્યય જોડવાથી મિથેન્ + ઑલ = મિથેનોલ અને તે જ પ્રમાણે ઇથેનમાંથી ઇથેન્ + ઑલ = ઇથેનોલ બને છે.

પ્રથમ પાંચ કાર્બન ધરાવતાં આલ્કેન સંયોજનો અને તેના અનુવર્તી આલ્કોહોલ સંયોજનો કોષ્ટક 11.2માં આપેલ છે.

કોષ્ટક 11.2 : આલ્કેન અને તેને અનુવર્તી આલ્કોહોલ (પ્રથમ પાંચ સભ્યો)

આલ્કેન		આલ્કોહોલ		
આલ્કેનનું નામ	આણ્વિય સૂત્ર	સામાન્ય નામ	IUPAC નામ	આણ્વિય સૂત્ર ($C_nH_{2n+1}OH$)
મિથેન	CH_4	મિથાઇલ આલ્કોહોલ	મિથેનોલ	CH_3OH
ઈથેન	C_2H_6	ઈથાઇલ આલ્કોહોલ	ઈથેનોલ	CH_3CH_2OH
પ્રોપેન	C_3H_8	પ્રોપાઇલ આલ્કોહોલ	પ્રોપેનોલ	$CH_3CH_2CH_2OH$
બ્યુટેન	C_4H_{10}	બ્યુટાઇલ આલ્કોહોલ	બ્યુટેનોલ	$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$
પેન્ટેન	C_5H_{12}	પેન્ટાઇલ આલ્કોહોલ	પૅન્ટેનોલ	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$

આપણે અહીં આલ્કોહોલ સંયોજનોમાં પ્રસ્થાપિત આલ્કોહોલનાં રસાયણ વિશે જાણીશું. તે પહેલાં આથવણની ક્રિયાની માહિતી મેળવીશું.

આથવણની ક્રિયા અને તેનું મહત્ત્વ :

રોજિંદા વ્યવહારમાં થતી કેટલીક ઘટનાઓ તમે નોંધશો. જેમ કે દૂધમાંથી દહીં બનવું, ઈડલી, હાંડવો કે ઢોકળા બનાવવાનાં ખીરામાં થતી ક્રિયા જેને આપણે આથો લાવવાની ક્રિયા કહીએ છીએ, તે અજારક વિઘટન ક્રિયા છે. તે જૈવ-રાસાયણિક ઉદ્દીપકો દ્વારા થાય છે. જૈવ-રાસાયણિક ઉદ્દીપકોને ઉત્સેચકો (enzymes) કહે છે.

દૂધમાંથી દહીંનું બનવું લેકટેઝ (lactase) ઉત્સેચક દ્વારા થાય છે. તે દૂધમાં રહેલા લૅકટોઝનું લેક્ટિક ઍસિડમાં રૂપાંતર કરે છે. જે દહીં સ્વરૂપે મળે છે. દૂધમાંથી ઉત્સેચક લેકટેઝ દ્વારા ધીમું વિઘટન થઈ દહીં બનાવવાની ક્રિયા આથવણ છે. આમ, **'ઉત્સેચકની હાજરીમાં અને ઑક્સિજનની ગેરહાજરીમાં કાર્બનિક સંયોજનનું ધીમું વિઘટન થઈ સરળ પદાર્થો બનાવવાની ક્રિયાને આથવણ (fermentation) કહે છે.'** આવી પ્રક્રિયામાં ઑક્સિજનની હાજરી જરૂરી નથી, જે અજારક શ્વસનક્રિયા છે. દા.ત., ઈડલીમાં ખીરાનો આથો આવવો અને દ્રાક્ષ કે ફળોના રસમાં ઉત્સેચક યીસ્ટની હાજરીમાં વિઘટન થવાથી ઈથેનોલ બને છે, જે આથવણ ક્રિયા છે. આથવણ ક્રિયા દરમિયાન કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. તેથી આથવણની ક્રિયામાં ઊભરો આવે છે.

ઈથેનોલ (CH_3CH_2OH) :

ઈથેનોલને આપણે આલ્કોહોલ તરીકે ઓળખીએ છીએ. વ્હીસ્કી, વાઇન, બીયર જેવા નશાકારક પીણાંઓ તેમજ કેટલાક સિરપ (syrup), કફ અને પાચન માટેની જરૂરી ઘટ્ટ પ્રવાહી દવામાં પણ તે ઘટક તરીકે હોય છે.

ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનની બે રીતો જાણીતી છે :

(1) આથવણની ક્રિયાથી ઈથેનોલનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન : શેરડીના રસ કે સ્ટાર્ચ, ફળો કે દ્રાક્ષના રસ, મૉલાસીસ (શેરડીમાંથી શર્કરા અલગ કરી નાખીને બાકી રહેલ શર્કરાહીન કચરાને મૉલાસીસ કહેવાય છે.) ખાંડ વગેરેના જલીય દ્રાવણમાં ઈન્વર્ટેઝ (invertase) ઉત્સેચકની હાજરીમાં આથવણની ક્રિયાથી પહેલાં ગ્લુકોઝ અને ફ્રુકટોઝ બને છે.

$$\underset{\text{ખાંડ અથવા મૉલાસીસ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{ઈન્વર્ટેઝ}} \underset{\text{ગ્લુકોઝ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ફ્રુકટોઝ}}{C_6H_{12}O_6}$$

આ ગ્લુકોઝ કે ફ્રુક્ટોઝનું ઝાયમેઝ (zymase) ઉત્સેચકની હાજરીમાં આથવણ થઈ ઈથેનોલ અને કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ બને છે. યીસ્ટમાં બંને ઉત્સેચકો ઇન્વર્ટેઝ (સુક્રેઝ) અને ઝાયમેઝ આવેલા હોય છે. (જે દ્રાક્ષની છાલનાં રસમાં હોય છે.)

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ઝાયમેઝ}} 2C_2H_5OH + 2CO_2(g)$$

ગ્લુકોઝ અથવા ફ્રુક્ટોઝ ઈથેનોલ

ઈથેનોલ 95 % અને 5 % પાણીના મિશ્રણ સ્વરૂપે જોવા મળે છે, જેને વધુ સાંદ્ર કરી શકાતું નથી. પરંતુ મૅમ્બ્રેન ટૅક્નોલૉજીથી શુદ્ધ ઈથેનોલ મેળવવામાં આવે છે.

(2) ઈથેનોલના ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનની આધુનિક રીત : ઈથેનોલનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન પેટ્રોરસાયણ તરીકે મળતા ઈથિન($CH_2 = CH_2$)ના જલીયકરણ(hydration)થી કરવામાં આવે છે. ઈથિનનું સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની હાજરીમાં પાણી સાથે જલીયકરણ કરતાં ઈથેનોલ બને છે.

$$CH_2 = CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3CH_2OH$$

ઈથિન ઈથેનોલ

ઈથેનોલના ગુણધર્મો :

(1) શુદ્ધ ઈથેનોલ : ઈથેનોલ રંગવિહીન પ્રવાહી છે. તેનું ઉત્કલનબિંદુ 351 K છે. તે પાણીમાં સુદ્રાવ્ય છે.

(2) દહનશીલતા : ઈથેનોલ અતિ દહનશીલ પ્રવાહી છે. તેનું દહન કરતાં ઝડપથી વાદળી રંગની જ્યોતથી સળગે છે અને દહનને લીધે કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ તથા પાણી ઉત્પન્ન કરે છે.

$$C_2H_5OH + 3O_2 \xrightarrow{\Delta} 2CO_2 + 3H_2O$$

ઈથેનોલ

(3) સોડિયમ (Na) ધાતુ સાથેની પ્રક્રિયા : ઈથેનોલ (–OH) સમૂહની સોડિયમ સાથેની પ્રક્રિયાથી સોડિયમ ઈથોક્સાઈડ (જે સામાન્ય રીતે આલ્કૉક્સાઈડ તરીકે ઓળખાય છે) અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2(g)$$

ઈથેનોલ સોડિયમ ધાતુ સોડિયમ ઈથૉક્સાઈડ

(4) ઈથેનોલ ઍસિટિક ઍસિડ સાથે ઍસિડની હાજરીમાં પ્રક્રિયા કરી ઈથાઈલ ઍસિટેટ આપશે. જેની વાસ ફળ જેવી મીઠી હોય છે. આ પ્રક્રિયાને ઍસ્ટરીકરણની પ્રક્રિયા કહે છે.

$$CH_3COOH(l) + C_2H_5OH(l) \xrightarrow{[H^+]} CH_3COOC_2H_5(l) + H_2O(l)$$

ઍસિટિક ઍસિડ ઈથેનોલ ઈથાઈલ ઍસિટેટ

(5) ઈથેનોલનું ઑક્સિડેશન થતાં ઍસિટિક ઍસિડ બને છે.

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[KMnO_4]{\text{આલ્કલાઈન}} CH_3COOH$$

ઈથેનોલ ઈથેનોઈક ઍસિડ અથવા ઍસિટિક ઍસિડ

પ્રવૃત્તિ 1

એક સૂકી ટેસ્ટટ્યૂબમાં થોડા પ્રમાણમાં ઈથેનોલ લો. તેમાં સોડિયમ ધાતુનો નાનો ટુકડો ઉમેરો. અવલોકનની નોંધ કરો. સોડિયમના ટુકડા ફરતે હાઇડ્રોજન વાયુના પરપોટા ઉત્પન્ન થશે. ટેસ્ટટ્યૂબના ખુલ્લા છેડા આગળ સળગતી દીવાસળી ધરતાં ધડાકા સાથે સળગે છે. તેનું દહન થશે. આ પ્રવૃત્તિ દરમ્યાન શિક્ષકે સંપૂર્ણ સાવચેતી રાખવી.

પ્રવૃત્તિ 2

એક સૂકી ટેસ્ટટ્યૂબમાં થોડા પ્રમાણમાં ઇથેનોલ લો. તેમાં 5 % જલીય NaOHમાં બનાવેલ $KMnO_4$નું પ્રમાણ ટીપેટીપે ઉમેરી થોડો સમય રહેવા દો. ત્યારબાદ અવલોકન કરતાં જણાશે કે $KMnO_4$ના દ્રાવણનો રંગ દૂર થાય છે, જે ઇથેનોલનું ઑક્સિડેશન કરી ઇથેનોઇક ઍસિડ બનવાનું નિર્દેશન કરે છે.

ઇથેનોલના ઉપયોગો :

(1) ઉદ્યોગોમાં દ્રાવક તરીકે લેકર (lacquers), વાર્નિસ, અત્તર (perfumes) જેવાં સુગંધી દ્રવ્યો તથા દવાઓમાં થાય છે.

(2) ઔષધ તરીકે તે ચેપનાશક હોવાથી સાફ કરવા (ગૂમડાં) ડ્રેસિંગમાં તેનો ઉપયોગ થાય છે.

(3) ઇથેનોલનો ઉપયોગ નશાયુક્ત પીણાં પીવામાં ન થાય તે માટે તેમાં ઝેરી પદાર્થ મિથેનોલ, કૉપર સલ્ફેટ જેવા કેટલાક પદાર્થો મિશ્રિત કરવામાં આવે છે.

(4) 5 % પાણી ધરાવતા ઇથેનોલના દ્રાવણને રેક્ટિફાઇડ સ્પિરિટ કહે છે, જે શરીરની બાહ્ય સપાટીને જંતુમુક્ત કરવા માટે ઉપયોગી છે. 100 % ઇથેનોલને ઍબ્સોલ્યુટ આલ્કોહોલ કહે છે.

પીણાં તરીકે આલ્કોહોલ નુકસાનકારક :

આલ્કોહોલમાં ઇથેનોલ નશાયુક્ત પીણાં તરીકે જાણીતો છે. ઇથેનોલ પીનાર તેમાં ભેળસેળ કરેલા મિથેનોલ (લઠ્ઠો) જેવા પદાર્થને લીધે દૃષ્ટિ ગુમાવે છે અને આંધળા થઈ જાય છે. ચેતના અને શારીરિક સંતુલન ગુમાવે છે. લીવર – યકૃત પર અસર થાય છે અને સીરોસીસ ઑફ લીવર(scirrohsis of liver)ના રોગથી મૃત્યુ પામે છે. આથી જ આલ્કોહોલનું સેવન કરવું આરોગ્ય માટે હાનિકારક છે.

મદ્યાર્ક (આલ્કોહોલ) ધરાવતા પીણાંમાં મુખ્ય ઘટક ઇથેનોલ હોય છે અને માનવશરીર પર તેની ઝેરી અસર (toxic) થાય છે. થોડા પ્રમાણમાં લેવાથી તે ઉત્તેજક કાર્ય કરે છે. મદ્યાર્ક (આલ્કોહોલ) ધરાવતું પીણું લેવાથી જઠરના સ્તર (lining of stomach) દ્વારા ઇથેનોલનું અવશોષણ થઈ ઇથેનોલ લોહીના પ્રવાહમાં ભળી જાય છે. પુખ્ત વયની વ્યક્તિ મદ્યાર્ક (આલ્કોહોલ) પીએ તો તેના લોહીમાં આલ્કોહોલનું પ્રમાણ 0.3 % જેટલું થાય છે. આનાથી આલ્કોહોલનું વધુ પ્રમાણ લોહીમાં થાય તો તે નુકસાનકારક છે અને આવી પરિસ્થિતિમાં તે નિશ્ચેત બને અને હૃદય બંધ પડવાની પણ શક્યતા રહે.

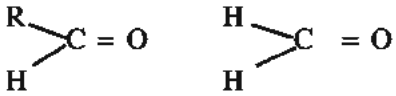
પેશીઓમાં તેનું અવશોષણ થતાં ઇથેનોલના 90 % મંદ ગતિએ ઑક્સિડેશન થઈ ઍસિટાલ્ડિહાઇડ બને છે. ઍસિટાલ્ડિહાઇડનું ઑક્સિડેશન થઈ ઍસિટિક ઍસિડ બને છે જેનું ઑક્સિડેશન થઈ છેવટે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ અને પાણી બને છે. શરીરના દરેક કોષો ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયા કરવાને સમર્થ હોવા છતાં આ ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયા મુખ્યત્વે યકૃતમાં થાય છે. ઍસિટાલ્ડિહાઇડને કારણે દારૂની ઝેરી અસર થતાં, વ્યક્તિને ઉબકા આવવા કે અસ્થિરતા થવી કે અશુદ્ધિ થવી વગેરે લક્ષણો જોવા મળે છે.

દારૂ પીનારાનાં યકૃતમાં ઝેરી અસર દૂર કરનાર ઍન્ઝાઇમ P-450નું પ્રમાણ ઘણું વધી જાય છે અને તેથી દારૂ પીનારને વધુ દારૂ પીવાની ઇચ્છા થાય છે. જેને દારૂ પીવાની ટેવ પડી હોય છે તેને ડાઇસલ્ફિરેમ (disulfiram) નામની દવા આપવામાં આવે છે. આ દવાથી આલ્કોહોલનું ઑક્સિડેશન ફક્ત ઍસિટાલ્ડિહાઇડ સુધી જ થાય છે અને આમ ઍસિટાલ્ડિહાઇડ સંચિત થવાથી દારૂ પીનારને ઉબકા આવે છે, તેમજ ઉલટી થાય છે અને પરિણામે દારૂ પીનારને દારૂ પ્રત્યે અરૂચિ થઈ શકે છે.

આલ્ડિહાઇડ અને કિટોન સંયોજનો :

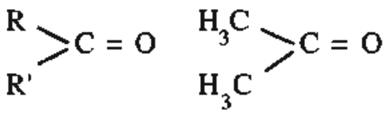
આલ્ડિહાઇડ અને કિટોન કાર્બોનિલ ($>C = O$) સમૂહ ધરાવતાં કાર્બનિક સંયોજનો છે. આલ્ડિહાઇડ સંયોજનોમાં

કાર્બોનિલ સમૂહનો કાર્બન પરમાણુ એક આલ્કાઇલ –R અને એક હાઇડ્રોજન પરમાણુ (H) સાથે જોડાયેલ હોય છે, જેમાં ફૉર્માલ્ડિહાઇડ અપવાદરૂપ છે.



આલ્ડિહાઇડ   મિથેનાલ (ફૉર્માલ્ડિહાઇડ)

જ્યારે કિટૉનમાં કાર્બોનિલ સમૂહનો કાર્બન બીજા બે આલ્કાઇલ (R અને R') સમૂહના કાર્બન પરમાણુ સાથે જોડાયેલ હોય છે.



કિટોન   પ્રોપેનોન (ઍસિટોન)

જ્યાં (R) અને (R') સમાન અથવા જુદાં જુદાં આલ્કાઇલ સમૂહ છે.

આલ્ડિહાઇડ અને કિટૉન સંયોજનનું IUPAC નામકરણ :

આલ્ડિહાઇડ સંયોજનોના IUPAC નામકરણ માટે આલ્ડિહાઇડ સમૂહ (–CHO) ધરાવતી હાઇડ્રોકાર્બન મૂળની દીર્ઘતમ કાર્બનશૃંખલા નક્કી કર્યા પછી હાઇડ્રોકાર્બનના અંતિમ અક્ષરમાંથી 'અ' દૂર કરી 'આલ' પ્રત્યય જોડવામાં આવે છે.

ઉદાહરણ તરીકે મિથેનને અનુવર્તી આલ્ડિહાઇડ મિથેનાલ (પ્રચલિત નામ ફૉર્માલ્ડિહાઇડ) અને ઈથેનને અનુવર્તી આલ્ડિહાઇડ ઈથેનાલ (પ્રચલિત નામ ઍસિટાલ્ડિહાઇડ) તેમજ પ્રોપેનના અનુવર્તી આલ્ડિહાઇડને પ્રોપેનાલ વગેરે તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. મિથેનમાંથી મિથેન્ + આલ = મિથેનાલ અને તેવી જ રીતે ઈથેનમાંથી ઇથેન્ + આલ = ઇથેનાલ કહેવાય છે. જ્યારે કિટૉન સંયોજનોનાં નામકરણમાં અનુવર્તી હાઇડ્રોકાર્બન નામનાં અંતિમ અક્ષરમાંથી 'અ' દૂર કરી 'ઑન' જોડવામાં આવે છે. જેમ કે પ્રોપેનને અનુવર્તી કિટૉન પ્રોપેનોન, બ્યુટેનને અનુવર્તી કિટૉન બ્યુટેન્ + ઑન = બ્યુટેનોન, પ્રોપેન્ + ઑન = પ્રોપેનોન વગેરે આલ્કેનને અનુરૂપ આલ્ડિહાઇડ અને કિટૉનના ઉદાહરણ કોષ્ટક 11.3માં આપ્યા છે.

કોષ્ટક 11.3 : કેટલાક સામાન્ય આલ્ડિહાઇડ અને કિટોન

આલ્કેન		આલ્ડિહાઇડ			કિટોન		
સૂત્ર	નામ	સૂત્ર	સામાન્ય નામ	IUPAC નામ	સૂત્રનામ	સામાન્ય નામ	IUPAC નામ
CH_4	મિથેન	HCHO	ફૉર્માલ્ડિહાઇડ	મિથેનાલ	-	-	-
C_2H_6	ઈથેન	CH_3CHO	ઍસિટાલ્ડિહાઇડ	ઈથેનાલ	-	-	-
C_3H_8	પ્રોપેન	CH_3CH_2CHO	પ્રોપિયોનાલ્ડિહાઇડ	પ્રોપેનાલ	CH_3COCH_3	ઍસિટોન	પ્રોપેનોન
C_4H_{10}	બ્યુટેન	$CH_3CH_2CH_2CHO$	બ્યુટેનાલ્ડિહાઇડ	બ્યુટેનાલ	$CH_3CH_2COCH_3$		બ્યુટેનોન

મિથેનાલ (ફૉર્માલ્ડિહાઇડ) (HCHO) :

મિથેનાલનું સામાન્ય નામ ફૉર્માલ્ડિહાઇડ છે. તેના 4થી 6 % સાંદ્રતા ધરાવતા જલીય દ્રાવણને ફૉર્મેલિન કહે છે. તે ચેપનાશક છે. જેનું આણ્વિય સૂત્ર HCHO છે. જેનો ઉપયોગ પ્રાણીશાસ્ત્રની પ્રયોગશાળામાં મૃત પ્રાણીઓના નમૂનાઓની સાચવણી માટે સંરક્ષક (પ્રિઝર્વેટિવ) તરીકે કરાય છે.

મિથેનાલની બનાવટ :

મિથેનનું 873 Kથી 973 K તાપમાને સિલ્વર કે આયર્ન ધાતુના ઑક્સાઇડ જેવા ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ઑક્સિડેશન કરતાં મિથેનાલ (HCHO) બને છે.

$$2CH_3OH + O_2 \xrightarrow[\text{[}Ag_2O\text{]}]{\text{ઑક્સિડેશન 873થી 973K}} 2HCHO + 2H_2O$$

મિથેનોલ — મિથેનાલ (ફૉર્માલ્ડિહાઇડ)

મિથેનાલના ગુણધર્મો :

(1) મિથેનાલ રંગવિહીન ઝેરી વાયુ છે. તેનું ઉત્કલનબિંદુ 253 K છે. તે પાણીમાં દ્રાવ્ય છે.

(2) આલ્ડિહાઇડની ક્રિયાશીલ સમૂહ તરીકેની રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ નીચે પ્રમાણે છે :

(i) **ઑક્સિડેશન :** ઑક્સિડેશનકર્તા પદાર્થની હાજરીમાં મિથેનાલનું ઑક્સિડેશન થતાં મિથેનોઇક એસિડ (ફૉર્મિક એસિડ) બને છે.

$$HCHO \xrightarrow{[O]} HCOOH$$

મિથેનાલ (ફૉર્માલ્ડિહાઇડ) — મિથેનોઇક એસિડ (ફૉર્મિક એસિડ)

આ પ્રક્રિયામાં ઑક્સિડેશનકર્તા પ્રક્રિયકો જેવા કે એમોનિયેકલ સિલ્વર નાઇટ્રેટ (ટૉલેન્સ પ્રક્રિયક), ફેહ્‌લિંગ પ્રક્રિયક સાથે પ્રક્રિયા કરતા આલ્ડિહાઇડ સંયોજનનું ઑક્સિડેશન થઈ અનુવર્તી કાર્બનસંખ્યા ધરાવતાં કાર્બોક્સિલિક એસિડ આપે છે

પ્રવૃત્તિ 3

એક ટેસ્ટટ્યૂબમાં સિલ્વર નાઇટ્રેટનું દ્રાવણ લઈ તેમાં સ્થાયી અવક્ષેપન થાય તેટલા પ્રમાણમાં NaOH ઉમેરો. જેથી છીંકણી - કાળા રંગના અવક્ષેપ મળશે. આ અવક્ષેપમાં લીકર એમોનિયા(NH_3)નું દ્રાવણ ઉમેરવાથી ટૉલેન્સ પ્રક્રિયક બને છે. એક કસનળીમાં આલ્ડિહાઇડ લઈ તેમાં ટૉલેન્સનો પ્રક્રિયક ઉમેરી કસનળીને પાણી ભરેલા બીકરમાં મૂકી ગરમ કરતાં આલ્ડિહાઇડનું ઑક્સિડેશન થાય છે. સિલ્વર આયન(Ag^+)માંથી રિડક્શન થતાં સિલ્વર ધાતુ છૂટી પડે છે. જે ટેસ્ટટ્યૂબની અંદરની સપાટી પર જમા થાય છે અને અરીસા જેવી દેખાય છે. આ કસોટીને **રજતદર્પણ કસોટી** કહે છે.

પ્રવૃત્તિ 4

ગ્લુકોઝ આલ્ડિહાઇડ સમૂહ ધરાવતું સંયોજન છે. ફેહ્‌લિંગ પ્રક્રિયક, (ફેહ્‌લિંગ A- $CuSO_4$ અને ફેહ્‌લિંગ B - સોડિયમ પોટેશિયમ ટાર્ટરેટ તથા સોડિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ મિશ્રણ) સાથે ઑક્સિડેશન અનુભવતા કોપર (II)ના ઑક્સાઇડ ક્યુપ્રસ (I) ઑક્સાઇડના લાલ અવક્ષેપમાં રૂપાંતર થાય છે. પ્રયોગશાળામાં આ કસોટી **ફેહ્‌લિંગ કસોટી** તરીકે ઓળખાય છે.

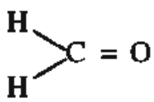
પ્રવૃત્તિ 5

ગ્લુકોઝ આલ્ડિહાઇડ સમૂહનું સંયોજન છે. ડાયાબિટીસનાં દર્દીના યુરિનમાં (મૂત્રમાં) ગ્લુકોઝનું પ્રમાણ રહેલું હોય છે. બેનિડિક્ટ પ્રક્રિયક ($CuSO_4$, જલીય સાઇટ્રિક એસિડ અને સોડિયમ કાર્બોનેટનું મિશ્રણ) સાથે ઑક્સિડેશન અનુભવતા કોપર (II)નાં ઑક્સાઇડ ક્યુપ્રસ (I) ઑક્સાઇડના લાલ અવક્ષેપમાં રૂપાંતર થાય છે. પેથોલૉજીકલ લૅબોરેટરીમાં આ કસોટી **બેનિડિક્ટ કસોટી** તરીકે ઓળખાય છે.

(ii) મિથેનાલનું રિડક્શન : મિથેનાલની પેલેડિયમ (Pd) ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ડાયહાઇડ્રોજન (H_2) વાયુ સાથે પ્રક્રિયા કરવાથી મિથેનાલ બને છે.

$$\underset{\text{મિથેનાલ}}{HCHO} + \underset{\text{ડાયહાઇડ્રોજન}}{H_2} \xrightarrow{[Pd]} \underset{\text{મિથેનોલ}}{CH_3OH}$$

(iii) મિથેનાલની હાઇડ્રોજન સાયનાઇડ (HCN) સાથેની યોગશીલ પ્રક્રિયા :



મિથેનાલમાં કાર્બન અને ઑક્સિજન પરમાણુ વચ્ચે >C = O દ્વિબંધ રહેલો છે. કાર્બનિક સંયોજનોમાં દ્વિબંધ ધરાવતાં સંયોજનો યોગશીલ પ્રક્રિયા (મૂળ પદાર્થમાં પ્રક્રિયકનો ઉમેરો થવો) આપે છે. મિથેનાલ હાઇડ્રોજનની સાયનાઇડ સાથે યોગશીલ પ્રક્રિયા થવાથી મિથેનાલ સાયનોહાઇડ્રીન નીપજ મળે છે.

મિથેનાલ　　હાઇડ્રોજન સાયનાઇડ　　મિથેનાલ સાયનોહાઇડ્રીન

મિથેનાલના ઉપયોગો :

(1) મિથેનાલનું જલીય દ્રાવણ (ફૉર્મેલિન) ચેપનાશક હોવાથી તેનો ઉપયોગ મૃત પ્રાણી અવશેષોને સાચવવા માટે થાય છે. (2) મિથેનાલ એ પ્લાસ્ટિક ઉદ્યોગોમાં કાચા માલ તરીકે ઉપયોગી પ્રક્રિયક છે. બૅકેલાઇટ, મેલેમાઇન, પ્લાસ્ટિકમાં મૉનોમર તરીકે મિથેનાલનો ઉપયોગ થાય છે. (3) મિથેનાલ રંગકો, ફિનોલ - ફૉર્માલ્ડિહાઇડ રેસાઓ (પોલિમર) બનાવવામાં ઉપયોગી છે. (4) યૂરિયા અને ફૉર્માલ્ડિહાઇડના સંયોગીકરણથી બનતા રેઝીનને યૂરિયા ફૉર્માલ્ડિહાઇડ રેઝીન કે UF રેઝીન ફોમ તરીકે ઉપયોગમાં લેવાય છે.

પ્રોપેનોન (ઍસિટોન) (CH_3COCH_3) :

કિટોન સમૂહનું સૌથી સાદું સંયોજન પ્રોપેનોન છે. તેનું સામાન્ય નામ ઍસિટોન છે, જે નેઇલ પોલિશ દૂર કરવા માટે વપરાતા દ્રાવણમાંનું એક સંયોજન છે.

પ્રોપેનોનની બનાવટ :

ફિશર-ટ્રૉપ્સ પદ્ધતિ (Fisher-Tropsch Process) પેટ્રોલિયમનાં વિભાજન દરમિયાન મળતા ઈથિન અને જળવાયુના મિશ્રણને 150 બાર દબાણે 453 K તાપમાને કોબાલ્ટ ઑક્સાઇડ ઉદ્દીપક પર પસાર કરતાં ઍસિટોન મળે છે.

$$\underset{\text{ઇથિન}}{CH_2 = CH_2} + H_2 + \xrightarrow[\text{453 K 150 બાર}]{[CoO]} \underset{\text{પ્રોપેનોન}}{CH_3COCH_3}$$

પ્રોપેનોનના ગુણધર્મો :

(1) પ્રોપેનોન (ઍસિટોન) : રંગવિહીન પ્રવાહી છે અને ખૂશબુદાર સુગંધ ધરાવે છે. તેનું ઉત્કલનબિંદુ 329 K છે. તે પાણીમાં સુદ્રાવ્ય છે.

(2) પ્રોપેનોનનું રિડક્શન : પ્રોપેનોન સોડિયમ બોરોહાઇડ્રાઇડ ($NaBH_4$) કે લિથિયમ ઍલ્યુમિનિયમ હાઇડ્રાઇડ ($LiAlH_4$) જેવા રિડક્શનકર્તા વડે રિડક્શન પામી પ્રોપેન-2 ઑલ આપે છે.

$$CH_3COCH_3 \xrightarrow[\text{અથવા } LiAlH_4]{NaBH_4} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$$

(3) **પ્રોપેનોનનું ઑક્સિડેશન :** પ્રોપેનોનનું આલ્કલાઇન પોટેશિયમ પરમૅંગેનેટ ($KMnO_4$) વડે ઑક્સિડેશન કરતાં ઇથેનોઇક ઍસિડ મળે છે.

$$\underset{\text{પ્રોપેનોન}}{CH_3COCH_3} \xrightarrow[\text{આલ્કલાઇન}]{[O]KMnO_4} \underset{\substack{\text{ઇથેનોઇક ઍસિડ} \\ \text{(ઍસિટિક ઍસિડ)}}}{CH_3COOH} + CO_2 + H_2O$$

(4) **પ્રોપેનોનની યોગશીલ પ્રક્રિયા :** મિથેનાલની જેમ જ પ્રોપેનોનમાં રહેલ $>C=O$ દ્વિબંધને કારણ હાઇડ્રોજન સાયનાઇડ (HCN) સાથે યોગશીલ પ્રક્રિયા કરી પ્રોપેનોન સાયનોહાઇડ્રીન યોગશીલ નીપજ આપે છે.

$$H_3C-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 + HCN \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{CN}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}-CH_3$$

પ્રોપેનોન   હાઇડ્રોજન સાયનાઇડ   પ્રોપેનોન સાયનોહાઇડ્રીન

પ્રોપેનોનનો ઉપયોગ :

(1) પ્રયોગશાળામાં દ્રાવક તરીકે, પેઇન્ટ (રંગો) ઉદ્યોગોમાં.

(2) કૃત્રિમ લેધર (leather) અને સાંશ્લેષિત રેસાઓની બનાવટમાં.

(3) નખ પરથી નેઇલ પોલિશ દૂર કરનાર પ્રવાહી તરીકે.

કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ સંયોજનો :

–COOH ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતાં કાર્બનિક સંયોજનોને કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ સંયોજનો કહે છે. તેમાના કેટલાંક મિથેનોઇક ઍસિડ, ઇથેનોઇક ઍસિડના સામાન્ય નામ અનુક્રમે ફૉર્મિક ઍસિડ અને ઍસિટિક ઍસિડ તરીકે પ્રચલિત છે.

IUPAC નામકરણ :

કાર્બોક્સિલિક ઍસિડના નામકરણ માટે કાર્બોક્સિલિક સમૂહ ધરાવતી હાઇડ્રોકાર્બન મૂળની દીર્ઘતમ કાર્બનશૃંખલા નક્કી કર્યા પછી હાઇડ્રોકાર્બન નામના અંતિમ અક્ષરમાંથી 'અ' પ્રત્યય દૂર કરી 'ઑઇક ઍસિડ' પ્રત્યય જોડવામાં આવે છે. દા.ત., મિથેન-મિથેનોઇક ઍસિડ, ઇથેન-ઇથેનોઇક ઍસિડ.

કાર્બોક્સિલિક ઍસિડના કેટલાક સામાન્ય નામો તથા IUPAC નામ કોષ્ટક 11.4માં દર્શાવેલાં છે.

કોષ્ટક 11.4 : કાર્બોક્સિલિક ઍસિડનાં નામો

આલ્કેન		કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ		
આણ્વિય સૂત્ર	સામાન્ય નામ	આણ્વિય સૂત્ર	સામાન્ય નામ	IUPAC નામ
CH_4	મિથેન	HCOOH	ફૉર્મિક ઍસિડ	મિથેનોઇક ઍસિડ
C_2H_6	ઈથેન	CH_3COOH	ઍસિટિક ઍસિડ	ઈથેનોઇક ઍસિડ અથવા ઍસિટિક ઍસિડ
C_3H_8	પ્રોપેન	CH_3CH_2COOH	પ્રોપિયોનિક ઍસિડ	પ્રોપેનોઇક ઍસિડ

સામાન્ય સૂત્ર $\substack{R' \\ R}\!>\!C=O$ માં રહેલા કોઈ પણ એક R' કે Rનું – δ – OH સમૂહ વડે વિસ્થાપન $\substack{R' \\ HO}\!>\!C=O$ થવાથી સામાન્ય સૂત્રવાળા કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ મળે છે.

ઈથેનોઈક ઍસિડ (ઍસિટિક ઍસિડ) (CH_3COOH) :

ઈથેનોઇક ઍસિડનું સામાન્ય નામ ઍસિટિક ઍસિડ છે. તેનું આણ્વિય સૂત્ર CH_3COOH છે.

ઈથેનોઈક ઍસિડની બનાવટ :

(1) ઈથેનોલનું હવામાં ઍસિટોબૅક્ટર ઉત્સેચક વડે આથવણક્રિયા કરવાથી ઑક્સિડેશન થઈ વિનેગાર (ઈથેનોઈક ઍસિડ) બને છે.

$$\underset{\text{ઈથેનોલ}}{C_2H_5OH} + O_2 \xrightarrow[\text{ઉત્સેચક}]{\text{ઍસિટોબૅક્ટર}} \underset{\text{ઈથેનોઈક ઍસિડ}}{CH_3COOH} + H_2O$$

આ પદ્ધતિથી મળતા ઈથેનોઈક ઍસિડનું પ્રમાણ ઓછું હોય છે.

(2) ઈથેનોઈક ઍસિડના આધુનિક ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનમાં મિથેનાલની કાર્બન મોનૉક્સાઈડ સાથે ઉદ્દીપક આયોડિન - ર્હોડિયમ(I_2-Rh)ની હાજરીમાં પ્રક્રિયા કરતાં ઍસિટિક ઍસિડ બને છે.

$$\underset{\text{મિથેનોલ}}{CH_3OH} + \underset{\text{કાર્બન મોનૉક્સાઈડ}}{CO} \xrightarrow{[I_2\text{-Rh}]} \underset{\text{ઈથેનોઈક ઍસિડ અથવા ઍસિટિક ઍસિડ}}{CH_3COOH}$$

ઈથેનોઈક ઍસિડના ગુણધર્મો :

(1) **ઈથેનોઈક ઍસિડ** રંગવિહીન, તીવ્ર ખટાશયુક્ત વાસ ધરાવતું પ્રવાહી છે. તે પાણીમાં દ્રાવ્ય છે. તેનું ઉત્કલનબિંદુ 391 K છે.

(2) **ઍસિડિક ગુણધર્મો :**

(a) સોડિયમ (Na), મૅગ્નેશિયમ (Mg) જેવી ધાતુઓ સાથે પ્રક્રિયા કરી ધાત્વિક ઈથેનોએટ (ઍસિટેટ) ક્ષાર અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ બનાવે છે. તે નિર્બળ ઍસિડ છે.

$$\underset{\text{ઈથેનોઈક ઍસિડ}}{2CH_3COOH} + \underset{\text{સોડિયમ}}{2Na} \longrightarrow \underset{\text{સોડિયમ ઈથેનોએટ (સોડિયમ ઍસિટેટ)}}{2CH_3COONa} + \underset{\text{ડાયહાઇડ્રોજન}}{H_2(g)}$$

(b) ઈથેનોઈક ઍસિડ સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ જેવા બેઇઝ સાથે પ્રક્રિયા કરી સોડિયમ ઍસિટેટ ક્ષાર આપે છે.

$$\underset{\text{ઈથેનોઈક ઍસિડ}}{CH_3COOH} + \underset{\text{સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ}}{NaOH} \longrightarrow \underset{\text{સોડિયમ ઈથેનોએટ (સોડિયમ ઍસિટેટ)}}{CH_3COONa} + H_2O$$

આ પ્રક્રિયાઓ દર્શાવે છે કે –COOH સમૂહમાં રહેલો હાઇડ્રોજન ઍસિડિક પ્રકૃતિ ધરાવે છે.

(3) **આલ્કોહોલ સાથેની પ્રક્રિયા :** સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ઈથેનોઈક ઍસિડ અને ઈથેનોલ સાથે પ્રક્રિયા કરી ઈથાઈલ ઈથેનોએટ બનાવે છે.

$$\underset{\text{ઈથેનોઈક ઍસિડ}}{CH_3COOH} + \underset{\text{ઈથેનોલ}}{C_2H_5OH} \xrightarrow[\Delta]{[\text{સાંદ્ર } H_2SO_4]} \underset{\text{ઈથાઈલ ઈથેનોએટ (ઈથાઈલ ઍસિટેટ)}}{CH_3COOC_2H_5} + H_2$$

અહીં, કાર્બોક્સિલિક ઍસિડની આલ્કોહોલ સાથેની પ્રક્રિયાથી એસ્ટર સંયોજન બનવાની આ પ્રક્રિયાને એસ્ટરીકરણ કહે છે.

ઈથોનોઈક ઍસિડના ઉપયોગો :

(1) વિનેગાર બનાવવામાં, ખોરાકમાં ખટાશ લાવવા તથા ખોરાક પરિરક્ષક (પ્રિઝર્વેટિવ) તરીકે.

(2) પ્રયોગશાળામાં દ્રાવક અને પ્રક્રિયક તરીકે.

(3) સફેદ લેડ (સફેદો) બનાવવામાં.

11.4 પૉલિમર (Polymer)

એક અથવા બેથી વધારે પ્રકારના અસંખ્ય સાદા કાર્બનિક અણુઓ એકબીજા સાથે રાસાયણિક બંધથી જોડાઈને વિરાટ અણુઓ બનાવે છે તેને **પૉલિમર** કહે છે.

એક અથવા બે પ્રકારના અસંખ્ય સાદા કાર્બનિક અણુઓ એકબીજા સાથે રાસાયણિક બંધથી જોડાઈને પૉલિમર બનાવી શકે છે. આવા સાદા કાર્બનિક અણુઓને **મૉનોમર** કહે છે.

એક અથવા બે પ્રકારના અસંખ્ય સાદા કાર્બનિક અણુઓની એકબીજા સાથે રાસાયણિક બંધથી જોડાવાની પ્રક્રિયાને **પૉલિમરાઈઝેશન** કહે છે.

ઇથિનના અસંખ્ય અણુઓ એકબીજા સાથેની યોગશીલ પ્રક્રિયાથી પૉલિથિન બનાવે છે. આ પ્રક્રિયામાં ઇથિન મૉનોમરના બે અણુઓ પ્રથમ તબક્કામાં જોડાઈને દ્વિઅણુ રચના (ડાયમર) બનાવે છે. દ્વિઅણુ રચના સાથે ત્રીજો અણુ જોડાવાથી ત્રિઅણુ રચના (ટ્રાયમર) અને તેની સાથે મૉનોમરનો ચોથો અણુ જોડાવાથી ચતુર્થ અણુ રચના (ટેટ્રામર) બને છે. આવી જ રીતે શૃંખલા લાંબી થતી જાય છે. પરિણામે ખૂબ લાંબી શૃંખલા બને છે, જેને વિરાટ અણુ અથવા પૉલિમર કહે છે.

$$CH_2 = CH_2 \xrightarrow{CH_2=CH_2} CH_3-CH_2 - CH=CH_2 \xrightarrow{CH_2=CH_2}$$

ઇથિન (મૉનોમર) દ્વિઅણુ રચના (ડાયમર)

$$CH_3-CH_2 - CH_2-CH_2 - CH=CH_2 \xrightarrow{CH_2=CH_2}$$

ત્રિઅણુ રચના (ટ્રાયમર)

$$CH_3-CH_2 - CH_2-CH_2 - CH_2-CH_2 - CH=CH_2$$

ચતુર્થ અણુ રચના (ટેટ્રામર)

$$\xrightarrow{n(CH_2=CH_2)} \left[CH_2-CH_2\right]_n$$

પૉલિથિન (પૉલિમર)

દરેક પૉલિમર શૃંખલામાં મૉનોમરના અણુને આધારે તેના ચોક્કસ ભાગનું વારંવાર પુનરાવર્તન થતું હોય છે. પુનરાવર્તન પામતા આ ભાગને 'આવર્તનીય એકમ' કહે છે. જેમ કે પૉલિથિનમાં આવર્તનીય એકમ $-CH_2-CH_2-$ છે. કોઈ પણ પૉલિમર અણુમાં આવર્તનીય એકમની સંખ્યા nને 'પૉલિમરાઈઝેશન અંશ' કહે છે.

(1) પૉલિમર પદાર્થોનું વર્ગીકરણ :

પૉલિમર પદાર્થોનું વર્ગીકરણ જુદા જુદા પ્રકારે થાય છે.

(i) **કુદરતમાં રહેલા પૉલિમર પદાર્થો :** કુદરતમાં રહેલા કેટલાક પૉલિમર પદાર્થો જેવા કે સ્ટાર્ચ, સેલ્યુલોઝ, પ્રોટીન, ન્યુક્લિક ઍસિડ, રબર વગેરે માનવજીવન માટે ખૂબ જ જરૂરી છે.

(ii) **અર્ધ-સાંશ્લેષિત પૉલિમર પદાર્થો :** કુદરતમાં રહેલા પૉલિમર પદાર્થો સાથેની રાસાયણિક પ્રક્રિયાથી અર્ધ-સાંશ્લેષિત પૉલિમર પદાર્થો મળે છે. કુદરતી રબરના વલ્કેનાઇઝેશનથી મળતા સુધરેલા ગુણધર્મોવાળા રબરનો ઉપયોગ ટાયરની બનાવટમાં થાય છે.

(iii) **સાંશ્લેષિત પૉલિમર પદાર્થો :** માનવસર્જિત સાંશ્લેષિત પૉલિમર, પોલિમેરિક પદાર્થોનો બનેલ છે. આ ખૂબ મોટો અગત્યનો વર્ગ છે. જેમાં મુખ્યત્વે રેસાઓ, પ્લાસ્ટિક અને રબરનો સમાવેશ થાય છે. સાંશ્લેષિત પૉલિમર પદાર્થોનો ઉપયોગ કાપડ ઉદ્યોગ, ઇલેક્ટ્રિક સાધનો તેમજ લાકડું અને ધાતુની અવેજીમાં થાય છે.

(2) પૉલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાના આધારે વર્ગીકરણ :

(i) **હોમોપૉલિમર અને કોપૉલિમર પદાર્થો :** એક જ પ્રકારના બે કે તેથી વધુ અસંખ્ય સાદા કાર્બનિક મૉનોમર પૉલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી એકબીજા સાથે રાસાયણિક બંધથી જોડાઈને પૉલિમર પદાર્થો આપે છે તેને હોમોપૉલિમર પદાર્થો કહે છે. દા.ત., ઇથિનમાંથી બનતો પૉલિથિન હોમોપૉલિમર પદાર્થ છે.

બે કે તેથી વધારે જુદા પ્રકારના અસંખ્ય સાદા કાર્બનિક પદાર્થો પૉલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી એકબીજા સાથે રાસાયણિક બંધથી જોડાઈને પૉલિમર પદાર્થો આપે છે તેને કોપૉલિમર પદાર્થો કહે છે. દા.ત., સ્ટાયરિન અને બ્યુટાડાઈનમાંથી બનતો **સ્ટાયરિન બ્યુટાડાઈન રબર (SBR)** કોપૉલિમર પદાર્થ છે.

(ii) **યોગશીલ અને સંઘનન પૉલિમર પદાર્થો :** દ્વિ-બંધ ધરાવતા અસંખ્ય સાદા કાર્બનિક મૉનોમર યોગશીલ પૉલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી એકબીજા સાથે રાસાયણિક બંધ વડે જોડાઈને પૉલિમર પદાર્થો બનાવે છે તેને યોગશીલ પદાર્થો કહેવાય છે. દા.ત., સ્ટાયરિનમાંથી બનાવાતો પૉલિસ્ટાયરિન યોગશીલ પદાર્થ છે. કેટલાક અગત્યનાં યોગશીલ પૉલિમર તેમના મૉનોમર અને તેના ઉપયોગો કોષ્ટક 11.5માં આપેલા છે.

કોષ્ટક 11.5 : મૉનોમર, પૉલિમર અને તેના ઉપયોગો

મૉનોમર	પૉલિમર	ઉપયોગો
$CH_2 = CH_2$ ઇથિન	$+CH_2 - CH_2+_n$ (પૉલિથિન)	રમકડાં, પેકિંગ થેલીઓ
$CH_2 = CH - Cl$ (વિનાઇલ ક્લોરાઇડ) 1-ક્લોરોઇથિન	$[CH_2 - CH(Cl)]_n$ (પોલિવિનાઇલ ક્લોરાઇડ)	ફ્લોરિંગ ટાઇલ્સ, રેઇનકોટ, હેન્ડ બૅગ બનાવવા
$CF_2 = CF_2$ ટેટ્રાફ્લોરોઇથિન	$+CF_2 - CF_2+_n$ (ટેફ્લોન)	નૉનસ્ટિક રસોઈના સાધનો બનાવવા, અવાહક તરીકે
$CH_2 = C(CH_3) - CH = CH_2$ (આઇસોપ્રિન) 2-મિથાઇલ બ્યુટા-1, 3-ડાઇન	$[CH_2 - C(CH_3) - CH - CH_2]_n$ (કુદરતી રબર)	વૉટરપ્રૂફ કપડાં, કાર અને બાઇકનાં ટાયર બનાવવા
$CH_2 = CH - CH = CH_2$ બ્યુટા-1, 3 ડાઇન-(બ્યુટાડાઇન)	$+CH_2 - CH = CH - CH_2+_n$ (પોલિબ્યુટાડાઇન)	કુદરતી રબરનાં વિકલ્પ તરીકે
$CH_2 = C(Cl) - CH = CH_2$ 2 ક્લોરો બ્યુટા-1, 3 ડાઇન	$[CH_2 - C(Cl) = CH - CH_2]_n$ (નીયોપ્રિન)	અવાહક તરીકે, મોટર એન્જિનમાં, કન્વેયર બેલ્ટમાં, છાપકામનાં રોલરમાં

ઉપયોગો : ઘરવપરાશનાં ઉપકરણો, પાઈપ, પેઈન્ટ, ફાઈબર, નાયલૉન, ટેરેલિન વગેરે ફર્નિચર, ઑટોમોબાઈલને લગતાં સ્પેરપાર્ટસ, બ્રશ, કાંસકા, ચંપલ, રેઈનકોટ વગેરેની બનાવટમાં, તેમજ માછલાં પકડવાની જાળ, દોરડાં બનાવવામાં, ટાયર ઉદ્યોગમાં ઉપયોગી છે. કાપડ ઉદ્યોગમાં પણ ઉપયોગી છે. વિજ્ઞાન અને ટેકનોલૉજીના ઉપયોગથી આપણે વિવિધ લાક્ષણિકતા ધરાવતાં પૉલિમર સંયોજનો બનાવી શક્યા છીએ.

રબર : રબર કુદરતી રીતે મળી આવે છે તેમજ સાંશ્લેષિત રીતે બનાવી શકાય છે.

કુદરતી રબરમાં નોંધપાત્ર સ્થિતિસ્થાપકતા હોય છે. તેમાં ઘણાં લાંબા સમય સુધી ખૂબ જ થોડું બળ આપતા પણ પ્રતિવર્તી ખેંચાણબળ જળવાયેલું હોય છે. કુદરતી રબરની આ સ્થિતિસ્થાપકતાના લાક્ષણિક ગુણને કારણે અનેક ક્ષેત્રમાં તેનો નોંધનીય ઉપયોગ થાય છે.

રબરના ઝાડની છાલમાં છેદ પાડી તેમાંથી મળતા દુગ્ધ રબરના કલિલ નિલંબનને રબર લેટેક્ષ (latex) કહે છે. લેટેક્ષ સાથેની ભૌતિક તેમજ રાસાયણિક પદ્ધતિથી કુદરતી રબર મેળવાય છે.

કુદરતી રબરનો સ્થિતિસ્થાપકતાની લાક્ષણિક્તાનો ગુણધર્મ 283 K થી 333 K અથવા તેથી વધુ તાપમાન સુધી જળવાઈ રહે છે. 283 Kથી ઓછા તાપમાને તે બરડ રહે છે. જ્યારે 333 K અથવા તેથી વધુ તામપાને તે નરમ બને છે. પાણીનું શોષણ કરવાની તેની ક્ષમતા ઊંચી હોય છે. બિનધ્રુવીય દ્રાવક પ્રત્યે પ્રતિરોધક છે. તેમજ ઑક્સિડેશનકર્તા વડે સહેલાઈથી અસર પામે છે.

વલ્કેનાઈઝ્ડ રબર :

1893માં ચાર્લ્સ ગુડયરે (Charles Goodyear) સંશોધન કર્યું કે જો 373 K થી 413 K તાપમાને કુદરતી રબર અને સલ્ફરના મિશ્રણને ગરમ કરવામાં આવે તો તેના ભૌતિક ગુણધર્મોમાં યોગ્ય પ્રમાણમાં જરૂરી સુધારાઓ કરી શકાય છે. આ પદ્ધતિને **વલ્કેનાઈઝેશન (Vulcanisation)** કહે છે. આ પ્રક્રિયા ધીમી થતી હોય છે. તેથી તેમાં ઝિંક ઑક્સાઈડ યોગશીલ પદાર્થ તરીકે ઉમેરવાથી પ્રક્રિયાનો વેગ ઝડપથી થાય છે.

વલ્કેનાઈઝડ રબરમાં ખૂબ જ સારી સ્થિતિસ્થાપકતા, પાણી શોષવાનો ગુણધર્મ ખૂબ જ નીચો હોય છે, તેમજ કાર્બનિક દ્રાવકો અને ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયાનો પ્રતિકાર કરે છે. વલ્કેનાઈઝેશન દરમિયાન 5 % સલ્ફરના ઉપયોગથી ટાયર માટેનું રબર અને 30 % સલ્ફરના ઉપયોગથી બૅટરીના આવરણ માટેનું રબર બને છે.

ઉપયોગો : વલ્કેનાઈઝડ રબરનો ઉપયોગ રબર બૅંડ, વાહનોનાં ટ્યૂબ અને ટાયરો બનાવવા માટે થાય છે. નિયોપ્રિનની ઊંચી તાપમાન પ્રતિકારક્ષમતા(non-inflamable)નો ગુણધર્મ તેમાં રહેલા વિશાળ સંખ્યાના ક્લોરિન પરમાણુને કારણે હોય છે.

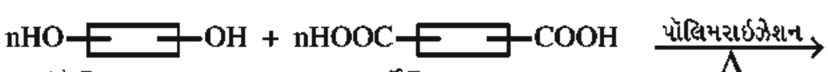
સંઘનન પૉલિમર :

બે જુદા પ્રકારના અસંખ્ય સાદા કાર્બનિક મૉનોમર સંઘનન પૉલિમરાઈઝેશન (condensation polymerisation) પ્રક્રિયાથી એકબીજા સાથે જોડાઈને પાણી, એમોનિયા અથવા આલ્કોહોલ જેવા અણુઓ દૂર કરી પૉલિમર પદાર્થો આપે છે તેને સંઘનન પૉલિમર પદાર્થો કહે છે. દા.ત., હેક્ઝામિથિલિન ડાયએમાઈન અને ઍડિપિક ઍસિડમાંથી બનતો નાયલૉન-6, 6 સંઘનન પૉલિમર પદાર્થ છે.

ઉપયોગો : નાયલૉન-6, 6 થર્મોપ્લાસ્ટિક પ્રકારનો પૉલિમર છે. તેના રેસાઓ મજબૂત સખત, સ્થિતિસ્થાપક અને પાણી અવરોધક છે. કાપડ ઉદ્યોગ ઉપરાંત માછલાં પકડવાની જાળ, દોરડાં બનાવવામાં તેમજ ટાયર ઉદ્યોગમાં તેનો ઉપયોગ થાય છે.

પૉલિઍસ્ટર :

પૉલિઍસ્ટર અણુ અસંખ્ય ઍસ્ટર ક્રિયાશીલ સમૂહનાં આવર્તનીય એકમો ધરાવે છે. તે બે હાઇડ્રૉક્સિલ અને બે કાર્બોક્સિલિક સમૂહો ધરાવતાં સંયોજનો સાથે જોડાવાથી બને છે.



(હાઇડ્રૉક્સિલ સમૂહ ધરાવતું સંયોજન)

(કાર્બોક્સિલિક સમૂહ ધરાવતું સંયોજન)

$$HO[-\square-COO-\square-]_n\ COOH + nH_2O$$

પૉલિએસ્ટર — જ્યાં $-\square-$ હાઇડ્રોકાર્બન ભાગ દર્શાવે છે.

ઉપયોગ : પૉલિએસ્ટરના રેસાઓને સુતરાઉ (cotton) રેસાઓ સાથે મિક્સ કરી કાપડ ઉદ્યોગમાં ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

પૉલિએમાઇડ : પૉલિએમાઇડ એ એમાઇડ સમૂહ ધરાવતાં પૉલિમર છે. તે એમાઇન અને કાર્બોક્સિલિક એસિડની સંઘનન પ્રક્રિયાથી બનાવી શકાય છે, જે નાયલૉન તરીકે ઓળખાય છે.

$$\underset{\text{(ડાયએમાઇન)}}{H_2N-\square-NH_2} + n\ \underset{\text{(ડાયકાર્બોક્સિલિક એસિડ)}}{HOOC-\square-COOH} \xrightarrow[\Delta]{\text{પૉલિમરાઇઝેશન}}$$

$$\underset{\text{નાયલૉન}}{H_2N[-\square-NHCO-\square-]_n\ COOH} + n\ H_2O$$

જ્યાં $-\square-$ હાઇડ્રોકાર્બન ભાગ દર્શાવે છે.

બાયોપૉલિમર પદાર્થો :

કુદરતમાં રહેલાં પૉલિસેકેરાઇડ, પ્રોટીન અને ન્યુક્લિક એસિડ જેવા કેટલાક પૉલિમર પદાર્થો માનવજીવન માટે અતિ આવશ્યક છે. આ પદાર્થોને બાયોપૉલિમર પદાર્થો કહેવાય છે.

રોજિંદા જીવનમાં મોટે પાયે વપરાતા સાંશ્લેષિત પૉલિમર પદાર્થો પર્યાવરણીય પ્રક્રિયા પ્રત્યે નિષ્ક્રિયતા ધરાવે છે. આથી સાંશ્લેષિત પૉલિમર પદાર્થના વપરાશ દરમિયાન વિઘટનાત્મક પ્રક્રિયાઓ થતી નથી અને જીવનજરૂરી પદાર્થો બનતા નથી. આવા પ્રકારના નૉન-બાયોડિગ્રેડેબલ (જૈવ અવિઘટનીય) સાંશ્લેષિત પૉલિમર પદાર્થો દૈનિક વપરાશ પછી સંગ્રહ થતા કચરાનો નિકાલ કરવા માટે પર્યાવરણમાં તીવ્ર (મોટી) સમસ્યા ઉદ્ભવી છે.

મનુષ્યની જૈવિક પ્રણાલીમાં બાયોપૉલિમર પદાર્થોનું વિઘટન મુખ્યત્વે ઉત્સેચક વડે જલવિભાજનથી અને કંઈક અંશે ઑક્સિડેશનથી થતું હોય છે. હાલનાં સમયમાં સાંશ્લેષિત પૉલિમર પદાર્થોના કચરાના નિકાલ અંગેની સમસ્યાને ધ્યાનમાં લઈ મનુષ્યની જીવન-પ્રણાલીને અનુરૂપ હોય તેવા બાયોડિગ્રેડેબલ (જૈવ વિઘટનીય) સાંશ્લેષિત પૉલિમર પદાર્થોનો વિકાસ કરવામાં આવ્યો છે.

ઉપયોગો : બાયોડિગ્રેડેબલ પૉલિમર પદાર્થોનો ઉપયોગ ખાસ પ્રકારના પેકિંગમાં, ઑર્થોપેડિક સાધનોમાં અને નિયંત્રિત ઔષધો ભરવાની કેપ્સ્યૂલમાં થાય છે. જ્યારે નિયંત્રિત ઔષધયુક્ત PHBV (પૉલીહાઇડ્રૉક્સિ બ્યુટિરેટ-કો-β હાઇડ્રૉક્સિ વૅલરેટ) કેપ્સ્યૂલનું વિઘટન શરીરમાં થાય પછી જ તેમાંથી મુક્ત થતા ઔષધની અસર શરૂ થાય છે.

ઑપરેશન પછીના ટાંકા લેવા માટે સૌપ્રથમ વપરાયેલો પૉલિમર પદાર્થ ડેક્સ્ટ્રાન (Dextran) બાયોડિગ્રેડેબલ પૉલિએસ્ટર છે.

11.5 સાબુ અને સાંશ્લેષિત પ્રક્ષાલકો (Soap and Synthetic Detergents)

વસ્તુની સપાટી પર ચોંટેલા મેલને દૂર કરવા માટે વપરાતા રાસાયણિક પદાર્થોને પ્રક્ષાલકો કહે છે. હજારો વર્ષોથી પ્રક્ષાલકોનો ઉપયોગ થઈ રહ્યો છે. સાબુ અને ડિટરજન્ટ જેવા પ્રક્ષાલકોની પ્રાથમિક માહિતીથી આપણે પરિચિત થઈશું.

સાબુ : સાબુ ફેટી ઍસિડ (સ્ટિયરિક ઍસિડ, ઑલિક ઍસિડ, પામીટિક ઍસિડ)ના સોડિયમ કે પૉટેશિયમ ક્ષાર છે. ધોવાના સાબુમાં સોડિયમ ક્ષાર અને નહાવાના સાબુના પોટેશિયમ ક્ષાર હોય છે. ઍસિડ, તેમના ગ્લિસરોલ અને એસ્ટર સંયોજનોમાં આવે છે, જે પ્રાણીજ ચરબી (મટન ટેલો) અને વનસ્પતિ તેલમાં (ચરબી) રહેલ છે.

સાબુની બનાવટ : વનસ્પતિ તેલ(સીંગતેલ, કોપરેલ વગેરે) કે પ્રાણીજ ચરબીને સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ (NaOH)ના દ્રાવણ સાથે ગરમ કરતાં ફેટી ઍસિડનો સોડિયમ ક્ષાર અને ગ્લિસરોલ બને છે. સાબુ બનાવવાની આ પ્રક્રિયાને **સાબુનીકરણ** અથવા **સેપોનિફિકેશન** કહે છે.

$$\text{વનસ્પતિજ તેલ કે પ્રાણીજ ચરબી + સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ} \xrightarrow[\Delta]{\text{સેપોનિફિકેશન}} \text{ગ્લિસરોલ + ફેટી ઍસિડનો સોડિયમ ક્ષાર (સાબુ)}$$

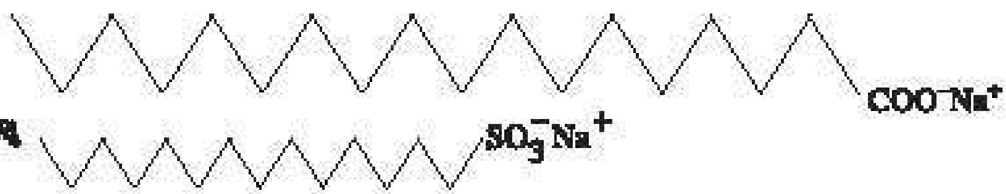
પ્રવૃત્તિ 6

એક બીકરમાં વનસ્પતિજ તેલ 20 ml લઈ તેમાં 20 % NaOH નું જલીય દ્રાવણ ઉમેરો. થોડું ગરમ કરી હલાવતા તેલી ચરબી અને પાણીનાં સ્તરો એકબીજામાં ભિન્ન થઈ મિશ્રણ જાડું બનશે. 5 થી 10 ગ્રામ સામાન્ય મીઠું (NaCl) તેમાં ઉમેરો. મિશ્રણને ઠંડું પાડો, તેથી અદ્રાવ્ય પદાર્થ પાત્રના ઉપરના ભાગમાં આવશે. જેને બીજા પાત્રમાં લઈ તેમાં ચોસલા પાડો, જે સાબુ છે. આ સાબુની બનાવટમાં જરૂરિયાત પ્રમાણેનો સાબુ મેળવવા સુગંધી પદાર્થો, જંતુનાશક, ઔષધો, ફિલર વગેરે ઉમેરી શકાય છે.

રાસાયણિક રીતે ડિટરજન્ટ કાર્બનિક સલ્ફોનિક ઍસિડના સોડિયમ ક્ષાર છે. સાબુમાં હાઇડ્રોકાર્બન સાથે $-COONa$ ક્રિયાશીલ સમૂહ જોડાયેલ છે. જ્યારે પ્રક્ષાલકો (ડિટરજન્ટ) $-SO_3Na$ (સલ્ફોનેટ) ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતી હાઇડ્રોકાર્બન શૃંખલા હોય છે.

સાબુનો અણુ

ડિટરજન્ટનો અણુ



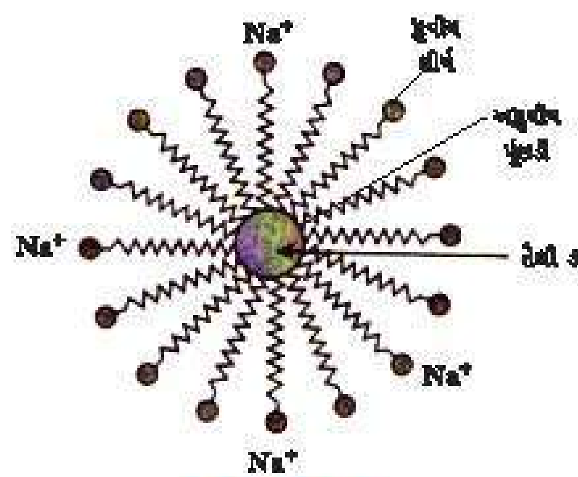
ડિટરજન્ટની પ્રક્ષાલન અસર સાબુ કરતાં વધુ અસરકારક હોય છે. કારણ કે કઠિન પાણીમાં રહેલા Ca^{2+} અને Mg^{2+} જેવાં ધાતુઆયનો ડિટરજન્ટ સાથે અવક્ષેપ પામતાં નથી પરંતુ દ્રાવ્ય ક્ષારો રૂપે હોય છે. તે દ્રાવણમાં રહેતા હોવાથી પ્રક્ષાલન માટે જરૂર કરતાં વધારે પ્રમાણમાં ડિટરજન્ટ વપરાતો નથી. તેથી ડિટરજન્ટનો ઉપયોગ વધી રહ્યો છે.

સાબુ અને ડિટરજન્ટની પ્રક્ષાલનવિધિ સમાન હોય છે. સાબુ અને ડિટરજન્ટના અણુ બંધારણમાં બે ભાગ હોય છે : એક ભાગ લાંબી હાઇડ્રોકાર્બન શૃંખલા અધ્રુવીય પૂંછડી (tail) તરીકે ઓળખાય છે. તે પાણી પ્રત્યે આકર્ષણ ધરાવતી નથી પરંતુ તે મેલ કે ડાઘ પ્રત્યે આકર્ષણ ધરાવે છે.

જ્યારે બીજો આયનીય ભાગ ($-COONa$ અથવા $-SO_3Na$) શીર્ષ (head) તરીકે ઓળખાય છે. તે પાણીના અણુઓ પ્રત્યે આકર્ષણ ધરાવે છે.

મેલ કે તૈલી ડાઘવાળી સપાટી પર સાબુ કે ડિટરજન્ટનું સાંદ્ર દ્રાવણ લગાડવામાં આવે ત્યારે અધ્રુવીય ભાગ મેલ પ્રત્યે આકર્ષણ ધરાવતો હોવાથી તૈલી ડાઘ (મેલ) તરફ આકર્ષાય છે. જ્યારે ધ્રુવીય ભાગ પાણીમાં રહે છે, કારણ કે પાણી પ્રત્યે આકર્ષણ ધરાવે છે.

ડાઘની ફરતે ગોળાકાર સ્વરૂપે ગોઠવાયેલી રચનાને **મિસેલ** કહે છે.



મિસેલની રચના

હાઇડ્રોકાર્બન ભાગ તેલ કે ડાઘની સપાટી સાથે જોડાયેલો રહે છે, જ્યારે ધ્રુવીય ભાગ પાણીમાં રહે છે. પ્રક્ષાલક લગાડેલ ભાગ પાણી સાથે ખેંચાઈ આવે છે, જેથી પાણી ડહોળું બને છે અને સપાટી સ્વચ્છ બને છે.

તમે શું શીખ્યા ?

આ એકમમાં આપણે શીખ્યાં કે કાર્બનિક સંયોજનો વિશેની માહિતી અને કાર્બનિક સંયોજનો આપણાં રોજિંદા જીવનમાં ખૂબ જ ઉપયોગી છે. કાર્બનિક સંયોજનના અભ્યાસ માટે ક્રિયાશીલ સમૂહનો અભ્યાસ જરૂરી છે.

કાર્બનિક સંયોજનનોની રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ પરમાણુ કે પરમાણુઓના સમૂહ દ્વારા થતી હોય છે. આ સમૂહને ક્રિયાશીલ સમૂહ કહે છે. કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ (–COOH), કિટોન (>C = O), આલ્ડિહાઇડ (-CHO), આલ્કોહોલ (–OH), ઍસ્ટર (–COOR) અને (X) હેલોજન વગેરે ક્રિયાશીલ સમૂહ છે.

આલ્કોહોલ, ઇથેનોલ વગેરે તેમજ ઇથેનોલ મેળવવાની આથવણ પદ્ધતિ, આથવણની ક્રિયા અને તેની અગત્યનો અભ્યાસ કર્યો.

વ્હીસ્કી, વાઇન, બીયર જેવા નશાકારક પીણાંઓ તેમજ કેટલાક સિરપ, કફ અને પાચન માટેની જરૂરી દવાઓમાં ઇથેનોલનો ઉપયોગ થાય છે. નશાકારક પીણાં પીવાથી થતું નુકસાન અને તે માટે જરૂરી દવા, ઇથેનોલના ગુણધર્મોનો અભ્યાસ વિસ્તારથી કર્યો.

આલ્ડીહાઇડ અને કિટોન સંયોજનો, તેનું નામકરણ, મિથેનાલ (ફૉર્માલ્ડિહાઇડ) ઇથેનાલ (ઍસિટાલ્ડિહાઇડ) વગેરે મિથેનાલની બનાવટ, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો, આલ્ડીહાઇડ માટેની પ્રવૃત્તિમાં રજતદર્પણ કસોટી તેમજ ફેહલિંગ કસોટી જોઈ.

પ્રોપેનોનની બનાવટ, ગુણધર્મો અને રિડક્શન - ઑક્સિડેશન જેવી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ અને યોગશીલ પ્રક્રિયાઓનો અભ્યાસ આ એકમમાં કર્યો.

કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ અને તેના ઍસિડિક ગુણધર્મો, ઍસ્ટરીકરણની પ્રક્રિયા અને તેના ઉપયોગો, ઍસિટિક ઍસિડ (સરકા)નો પ્રિઝર્વેટિવ્સ તરીકે અભ્યાસ કર્યો.

કૃત્રિમ પૉલિમર, પૉલિમરનું વર્ગીકરણ, યોગશીલ અને સંઘનન પૉલિમર, રબર, વલ્કેનાઇઝ્ડ રબર, પૉલિઍસ્ટર, પૉલિઍમાઇડ અને તેના ઉપયોગો તેમજ બાયોપૉલિમર વિશે જાણ્યું.

સાબુ અને સાંશ્લેષિત પ્રક્ષાલકો, સાબુની બનાવટ, પ્રક્ષાલકો અને તેના ઉપયોગ, મેલ દૂર કરવા માટેની રીત વિશે વિગતે અભ્યાસ કર્યો.

સ્વાધ્યાય

1. **પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :**

(1) (–CHO) ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતા પદાર્થોને કયા સંયોજનો કહેવામાં આવે છે ?

(A) એમાઇડ (B) આલ્ડિહાઇડ (C) કિટોન (D) આલ્કોહોલ

(2) કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ કયો ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવે છે ?

(A) >C = O (B) –COOH (C) -CHO (D) –OH

(3) 'ઑલ' પ્રત્યય કયા સમૂહ સાથે નામકરણમાં જોડવામાં આવે છે ?

(A) –CHO (B) >C = O (C) –OH (D) –X

(4) મિથાઇલ ઇથેનોએટમાં નીચેનામાંથી કયો ક્રિયાશીલ સમૂહ રહેલો છે ?

(A) આલ્કોહોલ (B) હેલાઇડ (C) કિટોન (D) એસ્ટર

(5) મૉલાસીસની આથવણ ક્રિયાથી નીચેનામાંથી કયું સંયોજન મેળવી શકાય છે ?

(A) ક્લોરોમિથેન (B) ઇથેનોલ (C) ઍસિટોન (D) આપેલા બધા જ

(6) 5 % પાણી ધરાવતા, ઈથેનોલના દ્રાવણને શું કહેવામાં આવે છે ?

(A) બીયર (B) વાર્નિશ (C) રેક્ટિફાઇડ સ્પિરિટ (D) અત્તર

(7) ફૉર્મેલિનનું આણ્વિય સૂત્ર કયું છે ?

(A) HCOOH (B) $HCOOCH_3$ (C) HCHO (D) $HCOOC_2H_5$

(8) મિથેનાલનું રિડક્શન કરતાં કયો પદાર્થ મળે છે ?

(A) ઇથેનોલ (B) CO_2 અને O_2 (C) મિથેનોલ (D) આપેલ બધા જ

(9) ફિશર-ટ્રૉપ્સ પદ્ધતિથી શું બનાવવામાં આવે છે ?

(A) ઍસિટિક ઍસિડ (B) ઍસિટાલ્ડિહાઇડ (C) ઍસિટોન (D) ઇથેનોલ

(10) પ્રોપેનોનનો ઉપયોગ નીચેનામાંથી કયો છે ?

(A) નેઇલ પૉલિશ દૂર કરવા (B) ઍન્ટીસેપ્ટિક (ચેપનાશક તરીકે)

(C) ઍન્ટીબાયોટિક્સ (D) પ્રિઝર્વેટીવ તરીકે

(11) આલ્કોહોલ અને કાર્બોક્સિલિક ઍસિડની સાંદ્ર H_2SO_4ની હાજરીમાં થતી પ્રક્રિયા નીચેનામાંથી કઈ છે ?

(A) જળવિભાજન (B) બીટા વિલોપન (C) સાબુનીકરણ (D) એસ્ટરીકરણ

(12) નીચેના પૈકી કયા ક્રિયાશીલ સમૂહનું સંયોજન ઓછામાં ઓછા 3 કાર્બન પરમાણુ ધરાવતું હશે ?

(A) –COOH (B) –CHO (C) >C = O (D) –C–O–

(13) પૉલિથીન પૉલિમરમાં નીચેનામાંથી કયો મૉનોમર છે ?

(A) $CH_3 - CH_3$ (B) $CH_3 - CH = CH - CH_3$

(C) $CH_2 = CH_2$ (D) $CH \equiv CH$

(14) ઍસિટિક ઍસિડનો ઉપયોગ નીચેનામાંથી કયો છે ?

(A) વિનેગાર બનાવવા (B) સફેદ લેડ (સફેદો) બનાવવા

(C) પ્રક્રિયક તરીકે (D) આપેલ બધા જ

(15) કન્વેયર બેલ્ટમાં નીચેનામાંથી શેનો ઉપયોગ થાય છે ?

(A) પૉલિથીન (C) PVC (C) ટેફ્લોન (D) નિયોપ્રીન

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર લખો :

(1) ઑક્સિજનયુક્ત ક્રિયાશીલ સમૂહ કયા છે તે દર્શાવો.

(2) આથવણ પ્રક્રિયા અને તેની અગત્ય સમજાવો.

(3) મિથેનાલની બનાવટ સમીકરણ સાથે લખો.

(4) મિથેનાલના ગુણધર્મો લખો.

(5) ફિશર-ટ્રૉપ્સ પદ્ધતિ સમીકરણ સાથે લખો.

(6) ઈથેનોઇક ઍસિડની બનાવવાની પધ્ધતિઓ લખો.

(7) ક્રિયાશીલ સમૂહની વ્યાખ્યા લખી બે ક્રિયાશીલ સમૂહના ઉદાહરણ આપો.

(8) હોમોપોલિમર અને કોપૉલિમર પદાર્થો સમજાવો.

(9) યોગશીલ અને સંઘનન પૉલિમર પદાર્થો સમજાવો.

(10) ઈથિન અને વિનાઇલ ક્લોરાઇડ પૉલિમરના બંધારણ અને ઉપયોગો લખો.

(11) પૉલિમર પદાર્થોના ઉપયોગ લખો.

(12) ટેફ્લોન અને પૉલીઆઇસોપ્રિન પૉલિમરના બંધારણ અને ઉપયોગ લખો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર લખો :

(1) ઈથેનોલનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન લખો.

(2) ઈથેનોલના ગુણધર્મો લખો.

(3) રબર એટલે શું ? સમજાવો.

(4) ઈથેનોલના ઉપયોગ લખો.

(5) આલ્ડિહાઇડ અને કિટોનના ઉદાહરણ આપો.

(6) મિથેનાલનું ઑક્સિડેશન, રિડક્શન અને હાઇડ્રોજન સાયનાઇડ સાથેની યોગશીલ પ્રક્રિયા લખો.

(7) ઍસિટોનના ઉપયોગ લખો.

(8) ઈથેનોઇક ઍસિડના ઉપયોગ લખો.

(9) સાબુ એટલે શું અને તેની બનાવટ લખો.

(10) ઍસ્ટરીકરણ પ્રક્રિયા કોને કહેવાય ? ઉદાહરણ આપી સમજાવો.

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર લખો :

(1) આલ્કેન અને તેના અનુવર્તી આલ્કોહોલના પ્રથમ ચાર સભ્યો માટે આણ્વિય સૂત્ર અને નામ લખો.

(2) ઈથેનોલના ચાર રાસાયણિક ગુણધર્મો લખો.

(3) 'આલ્કોહોલ પીણાં તરીકે નુકસાનકારક છે.' આ વિધાન સવિસ્તર સમજાવો.

(4) મિથેનાલ(ફૉર્માલ્ડિહાઇડ)ના ઉપયોગ લખો.

(5) પ્રોપેનોનના ગુણધર્મો લખો.

(6) ઈથેનોઇક ઍસિડના ગુણધર્મો લખો.

(7) પૉલિમર એટલે શું ? સવિસ્તર સમજાવો.

(8) પ્રક્ષાલકો વિશે ટૂંક નોંધ લખો.

5. નીચેના પ્રશ્નોના મુદ્દાસર ઉત્તર લખો :

(1) પૉલિમરનું વર્ગીકરણ સવિસ્તર લખો.

(2) ટૂંક નોંધ લખો : પૉલિઍસ્ટર અને પૉલિઍમાઇડ

(3) વલ્કેનાઇઝ્ડ રબર અને તેના ઉપયોગ વિશે લખો.

એકમ

12

પોષણ અને શ્વસન

(Nutrition and Respiration)

દરેક સજીવ તેની વિવિધ પ્રકારની દેહધાર્મિક ક્રિયાઓ કરે છે. આ ક્રિયાઓ કરવા માટે સજીવને ઊર્જાની જરૂર રહે છે. સજીવો આ જરૂરી ઊર્જા પોષણ દ્વારા, વિવિધ પદ્ધતિઓથી મેળવે છે. સ્વાવલંબી સજીવો પ્રકાશસંશ્લેષણ જેવી ક્રિયા કરી સ્વયં પોષણ મેળવે છે. જ્યારે પરાવલંબી સજીવો આવો ખોરાક મેળવવા અન્ય પર આધાર રાખે છે. પ્રાણીઓમાં ખોરાક મેળવી તેનું શોષી શકાય તેવા ઘટકોમાં રૂપાંતર કરી, કોષો સુધી પહોંચાડવાની સમગ્ર ઘટનાને પોષણ કહે છે. પોષક દ્રવ્યમાંથી ઊર્જા પ્રાપ્ત કરવાની ક્રિયા કોષો દ્વારા થાય છે. આ ઘટનાને સામાન્ય રીતે કોષીય શ્વસન કહે છે. આ ક્રિયા દરમ્યાન શકિત મુક્ત થાય છે જેનો ઉપયોગ સજીવ, દેહધાર્મિક ક્રિયાઓ માટે કરે છે.

12.1 જીવંત પ્રક્રિયા શું છે ? (What are life processes ?)

બધા સજીવો જીવંત રહેવા માટે કેટલાક કાર્યો કરે છે. સજીવો દ્વારા તેમનું જીવન ટકાવવા માટે કરાતા મૂળભૂત કાર્યોને જૈવિક પ્રક્રિયાઓ કહે છે. પોષણ, વૃદ્ધિ, શ્વસન, પરિવહન, ઉત્સર્જન, નિયંત્રણ અને સહનિયમન, હલનચલન અને પ્રજનન જૈવિક પ્રક્રિયાઓ છે. પોષણનો અર્થ ખોરાક ગ્રહણ કરી તેને શરીર દ્વારા શોષી શકાય અને ઉપયોગ કરી શકાય એવા નાના એકમમાં ફેરવવું. શોષિત ખોરાકમાંથી શ્વસન દરમ્યાન શક્તિ મુક્ત થાય છે. શોષિત ખોરાકનું શરીરના વિવિધ ભાગોમાં પરિવહન થાય છે. શરીરના વિવિધ કોષો દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલા નકામા પદાર્થોનો નિકાલ શરીરની બહાર ઉત્સર્જનની પ્રક્રિયા દ્વારા થાય છે. સજીવોને તેમની ફરતે આવેલા પર્યાવરણનાં ફેરફાર સામે ટકી રહેવા માટે નિયંત્રણ અને સહનિયમન જરૂરી છે. વૃદ્ધિની પ્રક્રિયાથી સજીવોના કદમાં ફેરફાર થાય છે, એક સ્થળેથી બીજા સ્થળે વહન કરી શકે છે, તેમજ શરીરના નાનાથી મોટા ભાગો તરફ હલનચલન પ્રજનનની પ્રક્રિયામાં અસ્તિત્વ ધરાવતા સજીવોનું ગુણન થાય છે. જેથી તેઓ સૃષ્ટિ પર પોતાની જાતિનું અસ્તિત્વ ટકાવી શકે છે.

પોષકતત્ત્વો :

પોષકતત્ત્વોનો અર્થ એવા પદાર્થો કે જે સજીવની બે મૂળભૂત જરૂરિયાતો પૂરી પાડે. આ બે મૂળભૂત જરૂરિયાતો કાર્બનિક કાચો પદાર્થ અને ઊર્જા છે.

12.2 પોષણ (Nutrition)

પોષણ એટલે, શરીર દ્વારા કાર્ય કરવા માટેની શકિત તેમજ વૃદ્ધિ. શરીર માટે આવશ્યક એવા પદાર્થોને પોષક પદાર્થોના સ્વરૂપમાં ગ્રહણ કરતા પદાર્થો કે જે શરીરને પોષણ આપે તેને રોજિંદો આહાર કે ખોરાક કહેવાય છે. સજીવો દ્વારા ખોરાકનું

અંતઃગ્રહણ કરવામાં આવે છે; જેમાં કાર્બોદિત, પ્રોટીન, ચરબી, વિટામિન્સ, પાણી અને ક્ષારો હોય છે. સજીવોમાં ખોરાક મેળવવાની રીતો જુદી હોય છે. આથી વિવિધ સજીવોમાં જુદી જુદી પોષણ પદ્ધતિઓ જોવા મળે છે.

પોષણ પદ્ધતિ :

પોષણ પદ્ધતિ એટલે સજીવો દ્વારા ખોરાક મેળવવાની પદ્ધતિઓ. બધા સજીવો એક જ રીતે ખોરાક મેળવતા નથી. તેથી સજીવોમાં ખોરાક મેળવવાની જુદી જુદી પદ્ધતિઓ નીચે મુજબ છે :

(A) સ્વાવલંબી પોષણ (Autrotrophic nutrition)

(B) પરાવલંબી પોષણ (Heterotrophic nutrition)

(A) સ્વાવલંબી પોષણ (Autrotrophic nutrition) : ઑટો શબ્દનો અર્થ 'પોતે' થાય અને 'ટ્રોફે' શબ્દનો અર્થ પોષણ થાય. સ્વાવલંબીનો અર્થ પોત 'સ્વપોષણ' થાય. આથી સ્વાવલંબી પોષણમાં સજીવો સૂર્યપ્રકાશની હાજરીમાં ક્લોરોફિલની મદદથી પાણી અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનો ઉપયોગ કરીને કાર્બોદિત જેવા પદાર્થોનું પોતાના ખોરાક તરીકે સંશ્લેષણ કરે છે. આ પ્રક્રિયાને પ્રકાશસંશ્લેષણ કહે છે. લીલી વનસ્પતિઓ, યુગ્લિના, વૉલ્વોક્સ અને બૅક્ટેરિયા સ્વાવલંબી સજીવો છે. કાર્બોદિતનો ઉપયોગ તેઓને શક્તિ પૂરી પાડવા કરાય છે. જે કાર્બોદિતનો ઉપયોગ ન થાય તે શરીરમાં સ્ટાર્ચ સ્વરૂપે સંગ્રહિત થાય છે. આપણે ખોરાકમાંથી આપણા શરીરમાં શક્તિ (ઊર્જા) પ્રાપ્ત કરીએ છીએ, જે આપણા શરીરમાં 'ગ્લાયકોજન' સ્વરૂપે સંગ્રહિત હોય છે.

નીચે દર્શાવેલ ઘટનાઓ પ્રકાશસંશ્લેષણ દરમિયાન થાય છે :

(1) ક્લોરોફિલ દ્વારા પ્રકાશશક્તિનું શોષણ

(2) પ્રકાશશક્તિનું રાસાયણિકશક્તિમાં રૂપાંતર

(3) કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું રિડક્શન થઈ કાર્બોદિત પદાર્થ બને છે.

ચાલો આપણે જોઈએ કે ઉપર જણાવેલ પ્રકાશસંશ્લેષણ પ્રક્રિયા માટે સૂર્યપ્રકાશ, ક્લોરોફિલ અને CO_2 કેટલા અગત્યના છે. જ્યારે તમે માઇક્રોસ્કોપની અંદર પર્ણના આડા છેદનું નિરીક્ષણ કરો છો ત્યારે તમને કેટલાક કોષોમાં લીલી અંગિકાઓ જોવા મળશે. જેને ક્લોરોપ્લાસ્ટ (હરિતકણો) કહે છે, જે ક્લોરોફિલ (હરિતદ્રવ્ય) ધરાવે છે. હવે આપણે એવી પ્રવૃત્તિ કરીએ જે પ્રકાશસંશ્લેષણમાં ક્લોરોફિલની અગત્યતાનું નિદર્શન કરે.

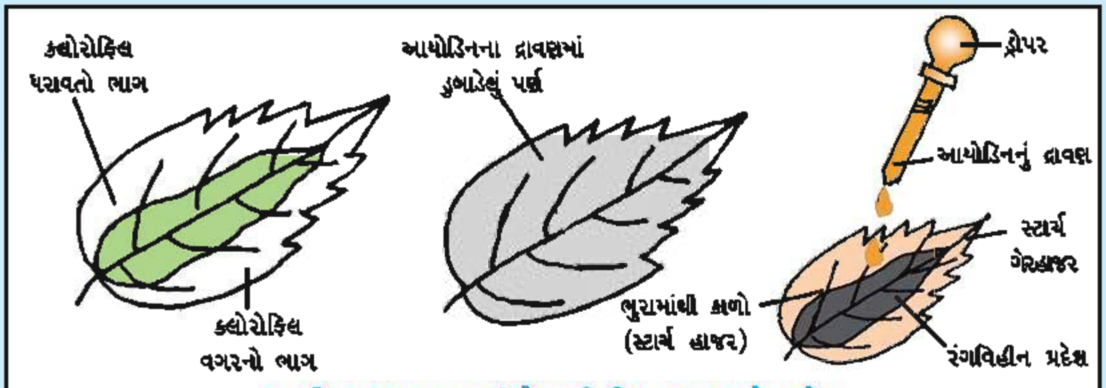
પ્રવૃત્તિ 1

- ક્રોટોનનો છોડ ધરાવતુ એક કૂંડું લો. આ છોડમાં પર્ણનો અમુક ભાગ લીલો અને અમુક ભાગ સફેદ હોય છે.
- લીલો ભાગ ધરાવતા પર્ણમાં ક્લોરોફિલ આવેલ છે જ્યારે સફેદ ભાગ ધરાવતા પર્ણમાં ક્લોરોફિલ હોતું નથી.
- આ છોડને લગભગ ત્રણ દિવસ માટે અંધારી જગ્યાએ માટે મૂકો કે જેથી તેના પાંદડામાંથી સ્ટાર્ચ દૂર થાય.
- આ છોડને લગભગ 6 કલાક સૂર્યપ્રકાશમાં રાખો.
- આ છોડમાં અડધો લીલો અને અડધો સફેદ ભાગ ધરાવતા પર્ણને તોડો. આ પર્ણને આલ્કોહોલમાં ઉકાળી

આકૃતિ 12.1 : લીલા-સફેદ ભાગો ધરાવતાં પર્ણો

લીલા રંગનો ક્લોરોફિલ દૂર કરો. આમ પર્ણનો લીલો ભાગ રંગવિહીન બનશે.

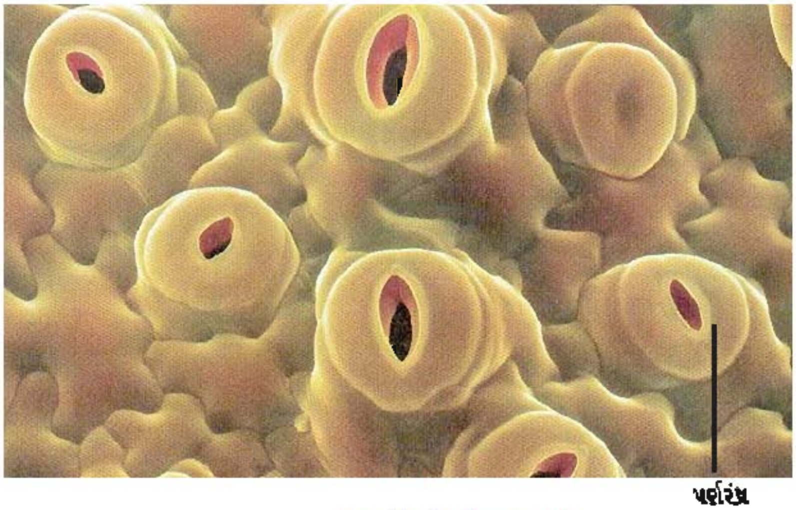
- પર્ણને આયોડિનના મંદ દ્રાવણમાં થોડી મિનિટો માટે મૂકો.
- પર્ણના રંગના ફેરફારનું નિરીક્ષણ કરો.
- પર્ણનાં અંદરનો વાસ્તવિક લીલો ભાગ આયોડિનના મંદ દ્રાવણમાં ડુબાડતા ભૂરા રંગમાં ફેરવાય છે. જે સ્ટાર્ચની હાજરી દર્શાવે છે. જ્યારે પર્ણનો બહારનો વાસ્તવિક સફેદ (ક્લોરોફિલ વગરનો) ભાગ કે જે આયોડિનના મંદ દ્રાવણમાં ડુબાડતા ભૂરા રંગમાં ફેરવાતો નથી. જે સ્ટાર્ચની ગેરહાજરી દર્શાવે છે.
- આ નિરીક્ષણ પરથી આપણે અનુમાન કરી શકીએ કે પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે ક્લોરોફિલ જરૂરી છે.



આકૃતિ 12.2 : પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયા સમજાવતો પ્રયોગ

હવે આપણે વનસ્પતિ કાર્બન ડાયોક્સાઇડ કેવી રીતે મેળવે છે તે જોઈએ. વનસ્પતિ પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે કાર્બન ડાયોક્સાઇડ વાતાવરણમાંથી મેળવે છે, કાર્બન ડાયોક્સાઇડ વાયુ વનસ્પતિના પર્ણોના વાયુરંધ્ર દ્વારા દાખલ થાય છે, જે પર્ણની સપાટી પર આવેલા છે. વાયુરંધ્રો વનસ્પતિના લીલા પ્રકાંડમાં પણ હાજર હોય છે.

દરેક વાયુરંધ્રમાં રક્ષકકોષોથી ઘેરાયેલ નાના છિદ્રો ધરાવતી રચના છે. વાયુરંધ્રો ખૂલવા અને બંધ થવાની પ્રક્રિયાનું નિયંત્રણ રક્ષકકોષોની મદદથી થાય છે. જ્યારે પાણી રક્ષકકોષોમાં પ્રવેશે ત્યારે રક્ષકકોષો ફૂલે છે અને તે વાયુરંધ્ર ખોલવા માટે કારણભૂત બને છે. પણ જ્યારે રક્ષકકોષમાંથી પાણી નીકળી જાય ત્યારે તે સંકોચાઈ જાય છે, જે વાયુરંધ્ર બંધ થવા કારણભૂત બને છે. જલીય વનસ્પતિ પાણીમાં દ્રાવ્ય કાર્બન ડાયોક્સાઇડનો ઉપયોગ પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે કરે છે.

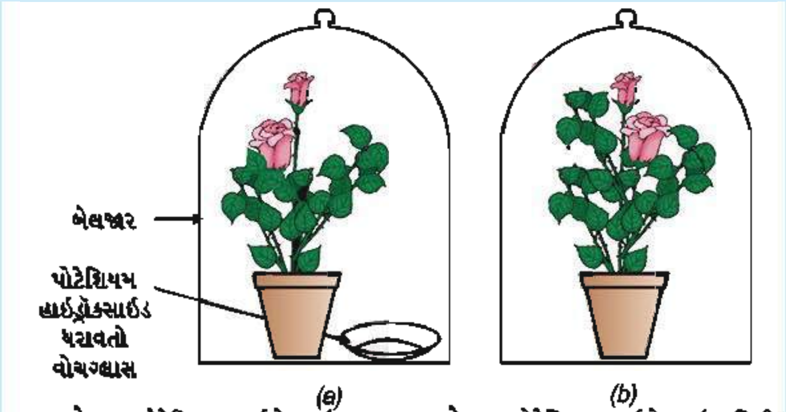


આકૃતિ 12.3 : વાયુરંધ્ર

પ્રવૃત્તિ 2

ચાલો, આપણે એવી પ્રવૃત્તિ કરીએ કે જે પ્રકાશસંશ્લેષણમાં કાર્બન ડાયોક્સાઇડની જરૂરિયાત દર્શાવતી હોય.

- બે કૂંડામાં લગભગ સમાન કદના છોડ લો.
- તેમને સંપૂર્ણ અંધારી જગ્યાએ ત્રણ દિવસ માટે મૂકો. જેથી પાંદડામાં રહેલો સ્ટાર્ચ દૂર થાય.
- દરેક છોડ ઉગાડેલ કૂંડું કાચની જુદી પ્લેટ ઉપર મૂકો.
- કોઈ એક છોડની બાજુમાં પોટેશિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ ધરાવતો વૉચ ગ્લાસ મૂકો. પોટેશિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડનું કાર્બન ડાયોક્સાઇડનું શોષણ કરવાનું છે.
- બંને છોડોને જુદા બેલજારથી ઢાંકી દો.
- વૅસેલીનના ઉપયોગથી બેલજારનું તળિયું કાચની પ્લેટ સાથે શીલ કરો, જેથી હવાચુસ્ત થાય.
- બંને છોડોને બે કલાકથી વધુ સમય માટે સૂર્યપ્રકાશમાં મૂકો.



આકૃતિ 12.4 : પ્રકાશસંશ્લેષણમાં કાર્બનડાયોક્સાઇડની આવશ્યકતા

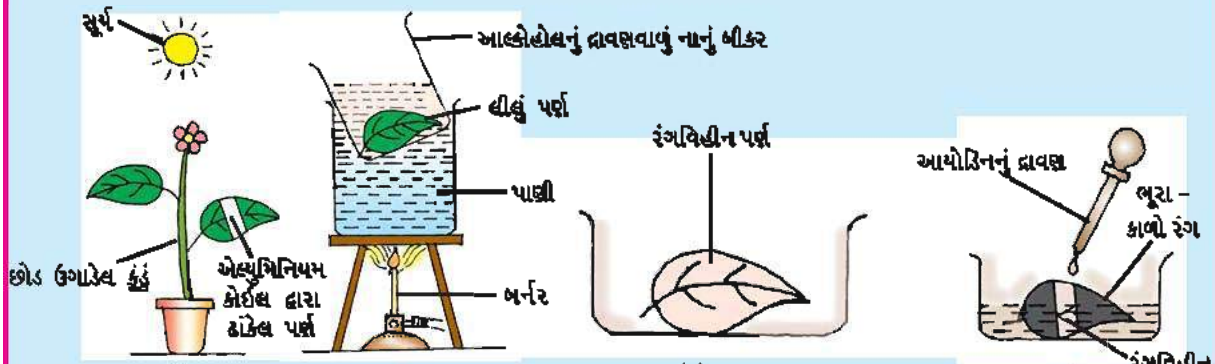
- બંને છોડ ઉપરથી પર્ણ તોડો અને પર્ણમાં સ્ટાર્ચની હાજરી પ્રવૃત્તિ 1 મુજબ ચકાસો. તે કાર્બન ડાયોક્સાઇડ પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે જરૂરી છે તે દર્શાવશે.

પ્રવૃત્તિ 3

પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે સૂર્યપ્રકાશ જરૂરી છે.

- લીલા પાંદડાઓ ધરાવતો કૂંડામાં વાવેલ છોડ લો અને આ છોડને ત્રણ દિવસ અંધારામાં રાખો જેથી પર્ણમાંથી સ્ટાર્ચ દૂર થાય.
- ઍલ્યુમિનિયમનો પાતળો વરખ લો. આ વરખને પર્ણના મધ્યભાગમાં બંને બાજુએ એવી રીતે વીંટાળો જેથી પર્ણનો બાકી રહી ગયેલો ભાગ ખુલ્લો રહે. હવે, આ છોડને સૂર્યપ્રકાશમાં મૂકો. પર્ણનો વીંટળાયેલો ભાગ સૂર્યપ્રકાશ મેળવશે નહિ.
- આ વાવેલા છોડને ત્રણ દિવસ માટે તીવ્ર પ્રકાશમાં મૂકો.
- હવે અર્ધ ઢાંકેલા પર્ણને તોડો અને ઍલ્યુમિનિયમનો વરખ દૂર કરો.
- આ પર્ણમાં સ્ટાર્ચની હાજરીનું પરીક્ષણ કરો.
- સ્ટાર્ચની કસોટી કરતા પહેલા પર્ણમાંથી ક્લોરોફિલ દૂર કરો.
- આ તોડેલા પર્ણને આલ્કોહોલ ધરાવતા બીકરમાં મૂકો.
- આલ્કોહોલ ધરાવતું બીકર કે જેમાં પર્ણ છે તેને વૉટરબાથમાં મૂકો.
- વૉટરબાથને ગરમ કરો, તેથી બીકરમાં રહેલો આલ્કોહોલ પણ ઉકળવા માંડશે. ઉકળી રહેલો આલ્કોહોલ લીલા પર્ણમાંથી ક્લોરોફિલ સંપૂર્ણ દૂર કરશે.

- પર્ણ લગભગ રંગવિહીન બનશે. રંગવિહીન પર્ણને આલ્કોહોલમાંથી બહાર કાઢો.
- આ રંગવિહીન પર્ણને પેટ્રીડિશમાં મૂકો. રંગવિહીન પર્ણ ઉપર ડ્રૉપરની મદદથી આયોડિનના દ્રાવણનું ટીપું મૂકો.
- પર્ણના રંગમાં થયેલા ફેરફારનું નિરીક્ષણ કરો.
- પર્ણના જે ભાગ પર ઍલ્યુમિનિયમનો વરખ હતો તે ભાગ ભૂરો કે કાળો થતો નથી, કારણ કે આ ભાગમાં સૂર્યપ્રકાશ પહોંચતો ન હતો. આથી આ ભાગ પ્રકાશસંશ્લેષણ ન થવાથી સ્ટાર્ચ બનશે નહિ.
- પર્ણનો ખૂલ્લો ભાગ જેમાં સૂર્યપ્રકાશ પડતો હતો તે આયોડિનનું દ્રાવણ ઉમેરતા ભૂરો-કાળો બને છે.
- પર્ણના આ ભાગમાં સ્ટાર્ચની હાજરી જોવા મળે છે. આનો અર્થ એ થયો કે પર્ણના ખૂલ્લા ભાગમાં સૂર્યપ્રકાશની હાજરીમાં પ્રકાશસંશ્લેષણની પ્રક્રિયા દરમિયાન સ્ટાર્ચ બને છે. આથી આપણે નિર્ણય લઈ શકીએ કે સૂર્યપ્રકાશ, સ્ટાર્ચ બનાવવાની પ્રકાશસંશ્લેષણની પ્રક્રિયા માટે જરૂરી છે.



આકૃતિ 12.5 : પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે પ્રકાશ જરૂરી છે.

હવે આપણે સમજી ગયા કે સ્વાવલંબીઓ તેની શક્તિની જરૂરિયાત કેવી રીતે પૂરી કરે છે. આપણે ધ્યાનમાં રાખવું જોઈએ કે વનસ્પતિને તેઓના શરીરના બંધારણ માટે નાઈટ્રોજન, ફૉસ્ફરસ, આયર્ન, મૅગ્નેનીઝ જેવા અન્ય પદાર્થો જરૂરી છે, જે જમીનમાંથી મેળવે છે. પ્રોટીનના સંશ્લેષણ માટે નાઈટ્રોજન અને બીજા સંયોજનો જરૂરી છે.

પરાવલંબી પોષણ પદ્ધતિ :

બધા સજીવો તેમના પર્યાવરણમાં અનુકૂલિત થયેલા હોય છે. પરાવલંબી પોષણ પદ્ધતિ સજીવોની ખોરાકની પ્રાપ્તિ અને તેઓ ખોરાક કેવી રીતે મેળવે છે તેના આધારે જુદી પડે છે.

પરાવલંબી પોષણમાં સજીવો પોતાના ખોરાકનું કાર્બન ડાયોક્સાઇડ, સૂર્યપ્રકાશ અને પાણીના ઉપયોગથી સંશ્લેષણ કરી શકતા નથી. સજીવો વનસ્પતિ અને પ્રાણીમાંના કાર્બનિક પદાર્થોના પાચન દ્વારા પરાવલંબી પોષણ મેળવે છે. આ પ્રકારના પોષણમાં ખોરાક લીધા પછી તેનું પાચન સરળ સ્વરૂપમાં થાય છે અને સજીવ તેનો ઉપયોગ કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે બધા પ્રાણીઓ, બૅક્ટેરિયા અને ફૂગ.

આકૃતિ 12.6 : ફૂગ

પરાવલંબી પોષણ નીચે દર્શાવેલ પ્રકારના હોય છે :

(1) મૃતોપજીવી પોષણ : મૃત અને સડી ગયેલા સેન્દ્રિય પદાર્થોનું શોષણ સજીવો તેની શરીરદીવાલ દ્વારા કરે છે. સજીવો સંપૂર્ણપણે નિર્જીવ પદાર્થો પર આધારિત હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે બૅક્ટેરિયા અને ફૂગ.

(2) પરોપજીવી પોષણ : પોષણ માટે એક સજીવ બીજા સજીવ પર આધાર રાખતા હોય તો તેવા પ્રકારના પોષણને પરોપજીવી પોષણ કહે છે. સજીવ જેમાંથી ખોરાક મેળવે છે તેને 'યજમાન' કહે છે. પરોપજીવી યજમાન સાથે ગાઢ સંબંધ ધરાવે છે અને તેમાંથી ખોરાક મેળવે છે. યજમાનને કોઈ ફાયદો નથી નુકસાન થાય છે. બૅક્ટેરિયા, ફૂગ, અમરવેલ જેવી વનસ્પતિ અને પટ્ટીકૃમિ, કરમિયા વગેરે પ્રાણીઓ પરોપજીવી તરીકે જીવે છે.

(3) પ્રાણીસમ પોષણ : આ પ્રકારના પોષણમાં વનસ્પતિ અથવા પ્રાણીઓના ભાગો અથવા આખા સજીવને ખોરાક તરીકે લેવામાં આવે છે અને પછી ઉત્સેચકોની મદદથી તેનું પાચન થઈ સરળ પદાર્થોમાં ફેરવાય છે. પ્રાણીના શરીરના કોષો દ્વારા તેનું શોષણ થાય છે. અપાચિત ખોરાક પ્રાણીશરીરની બહાર મળોત્સર્જન દ્વારા ફેંકાય છે.

12.3 સજીવો તેમનું પોષણ કેવી રીતે મેળવે છે ?
(How do organisms obtain their nutrition ?)

પ્રાણીઓમાં ખોરાક અને તેને મેળવવાનો માર્ગ જુદા છે. પ્રાણીઓ પોતાનો ખોરાક બનાવી શકતા નથી. આથી તે ખોરાક વનસ્પતિ કે પ્રાણીમાંથી મેળવે છે. બધા પ્રાણીઓને તેમની ખોરાક મેળવવાની આદતના આધારે ત્રણ જૂથમાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે.

(1) તૃણાહારી : જે પ્રાણીઓ ફક્ત વનસ્પતિ ખાય છે તેમને તૃણાહારી કહે છે. દા.ત., બકરી, ગાય.

(2) માંસાહારી : જે પ્રાણીઓ ફક્ત પ્રાણીઓને જ ખાય છે તેમને માંસાહારી કહે છે. દા.ત. સિંહ, વાઘ.

(3) મિશ્રાહારી : જે પ્રાણીઓ વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ એમ બંને ખાય છે તે મિશ્રાહારી છે. દા.ત., માનવ, ઉંદર.

અમીબામાં પોષણ :

અમીબા એકકોષીય પ્રાણી છે. આવા એકકોષીય સજીવો કઈ રીતે પોષણ મેળવે છે ? અમીબામાં પ્રાણીસમ પોષણ પદ્ધતિ જોવા મળે છે. અમીબામાં ખોરાક મેળવવાની પદ્ધતિને કોષીય ઘનભક્ષણ કહે છે. પોષણમાં ખોરાક ગ્રહણ, પાચન, શોષણ, પરિપાચન અને મળોત્સર્જન જેવી વિવિધ પ્રક્રિયાઓ સમાવિષ્ટ થઈ છે. અમીબા ખોરાકના કણો ગ્રહણ કરવા માટે આંગળી જેવા ખોટાપગો હંગામી ધોરણે તેમની ફરતે નિર્માણ કરી શકે છે. તેથી ખોરાક લાયસોઝોમ સાથે કોથળીમાં દાખલ થાય છે, જેને અન્નધાની કહે છે.

પાચન : અમીબામાં ખોરાકનું પાચન અન્નધાનીમાં આવેલ લાયસોઝોમમાં રહેલા પાચક ઉત્સેચકો દ્વારા થાય છે.

શોષણ : અન્નધાનીમાંનો પાચિત ખોરાક પ્રસરણ દ્વારા સીધેસીધો કોષરસમાં શોષાય છે.

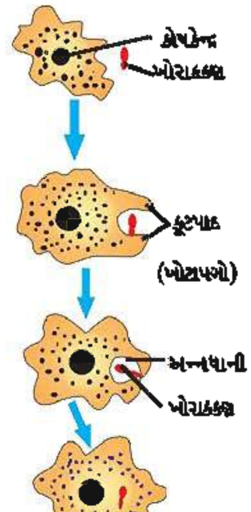
પરિપાચન :

પાચિત ખોરાકનો થોડો ભાગ શ્વસન દ્વારા શક્તિ મેળવવામાં વપરાય છે, જ્યારે બાકી રહેલો ભાગ અમીબામાં વૃદ્ધિ માટે વપરાય છે.

મળોત્સર્જન :

અન્નધાનીમાં રહેલ અપાચિત ખોરાક શરીરમાંથી કોષરસસ્તર તૂટવાની ક્રિયા દ્વારા બહાર ફેંકાય છે.

એકકોષીય પૅરામિશીયમમાં પાતળા વાળ જેવા પક્ષ્મો આખા શરીર પર જોવા મળે છે. પક્ષ્મના પ્રસારવાથી પાણીમાં રહેલ ખોરાકના કણો પૅરામિશીયમના મુખમાં દાખલ થાય છે. આ પ્રક્રિયા ખોરાક અંતઃગ્રહણ તરીકે ઓળખાય છે. ખોરાક અંતઃગ્રહણ પછી બધા તબક્કાઓ અમીબાની જેમ હોય છે.



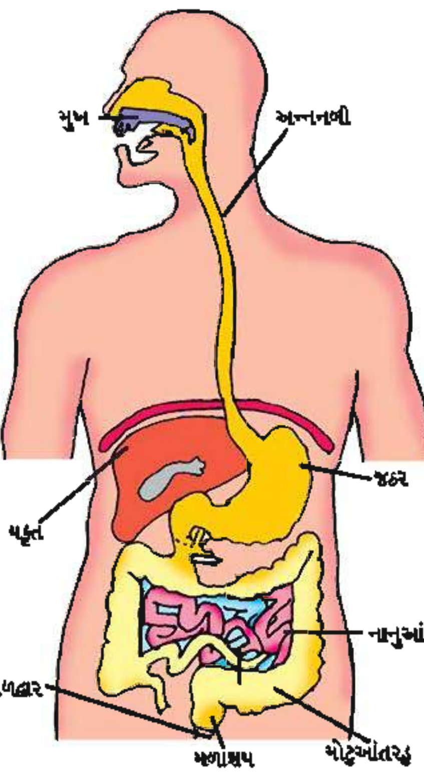
આકૃતિ 12.7 : અમીબામાં પોષણ

12.4 મનુષ્યનું પાચનતંત્ર (Human Digestive System)

મનુષ્યનું પાચનતંત્ર પાચનનળી અને તેની સહાયક ગ્રંથિઓનું બનેલું છે. મુખ, અન્નનળી, જઠર, નાનું આંતરડું, મોટું આંતરડું અને સહાયક ગ્રંથિઓ જેવી કે લાળગ્રંથિ, યકૃત, અને સ્વાદુપિંડ મનુષ્યના પાચન અંગો છે. મુખ એ ખોરાક ગ્રહણ માટેનું વિશિષ્ટ અંગ છે. જ્યારે હાથની મદદથી ખોરાકને મુખમાં મૂકવામાં આવે છે.

ખોરાક મુખમાં મૂકાય કે તરત ખોરાકના પાચનની શરૂઆત થાય છે. મુખગુહા, દાંત, જીભ અને લાળગ્રંથિઓ ધરાવે છે. દાંત ખોરાકને નાના ટુકડાઓમાં કાપે, ચાવે અને દળે છે. આપણા મુખમાં લાળગ્રંથિ લાળરસનો સ્રાવ કરે છે. જીભ ખોરાકને લાળ સાથે ભેળવે છે. લાળ એ પાણી જેવું પ્રવાહી છે, જે મુખમાં ખોરાકને ભીનો કરે છે. ભીનો થયેલો ખોરાક સહેલાઈથી ગળી શકાય છે.

લાળગ્રંથિ એમાયલેઝ નામના ઉત્સેચકનો સ્રાવ કરે છે, જે ખોરાકમાં રહેલા સ્ટાર્ચનું પાચન કરી માલ્ટોઝમાં ફેરવે છે. આમ સ્ટાર્ચનું પાચન મુખમાંથી થાય છે. આમ ખોરાક મુખમાં ટૂંકા સમય માટે રહેતો હોવાથી મુખમાં ખોરાકનું પાચન અપૂર્ણ રહે છે. હવે અર્ધપાચિત ખોરાક મુખમાંથી અન્નનળીમાં જાય છે. અન્નનળીમાંથી ખોરાકનું જઠરમાં વહન થાય છે. જઠર ઉદર પ્રદેશની ડાબી બાજુએ આવેલ છે. જઠરમાં ખોરાક ત્રણ કલાક સુધી વલોવાય છે. ખોરાકના નાના ટુકડા થઈ અર્ધઘન પ્રવાહીમાં ફેરવાય છે. જઠરની દીવાલ ત્રણ નલિકામય ગ્રંથિઓ ધરાવે છે, જે જઠરરસનો સ્રાવ કરે છે. જઠરરસ મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ, પેપ્સીનોજન ઉત્સેચક અને શ્લેષ્મ ધરાવે છે. શ્લેષ્મ, જઠરની દીવાલને પોતાના સ્રાવો, હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ અને પેપ્સીનથી રક્ષણ આપે છે. હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ જઠરમાં ઍસિડિક માધ્યમ પૂરું પાડે છે. તે ખોરાક સાથે જઠરમાં દાખલ થયેલા બૅક્ટેરિયાનો પણ નાશ કરે છે. ઍસિડિક માધ્યમમાં ઉત્સેચક પેપ્સીન ખોરાકમાં રહેલા પ્રોટીનનું અપૂર્ણ પાચન કરી નાના અણુઓમાં રૂપાંતર કરે છે. આમ પ્રોટીનના પાચનની શરૂઆત જઠરથી થાય છે. અર્ધપાચિત ખોરાક હવે જઠરમાંથી નાના આંતરડામાં આવે છે. જઠરમાંથી આગળ વહન પામતા ખોરાકનું નિયંત્રણ મુદ્રિકા સ્નાયુ કરે છે. નાનું આંતરડું પાચનનળીનો સૌથી મોટો ભાગ છે. પુખ્ત મનુષ્યમાં તે લગભગ 6.5 મીટર લાંબું હોય છે. નાના આંતરડાની લંબાઈ જુદા જુદા પ્રાણીઓમાં જુદી જુદી હોય છે. તેનો આધાર તે ક્યા પ્રકારનો ખોરાક ખાય છે, તેના પર રહેલો છે. તૃણાહારી પ્રાણીઓ ઘાસ ખાય છે. તેથી તેમને લાંબા નાના આંતરડાની જરૂર હોય છે, જેથી ઘાસમાં રહેલા સૅલ્યુલોઝનું સંપૂર્ણ પાચન કરી શકાય. માંસનું પાચન ખૂબ જ સહેલાઈથી થાય છે તેથી માંસાહારી પ્રાણીઓમાં આંતરડું ટૂંકું હોય છે.



આકૃતિ 12.8 : મનુષ્યનું પાચનતંત્ર

મનુષ્યના નાના આંતરડામાં કાર્બોદિત, પ્રોટીન અને ચરબીનું સંપૂર્ણ પાચન થાય છે. નાનું આંતરડું યકૃત અને સ્વાદુપિંડનો સ્રાવ ગ્રહણ કરે છે. યકૃત પિત્તનો સ્રાવ કરે છે, જે લીલાશપડતા પીળા રંગનું પ્રવાહી છે. સામાન્ય રીતે તેનો સંગ્રહ પિત્તાશયમાં થાય છે. પિત્ત આલ્કલાઇન છે. તે ક્ષારો ધરાવે છે, જે જઠરમાંથી આવતા ઍસિડિક ખોરાકને આલ્કલાઇનમાં ફેરવે છે. આથી સ્વાદુપિંડના ઉત્સેચકો તેના પર ક્રિયા કરી શકે. પિત્તક્ષારો ખોરાકમાં રહેલી

ચરબીનું વિઘટન કરી તેને નાના ગોળકોમાં ફેરવે છે, જેથી ઉત્સેચકો ક્રિયા કરી પાચન સહેલાઈથી કરી શકે. સ્વાદુપિંડ સ્વાદુરસનો સ્રાવ કરે છે. જે એમાઇલેઝ, ટ્રિપ્સિન અને લાયપેઝ જેવા ઉત્સેચકો ધરાવે છે. ઉત્સેચક એમાઇલેઝ સ્ટાર્ચનું પાચન કરે છે. ટ્રિપ્સિન પ્રોટીનનું પાચન કરે છે અને લાયપેઝ ચરબીનું પાચન કરે છે.

નાના આંતરડાની દીવાલમાં રહેલી ગ્રંથિઓ આંત્રરસનો સ્રાવ કરે છે. આંત્રરસના વિવિધ ઉત્સેચકો કાર્બોહાઇડ્રેટ્સનું ગ્લુકોઝમાં, પ્રોટીનનું ઍમિનો ઍસિડમાં અને ચરબીનું ફૅટી ઍસિડ અને ગ્લિસરોલમાં સંપૂર્ણ પાચન કરે છે.

પાચન સંપૂર્ણ થયા બાદ પાચિત ખોરાકના શોષણ માટેનું મુખ્ય સ્થાન નાનું આંતરડું છે. નાના આંતરડાની દીવાલમાં લાખોની સંખ્યામાં નાના આંગળી જેવા પ્રવર્ધો જોવા મળે છે, જેને રસાંકુરો કહે છે. રસાંકુરોની હાજરી નાના આંતરડાની સપાટીમાં વધારો કરે છે. આની મદદથી પાચિત ખોરાકનું ઝડપથી શોષણ થાય છે. નાના આંતરડાની દીવાલ દ્વારા શોષિત પાચિત ખોરાક રુધિરમાં ભળે છે.

રુધિર પાચિત ખોરાકનું શરીરના બધા ભાગમાં વહન કરે છે, જ્યાં તે કોષના ભાગમાં ભળી જાય છે. આ ભળી ગયેલા ખોરાકનો ઉપયોગ બધા કોષો દ્વારા થાય છે. તેનો ઉપયોગ શક્તિ મેળવવામાં, વૃદ્ધિમાં અને સમારકામમાં થાય છે. અપાચિત ખોરાક નાના આંતરડામાંથી મોટા આંતરડામાં જાય છે, જ્યાં અપાચિત ખોરાકમાં રહેલા પાણીનું શોષણ થાય છે. હવે અપાચિત ખોરાક મહદ્અંશે ઘન સ્વરૂપમાં ફેરવાય છે, જેનો મળદ્વાર દ્વારા બહાર નિકાલ થાય છે. નકામા પદાર્થો મળ અથવા ઝાડા સ્વરૂપે બહાર ફેંકાય છે, જેનું નિયંત્રણ મળછિદ્રના મુદ્રિકા સ્નાયુ દ્વારા થાય છે.

12.5 શ્વસન (Respiration)

કોષોને વિવિધ કાર્યો કરવા ઊર્જાની જરૂરિયાત રહે છે. આ ઊર્જા ખોરાકનું ઑક્સિડેશન થવાથી મેળવાય છે. ખોરાકમાંથી શક્તિ મુક્ત થવાની પ્રક્રિયાને શ્વસન કહે છે. શ્વસનની પ્રક્રિયામાં ઑક્સિજનયુક્ત હવા કોષની અંદર લેવામાં આવે છે. શ્વાસ, જેના ઉપયોગ ખોરાકના દહન દ્વારા ઊર્જા મુક્ત કરવામાં થાય છે. પ્રક્રિયાને અંતે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણી શરીરમાંથી બહાર કાઢવામાં આવે છે. શ્વસન દરમિયાન ઊર્જા મુક્ત થવાની પ્રક્રિયા કોષની અંદર થાય છે, આથી તે કોષીય શ્વસન તરીકે ઓળખાય છે. આમ વિવિધ જૈવિક ક્રિયાઓ કરવા માટે શ્વસન જરૂરી છે.

શ્વસનના પ્રકારો :

શ્વસનના બે પ્રકાર છે : જારક શ્વસન અને અજારક શ્વસન.

જારક શ્વસન :

ઑક્સિજનની હાજરીમાં થતું હોવાથી તેને જારક શ્વસન કહે છે. જારક શ્વસન કોષમાં થાય છે, આથી તેને કોષીય શ્વસન કહે છે. આ દરમિયાન ખોરાક(ગ્લુકોઝ)નું ઑક્સિજનની હાજરીમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણીમાં વિઘટન થાય છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન મુક્ત થતી ઊર્જાનો સંગ્રહ ATPમાં થાય છે.

એકંદરે નીચેના સમીકરણ દ્વારા નિરૂપણ કરી શકાય :

$$\text{ગ્લુકોઝ} \xrightarrow[\text{કોષરસમાં}]{\text{ગ્લાયકોલાયસીસ}} 2\ \text{પાયરુવિક એસિડ} \xrightarrow[\text{કણાભસૂત્રમાં}]{\text{ઑક્સિજન - (ક્રેબ્સ ચક્ર)}} 6CO_2 + 6H_2O + 38\ \text{ATP ઉર્જા}$$

અજારક શ્વસન :

કોષરસમાં ઑક્સિજનની ગેરહાજરીમાં થતા શ્વસનને અજારક શ્વસન કહે છે. તે સૂક્ષ્મજીવાણુ જેવા કે બેક્ટેરિયા, યીસ્ટ, ફૂગ, અંતઃપરોપજીવી અને સ્નાયુકોષોમાં જોવા મળે છે. અજારક શ્વસનમાં સૂક્ષ્મજીવાણુ ગ્લુકોઝનું વિઘટન કરી ઈથેનોલ અને

કાર્બનડાયૉક્સાઇડ અને ઊર્જા મુક્ત થાય છે. વનસ્પતિમાં અંતિમ ઉત્પાદન તરીકે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને ઇથેનોલ બને છે, જ્યારે પ્રાણીઓના સ્નાયુઓમાં અંતિમ ઉત્પાદન તરીકે લેક્ટિક ઍસિડ બને છે. તેનું સમીકરણ નીચે મુજબ છે :

$$\text{ગ્લુકોઝ} \xrightarrow[\text{કોષરસમાં}]{\text{ગ્લાયકોલાયસીસ}} 2\ \text{પાયરુવિક ઍસિડ} \xrightarrow[\text{યીસ્ટ}]{\text{ઑક્સિજનની ગેરહાજરી}} 2\ \text{ઇથેનોલ} + 2CO_2 + 2ATP$$

$$\text{ગ્લુકોઝ} \xrightarrow[\text{કોષરસમાં}]{\text{ગ્લાયકોલાયસીસ}} 2\ \text{પાયરુવિક ઍસિડ} \xrightarrow[\text{પ્રાણીઓના સ્નાયુમાં}]{\text{ઑક્સિજનની ગેરહાજરી}} 2\ \text{લૅક્ટિક ઍસિડ} + 2ATP$$

જારક અને અજારક શ્વસન વચ્ચેનો તફાવત :

જારક શ્વસન	અજારક શ્વસન
(1) ઑક્સિજનની હાજરીમાં થાય છે.	(1) ઑક્સિજનની ગેરહાજરીમાં થાય છે.
(2) અંતિમ ઉત્પાદક કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણી છે.	(2) અંતિમ ઉત્પાદક ઇથેનોલ અથવા લૅક્ટિક ઍસિડ છે.
(3) તે કોષરસ અને કણાભસૂત્રમાં થાય છે.	(3) તે ફક્ત કોષરસમાં થાય છે.
(4) જારક શ્વસનમાં સારા એવા પ્રમાણમાં ઊર્જા ઉત્પન્ન થાય છે.	(4) અજારક શ્વસનમાં ખૂબ થોડી ઊર્જા ઉત્પન્ન થાય છે.

વનસ્પતિમાં શ્વસન :

વનસ્પતિને પણ પ્રાણીની જેમ ઊર્જાની જરૂર પડે. વનસ્પતિ પણ આ ઊર્જા શ્વસનની પ્રક્રિયા દ્વારા મેળવે છે. વનસ્પતિઓ પણ શ્વસનમાં હવામાંના ઑક્સિજનનો ઉપયોગ કરે છે અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ મુક્ત કરે છે. વનસ્પતિમાં શ્વસન પ્રાણી કરતા નીચે જણાવેલ રીતે જુદું પડે છે :

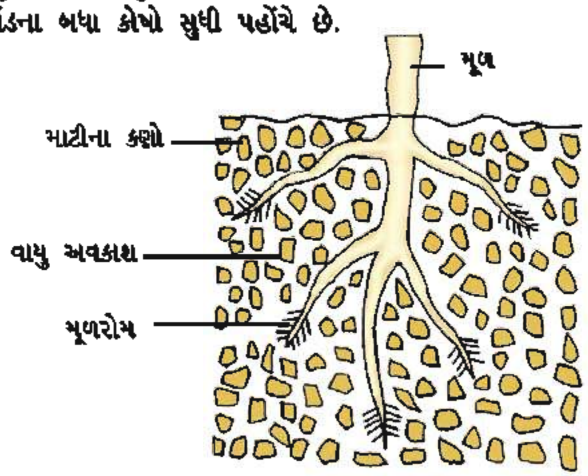
(1) વનસ્પતિના ભાગો (મૂળ, પ્રકાંડ અને પર્ણ) સ્વતંત્ર રીતે શ્વસન કરે છે.

(2) વાયુઓનું વહન વનસ્પતિના એક ભાગમાંથી બીજા ભાગમાં ઓછું થાય છે.

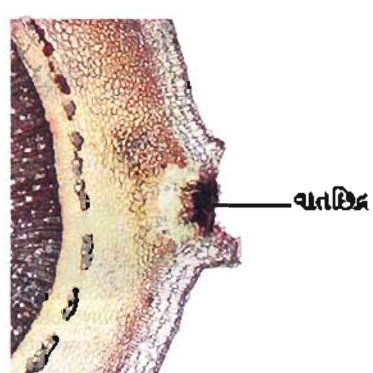
(3) પ્રાણીઓની સરખામણીમાં વનસ્પતિમાં શ્વસન ખૂબ જ ઓછા દરે થાય છે.

મૂળ અને પ્રકાંડમાં વાયુઓનું વિનિમય :

વનસ્પતિના મૂળ શ્વસન માટેનો ઑક્સિજન માટીના કણો વચ્ચે રહેલી હવામાંથી પ્રસરણ દ્વારા મેળવે છે. મૂળના અધિસ્તરીય કોષોનું વિસ્તરણ મૂળરોમ તરીકે ઓળખાય છે. આ મૂળરોમ માટીની હવાના સંપર્કમાં હોય છે. આથી ઑક્સિજન મૂળરોમમાં પ્રસરણ પામી અને શ્વસન માટે મૂળના બધા જ કોષોમાં પહોંચે છે. શ્વસન દરમિયાન ઉત્પત્તિ પામેલા કાર્બનડાયૉક્સાઇડ મૂળના કોષોમાંથી મૂળરોમ દ્વારા પ્રસરણ પામી બહાર નીકળે છે. છોડના પ્રકાંડમાં વાયુરંધ્ર હોય છે. તેથી વાયુરંધ્ર દ્વારા વાયુઓનો વિનિમય થાય છે. હવામાં રહેલો ઑક્સિજન પ્રકાંડમાં વાયુરંધ્ર દ્વારા પ્રસરણ પામી અને શ્વસન માટે પ્રકાંડના બધા કોષો સુધી પહોંચે છે.



આકૃતિ 12.9 : (a) મૂળ દ્વારા ઑક્સિજનનું શોષણ



આકૃતિ 12.9 : (b) વાતછિદ્રો

શ્વસન દરમિયાન ઉત્પન્ન થયેલ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ પ્રસરણ દ્વારા વાયુરંધ્ર મારફતે હવામાં પ્રસરણ પામે છે. મોટી વનસ્પતિમાં કઠણ અને કાષ્ઠમય પ્રકાંડમાં વાયુરંધ્ર હોતા નથી. કાષ્ઠમય પ્રકાંડની છાલમાં વાતછિદ્રો વાયુના વિનિમય માટે વાયુરંધ્ર આવેલા છે.

વનસ્પતિના પર્ણમાં નાના નાના છિદ્રો હોય છે, જેને પર્ણરંધ્ર કહે છે. પર્ણરંધ્ર દ્વારા પ્રસરણની પ્રક્રિયાથી શ્વસનવાયુઓનો વિનિમય થાય છે. દિવસ દરમિયાન જ્યારે પ્રકાશસંશ્લેષણ થતું હોય ત્યારે પર્ણ દ્વારા O_2 બહાર પ્રસરે છે અને CO_2 અંદર પ્રસરે છે. પરંતુ રાત્રિ દરમિયાન જ્યારે પ્રકાશસંશ્લેષણ થતું નથી ત્યારે O_2 અંદર પ્રસરે છે અને CO_2 બહાર પ્રસરે છે.

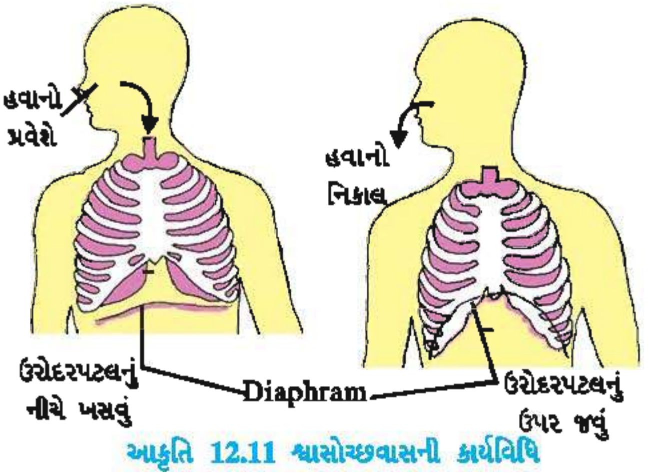
આકૃતિ 12.10 : વાયુરંધ્ર

પ્રાણીઓમાં શ્વસન :

વિવિધ પ્રાણીઓમાં વિભિન્ન પ્રકારની શ્વસન પદ્ધતિઓ હોય છે. એકકોષીય પ્રાણીમાં (દા.ત., અમીબા) શ્વસન, કોષીય, કલામાં વાયુઓના પ્રસરણથી થાય છે. અળસિયામાં શ્વસનાંગ ચામડી હોય છે. કીટકોમાં શ્વસનનલિકાઓ શ્વસનાંગ છે. માછલી, ઝીંગા, કરચલો અને સેપિયા જેવા જલીય પ્રાણીઓ શ્વસનાંગ તરીકે ઝાલરો ધરાવે છે. જે પાણીમાં દ્રાવ્ય ઑક્સિજન મેળવે છે. દેડકો, ગરોળી, પક્ષી અને મનુષ્યમાં શ્વસનાંગ તરીકે ફેફસાં હોય છે.

મનુષ્યમાં શ્વસન : મનુષ્યના શ્વસનતંત્રમાં બાહ્ય નાસિકાછિદ્ર, નાસિકાકોટર, કંઠનળી, સ્વરકંઠનળી, શ્વાસનળી, શ્વાસવાહિની, ફેફસાં અને ઉરોદરપટલનો સમાવેશ થાય છે. નાસિકાછિદ્ર એ નાસિકાકોટરમાં ખૂલે છે. શ્વસન માટેની હવા નાસિકાછિદ્ર દ્વારા ખેંચાઈને શરીરમાં દાખલ થાય છે. આ હવા પછી નાસિકાકોટરમાં પ્રવેશે છે. નાસિકાકોટરનું અસ્તર સૂક્ષ્મરોમ અને શ્લેષ્મ સ્રવિત ગ્રંથિનું બનેલું હોય છે. જેથી ધૂળના રજકણો અને સૂક્ષ્મજીવાણુઓ નાસિકાકોટરના શ્લેષ્મમાં પકડાઈ જાય છે. નાસિકાકોટર અંતઃનાસિકાછિદ્રમાં અંત પામે છે, જેના દ્વારા વાયુ કંઠનળીમાં પસાર થઈને કંઠનળીમાં ખૂલે છે. કંઠનળી શ્વાસનળીમાં શ્વાસદ્વાર તરીકે ઓળખાતી ફાટ જેવી રચના દ્વારા ખૂલે છે, જે કાસ્થિમય પટ્ટી જેવા ઘાટીઢાંકણથી રક્ષાયેલી હોય છે. જ્યારે ખોરાક ગળવાની ક્રિયા થાય છે ત્યારે શ્વાસદ્વાર ઘાટીઢાંકણથી બંધ થાય છે, જેથી ખોરાક શ્વાસનળીમાં જતો અટકે છે. શ્વાસનળીમાં હવા ન હોવા છતાં તે સંકોચાતી નથી, કારણ કે તે C આકારની કાસ્થિમય કડીથી આધાર પામેલ છે. શ્વાસનળીના અગ્ર છેડે સ્વરપેટી આવેલી છે, જે સ્વરયંત્ર તરીકે ઓળખાય છે. શ્વાસનળી ગરદનના ભાગમાં આગળ વધી અને બે શ્વાસવાહિનીમાં વિભાજિત થઈ ફેફસાંમાં ખૂલે છે. દરેક શ્વાસવાહિની ફેફસાંમાં વિભાજિત થઈ અનેક સૂક્ષ્મ શ્વાસવાહિકાઓ બનાવે છે. સૂક્ષ્મ શ્વાસવાહિકાઓ વાયુકોષ્ઠમાં અંત પામે છે. વાયુકોષ્ઠની દીવાલ પાતળી હોય છે, જેની ફરતે રુધિરકેશિકાઓ આવેલી છે. વાયુકોષ્ઠમાં વાયુ વિનિમય થાય છે.

શ્વાસોચ્છ્વાસની ક્રિયાવિધિ : જ્યારે ઉરોદરપટલ અને પાંસળીના સ્નાયુ સંકોચાય ત્યારે ઉરસના પોલાણમાં વધારો થાય છે. હવે છાતીના પોલાણમાં હવાનું દબાણ ઘટે છે અને બહારની (બહાર દબાણ વધારે હોવાથી) હવા ફેફસાંમાં ધસી જાય છે. તેથી વાયુકોષ્ઠ ઑક્સિજનયુક્ત હવાથી ભરાઈ જાય છે, અને વાયુવિનિમયની પ્રક્રિયા થાય છે. જ્યારે ઉરોદરપટલ વિકોચન પામે ત્યારે ઉરસીય પોલાણમાં ઘટાડો થાય છે. આમ, દબાણમાં વધારો થતાં કાર્બન ડાયોક્સાઇડયુક્ત હવા બાહ્ય નાસિકાછિદ્ર દ્વારા ફેફસાંમાંથી બહાર, વાતાવરણમાં નીકળે છે.



આકૃતિ 12.11 શ્વાસોચ્છ્વાસની કાર્યવિધિ

તમે શું શીખ્યા ?

- વિવિધ પ્રકારનું હલનચલન એ જીવનનું નિદર્શન છે.
- જીવનને ટકાવી રાખવા પોષણ અને શ્વસનની પ્રક્રિયા જરૂરી છે. સ્વાવલંબી પોષણ પદ્ધતિમાં સજીવો પોતાનો ખોરાક (સંશ્લેષણ) કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, પાણી અને સૂર્યપ્રકાશથી બનાવે છે. વનસ્પતિઓ સ્વાવલંબી છે.
- પ્રાણીઓ પરાવલંબી છે, જે ખોરાક માટે વનસ્પતિ અથવા બીજા પ્રાણીઓ પર આધાર રાખે છે.
- પરાવલંબી પોષણ પદ્ધતિના ત્રણ પ્રકાર છે : મૃતોપજીવી પોષણ પદ્ધતિ, પરોપજીવી પોષણ પદ્ધતિ અને પ્રાણીસમ પોષણ પદ્ધતિ.
- બધા જ પ્રાણીઓને તેમના ખોરાકના પ્રકારને આધારે ત્રણ જૂથમાં વિભાજિત કરી શકાય છે : તૃણાહારી, માંસાહારી અને મિશ્રાહારી.
- અમીબામાં જોવા મળતી પોષણ પદ્ધતિ પ્રાણીસમ છે. અમીબાની ખોરાક મેળવવાની પદ્ધતિને કોષીય ઘનભક્ષણ કહે છે.
- મનુષ્યમાંમાં પાચનની ક્રિયા દ્વારા ખોરાક વિઘટન પામે છે અને પાચિત ખોરાક નાના આંતરડા દ્વારા શોષણ પામી શરીરના વિવિધ કોષોમાં મોકલાવાય છે.
- શ્વસનનો મુખ્ય હેતુ ગ્લુકોઝ જેવા કાર્બનિક સંયોજનનું ઑક્સિડેશન કરી ઊર્જા મેળવવાનો છે.
- શ્વસન દરમિયાન મુક્ત થતી ઊર્જાનો સંગ્રહ શરીરના કોષોમાં ATPના અણુમાં થાય છે.
- શ્વસનના બે પ્રકાર છે : જારક શ્વસન અને અજારક શ્વસન.
- વનસ્પતિ ઑક્સિજન પ્રસરણ દ્વારા મેળવે છે. પ્રસરણ વનસ્પતિના મૂળ, પ્રકાંડ અને પર્ણમાં થાય છે.
- વિવિધ પ્રાણીઓમાં વિભિન્ન પ્રકારની શ્વસનક્રિયા હોય છે.
- એકકોષીય પ્રાણીમાં શ્વસન, કોષકલા દ્વારા થાય છે.
- કીટકમાં શ્વસન શ્વસનનલિકા દ્વારા થાય છે. ઝીંગા, કરચલા, સેપિયા અને માછલીમાં શ્વસનાંગ ઝાલર છે. દેડકા, ગરોળી, પક્ષી અને મનુષ્યમાં ફેફસાં દ્વારા શ્વસન થાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) નીચે આપેલા કયા પ્રકારમાં નાનું આંતરડું લાંબું છે ?

(A) માંસાહારી (B) મિશ્રાહારી (C) તૃણાહારી (D) સ્વાવલંબી

(2) અમીબામાં ખોરાક મેળવવાની પ્રક્રિયા ....થી ઓળખાય છે.

(A) ડાયાલિસીસ (B) સાયટોકાયનેસીસ (C) કોષીય ઘનભક્ષણ (D) એમીબાયોસીસ

(3) કયા સજીવમાં પરોપજીવી પોષણ પદ્ધતિ છે ?

(A) પેનીસીલિયમ (B) પ્લાઝ્મોડિયમ (C) પૅરામિશીયમ (D) યુગ્લિના

(4) નીચે જણાવેલ પૈકી એક સજીવમાં મૃતોપજીવી પોષણ પદ્ધતિ છે.

(A) મશરૂમ (B) મલેરિયાના જીવાણુ (C) જળો (D) જૂ

(5) પુખ્ત મનુષ્યમાં નાના આંતરડાની લંબાઈ લગભગ .... છે.

(A) 4.5 મીટર (B) 1.5 મીટર (C) 3.5 મીટર (D) 6.5 મીટર

(6) મનુષ્યમાં ખોરાકના પાચનની પ્રક્રિયાની શરૂઆત ક્યાંથી થાય છે ?

(A) જઠર (B) ખોરાકની નળી (C) મુખ (D) નાનું આંતરડું

(7) મનુષ્યમાં ખોરાકનું પાચન કયા અંગમાં સંપૂર્ણ થાય છે ?

(A) અન્નનળી (B) નાનું આંતરડું (C) જઠર (D) મોટું આંતરડું

(8) મનુષ્યના પાચનતંત્રમાં પિત્તનો સ્રાવ કોના દ્વારા થાય છે ?

(A) સ્વાદુપિંડ (B) યકૃત (C) મૂત્રપિંડ (D) જઠર

(9) સ્વાવલંબી પોષણપદ્ધતિમાં .... જરૂરિયાત હોય છે.

(A) કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણી (B) ક્લોરોફિલ

(C) સૂર્યપ્રકાશ (D) આપેલ બધા

(10) મનુષ્યના પાચનતંત્રમાં ઉત્સેચક પેપ્સીન અને ટ્રિપ્સિનનો સ્રાવ અનુક્રમે કોના દ્વારા છે ?

(A) સ્વાદુપિંડ અને યકૃત (B) જઠર અને લાળગ્રંથિ

(C) સ્વાદુપિંડ અને પિત્તાશય (D) જઠર અને સ્વાદુપિંડ

(11) નીચે પૈકી કયો એક સજીવ હવામાંના ઑક્સિજન વગર જીવી શકે છે ?

(A) અમીબા (B) અર્બાસધુ (યાક) (C) યીસ્ટ (D) જળો

(12) શ્વસન દરમિયાન વાયુ વિનિમય શેમાં થાય છે ?

(A) શ્વાસવાહિની (B) વાયુકોષ્ઠ (C) સૂક્ષ્મ શ્વાસવાહિકાઓ (D) શ્વાસનળી

(13) નીચે જણાવેલ કયા સજીવમાં વાયુવિનિમય શ્વસન કોષકલા / ચામડી દ્વારા થતું નથી ?

(A) રે-ફીશ (B) જળો (C) અળસિયું (D) અમીબા

2. નીચે પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) સ્વાવલંબી સજીવો દ્વારા ખોરાક બનાવવા કયા અકાર્બનિક પદાર્થનો ઉપયોગ થાય છે ?

(2) ફૂગમાં કયા પ્રકારનું પોષણ હોય છે ?

(3) મૃતોપજીવી, પરોપજીવી અને પ્રાણીસમ પ્રકારનું પોષણ ધરાવતા સજીવના એક-એક ઉદાહરણ આપો.

(4) જેના દ્વારા વનસ્પતિ ખોરાક બનાવે છે તે પ્રક્રિયાનું નામ આપો.

(5) પ્રકાશસંશ્લેષણની પ્રક્રિયા થવા માટે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણી ઉપરાંત બીજી કઈ બે સ્થિતિ જરૂરી છે ?

(6) સૂર્યશક્તિનું શોષણ કરતા રંજકકણનું નામ આપો.

(7) વનસ્પતિમાં મુખ્યત્વે ક્લોરોફિલ ક્યાં જોવા મળે છે ?

(8) અમીબાની અન્નધાનીમાં આવેલ કઈ રચના ખોરાકનું વિઘટન કરે છે ?

(9) અમીબાના શરીરના કયા ભાગમાંથી અપાચિત ખોરાકનું મળોત્સર્જન થાય છે ?

(10) ઑક્સિજન વગર જીવતા કોઈ પણ એક સજીવનું નામ આપો.

(11) કયા પ્રકારના શ્વસનમાં વધુ શક્તિ મુક્ત થાય છે ?

(12) મૂળનો કયો ભાગ શ્વસનના વાયુવિનિયમમાં ભાગ લે છે ?

(13) માછલીના શ્વસનાંગનું નામ આપો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :

(1) (A) સ્વાવલંબી પોષણ એટલે શું ? સ્વાવલંબનનું એક ઉદાહરણ આપો.

(B) સ્વાવલંબી પોષણપદ્ધતિમાં કઈ પૂર્વશરત જરૂરી છે.

(2) (A) પરાવલંબી એટલે શું ? પરાવલંબીનું એક ઉદાહરણ આપો.

(B) સ્વાવલંબી પોષણ અને પરાવલંબી પોષણ વચ્ચે કયો તફાવત છે ?

(3) (A) પોષણની વ્યાખ્યા આપો. ખોરાકમાં રહેલા ચાર અગત્યના પોષકતત્ત્વો જણાવો.

(B) વિવિધ પ્રકારની પરાવલંબી પોષણ પદ્ધતિઓ કઈ છે ?

(4) વ્યાખ્યા આપો : (1) મૃતોપજીવી પોષણ (2) પરોપજીવી પોષણ (3) પ્રાણીસમ પોષણ પદ્ધતિ દરેક પ્રકારના એક-એક ઉદાહરણ આપો.

વ્યાખ્યા આપો : (1) મૃતોપજીવી (2) પરોપજીવી. બે મૃતોપજીવી અને બે પરોપજીવીના નામ આપો.

(5) (A) આપણા જઠરમાં હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડનું કાર્ય શું છે ?

(B) માનવ પાચનતંત્રમાં પાચક ઉત્સેચકોનાં કાર્ય શું છે ?

(6) વનસ્પતિના નીચે જણાવેલ ભાગોમાં શ્વસનની પ્રક્રિયા વર્ણવો.

(1) મૂળ (2) પ્રકાંડ (3) પર્ણ

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :

(1) (A) અમીબામાં પોષણની પ્રક્રિયાનું વર્ણન કરો. અમીબામાં પોષણ દર્શાવતી વિવિધ અવસ્થાની નામનિર્દેશવાળી આકૃતિ દોરો.

(B) અમીબામાં કયા પ્રકારનું પોષણ જોવા મળે છે ?

(2) મનુષ્યના પાચનતંત્રની નામનિર્દેશવાળી આકૃતિ દોરો. આકૃતિની મદદથી મનુષ્યમાં પાચનની પ્રક્રિયા વર્ણવો.

(3) (A) વનસ્પતિમાં શ્વસન અને પ્રાણીમાં શ્વસનના મુખ્ય મુદ્દાઓ આપો.

(B) વનસ્પતિના પર્ણોમાં (i) દિવસ દરમિયાન (ii) રાત્રિ દરમિયાન વાયુવિનિમય કેવી રીતે થાય છે તે વર્ણવો.

(C) યીસ્ટ અને મનુષ્યમાં કયા પ્રકારનું શ્વસન જોવા મળે છે ?

એકમ

13

સજીવોમાં વહન, પરિવહન અને ઉત્સર્જન

(Transportation, Circulation and Excretion in organisms)

બહુકોષી સજીવોનું શરીર જટિલ રચના ધરાવે છે. જીવન જીવવા અને તેમની જાળવણી માટે શરીરના કોષોને ઑક્સિજન, પાણી અને ખોરાકની જરૂર પડે છે. શરીરના એક ભાગમાંથી જુદા જુદા પ્રકારનાં પદાર્થોનું શોષણ કે સંશ્લેષણ થઈ શરીરના બીજા ભાગમાં સ્થાનાંતર થાય છે, આ પ્રક્રિયાને વહન કહે છે. વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ શરીરના એક ભાગમાંથી બીજા ભાગમાં પદાર્થોનું વહન કેવી રીતે કરે છે તેનો અભ્યાસ આ પ્રકરણમાં આપણે કરીશું.

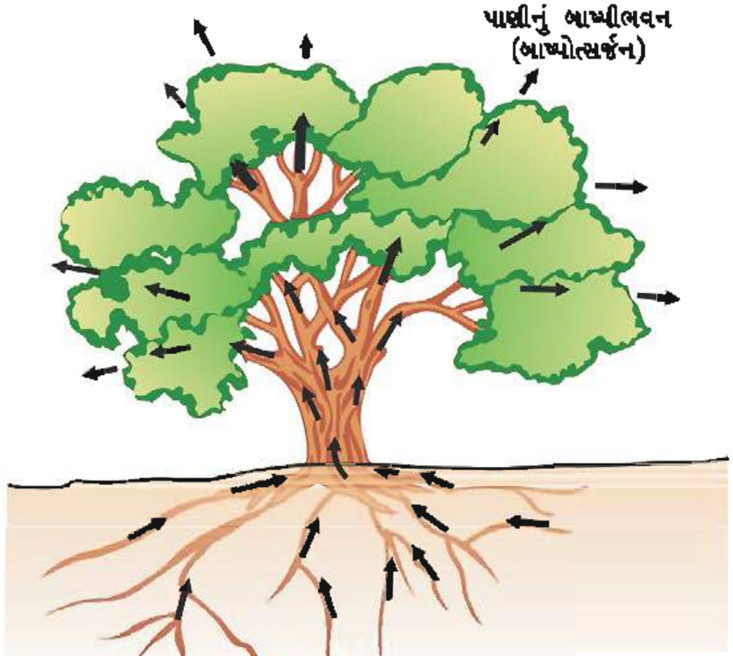
13.1 વનસ્પતિઓમાં વહન (Transportation in plants)

વનસ્પતિઓ વાતાવરણમાંથી CO_2 (કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ) અને પાણીનો ઉપયોગ કરી સૂર્યઊર્જાનું રાસાયણિક ઊર્જામાં કેવી રીતે રૂપાંતર કરે છે તેનો અભ્યાસ આપણે કર્યો. બીજા પદાર્થો કે જે વનસ્પતિદેહના બંધારણ માટે જરૂરી છે તેને આપણે અલગ અભ્યાસમાં લઈશું. વનસ્પતિઓના મૂળ વડે આ પદાર્થો જમીનમાંથી શોષણ પામે છે. જો મૂળ અને પર્ણો વચ્ચેનું અંતર ઓછું હોય તો તેમના દ્વારા ઊર્જા અને કાચા પદાર્થો વનસ્પતિદેહના બધા ભાગોમાં સરળતાથી પ્રસરણ પામે છે. પરંતુ જો આ અંતર વધુ હોય તો પ્રસરણની પ્રક્રિયા પર્ણોમાં કાચા પદાર્થો અને મૂળમાં ઊર્જા પૂરી પાડવા માટે પૂરતી નથી. આથી આવી પરિસ્થિતિમાં યોગ્ય વહનતંત્ર હોવું જરૂરી છે.

વનસ્પતિઓ સ્થાનાંતરિત થતી નથી. તેથી શક્તિની જરૂરિયાત, એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ સ્થાનાંતરિત થતા પ્રાણીઓની સરખામણીએ ઓછી છે. વનસ્પતિઓના પર્ણોમાં સંગ્રહાયેલી ઊર્જા અને મૂળ દ્વારા શોષાયેલ કાચા પદાર્થો વનસ્પતિના વિવિધ ભાગોમાં વહન પામે છે. પાણી અને મૂળમાંથી ગ્રહણ થયેલ બીજા પદાર્થો જલવાહક પેશી દ્વારા તથા પર્ણોમાંથી પ્રકાશસંશ્લેષણની નીપજો અન્નવાહક પેશી દ્વારા વનસ્પતિનાં અન્ય ભાગોમાં વહન પામે છે.

પાણીનું વહન (Transportation of Water) : ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓ જલવાહક પેશી ધરાવે છે, જે પાણીના વહન સાથે સંકળાયેલી છે. જમીનમાંથી મૂળ દ્વારા શોષાયેલ પાણી પ્રકાંડ, શાખાઓ, પર્ણો અને પુષ્પો તરફ વહન પામે છે. જલવાહિનીકી અને જલવાહિની પાણીના વહન માટે જવાબદાર જલવાહક પેશીના મુખ્ય બંધારણીય ઘટકો છે. આ ઘટકોની રચનાનો અભ્યાસ આપણે ધોરણ 9માં કરેલ છે. પાણીના વહન માટે વનસ્પતિના બધા જ અંગોની જલવાહકપેશીઓ એકબીજા

સાથે સંલગ્ન રીતે જોડાઈને સળંગ તંત્ર બનાવે છે. મૂળનાં કોષો જમીન સાથે સીધા જ સંકળાયેલા હોવાથી જમીનમાંના આયનો ગ્રહણ કરે છે. આના કારણે આયનની સાંદ્રતામાં મૂળ અને જમીન વચ્ચે તફાવત સર્જાય છે. આ તફાવતને દૂર કરવા પાણી જમીનમાંથી મૂળમાં પ્રવેશ પામે છે. આ પાણીનું વહન જળસ્તંભનું નિર્માણ કરી પાણીને ઉપરની તરફ દબાણપૂર્વક ધકેલે છે. વનસ્પતિઓ જલવાહકમાં પાણીને ટોચની ઊંચાઈ સુધી લઈ જવા માટે આ દબાણ ઉચ્ચકક્ષાની વનસ્પતિઓમાં જોવા મળતી ઊંચાઈ સુધી ધકેલવા માટે પૂરતું નથી. વનસ્પતિઓ જલવાહકમાં પાણીને ટોચની ઊંચાઈ સુધી લઈ જવા માટે બીજો માર્ગ અપનાવે છે. જો પૂરતા પ્રમાણમાં પાણી ઉપલબ્ધ હોય તો વાયુરંધ્રો દ્વારા જે પાણી ગુમાવાય છે તેની જગ્યાએ જલવાહિનીમાં રહેલ પાણી તેની પૂર્તતા કરે છે. આ પાણીના અણુઓનું બાષ્પીભવન થવાથી પર્ણના કોષોમાં ખેંચાણબળ ઉદ્ભવે છે. જેના લીધે મૂળની જલવાહિનીના કોષોમાંથી પાણી ખેંચાય છે. વનસ્પતિઓના હવાઈ ભાગો દ્વારા બાષ્પ સ્વરૂપે પાણી ગુમાવવાની ક્રિયાને બાષ્પોત્સર્જન કહે છે. બાષ્પોત્સર્જન તાપમાનનું નિયમન કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. દિવસ દરમિયાન વાયુરંધ્રો ખુલ્લા થતાં, બાષ્પોત્સર્જન દ્વારા થતું ખેંચાણ જલવાહકમાં પાણીના વહન માટે મુખ્ય ચાલકબળ બને છે.



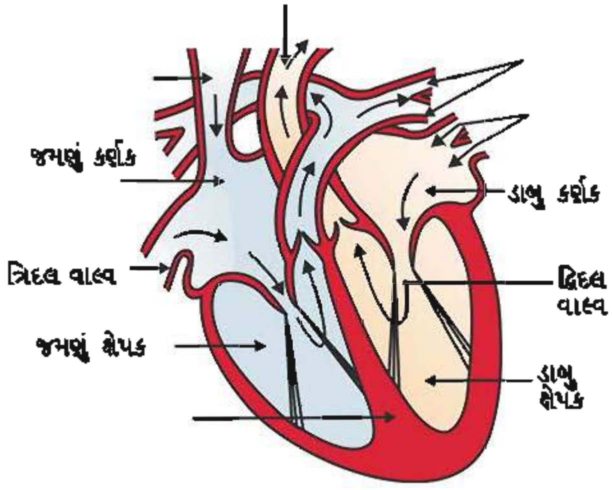
આકૃતિ 13.1 પાણીનું વહન

ખોરાક અને અન્ય પદાર્થોનું વહન (Transportation of food and other substances) : લીલા પર્ણોમાં પ્રકાશસંશ્લેષણની પ્રક્રિયા દ્વારા કાર્બોદિતોનું સંશ્લેષણ થાય છે. લીલા પર્ણોથી આ પ્રકાશસંશ્લેષણીય નીપજોનું વહન વનસ્પતિના જુદા જુદા ભાગોમાં થાય છે. પ્રકાશસંશ્લેષણીય નીપજોના વહનને સ્થાનાંતરણ કહે છે, જે અન્નવાહક તરીકે ઓળખાતી વાહકપેશીના ચાલનીનલિકા અને ચાલનીકોષો દ્વારા થાય છે. અન્નવાહક સાથે કાર્બોદિતોની એમિનો ઍસિડ, વનસ્પતિના પ્રરોહાગ્ર અને મૂળાગ્રથી સંશ્લેષિત થતા વિવિધ વનસ્પતિ અંતઃસ્રાવો અને અન્ય પદાર્થોનું પણ વહન કરે છે. સ્થાનાંતરણ ઊર્ધ્વ અને અધો એમ બંને તરફ થાય છે. પદાર્થોનાં સ્થાનાંતરણમાં ઊર્જાની જરૂરિયાત હોય છે, જે ATP માંથી મેળવાય છે. જ્યારે સુક્રોઝ જેવા પદાર્થોનું સ્થાનાંતર અન્નવાહક પેશીમાં થાય ત્યારે પેશીમાં આસૃતિદાબ વધે છે, જેને લીધે પાણી તેમાં પ્રવેશે છે. આ દબાણ દ્રવ્યોને અન્નવાહકથી ઓછા દબાણ ધરાવતી પેશી તરફ ધકેલે છે. આ રીતે અન્નવાહક વનસ્પતિની આવશ્યકતા મુજબ દ્રવ્યોનું વહન કરે છે.

13.1 મનુષ્યમાં વહન (Transportation in Human beings)

પ્રાણીઓમાં વિવિધ પદાર્થોના વહન સાથે સંકળાયેલ તંત્રને પરિવહનતંત્ર કહે છે. મનુષ્યમાં ખનીજો, ઑક્સિજન, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, અંતઃસ્રાવો, ઉત્સેચકો અને ઉત્સર્ગ પદાર્થોનું વહન રુધિર અને લસિકા દ્વારા થાય છે. આપણે નવમા ધોરણમાં ભણી ગયા છીએ કે રુધિર એ જીવંત લાલ રંગની પ્રવાહી સંયોજક પેશી છે. રુધિરનું પ્રવાહી માધ્યમ રુધિરરસ તરીકે ઓળખાય છે કે જેમાં છૂટાછવાયા રુધિરકોષો હોય છે. આપણે મનુષ્યના પરિવહનતંત્રના વિવિધ ઘટકોનો અભ્યાસ કરીશું.

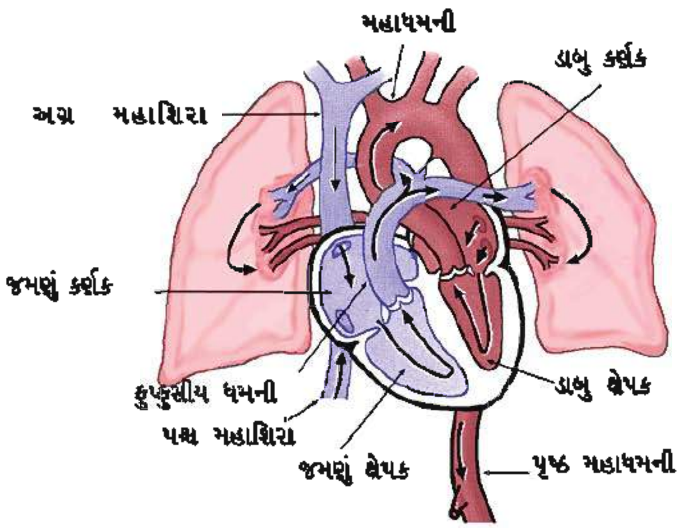
હૃદય (Heart) : માણસનું હૃદય શંકુ આકારનું અને તેનું કદ લગભગ એક મુઠ્ઠી જેટલું છે. તે બે ફેફસાં વચ્ચેની નાની જગ્યા અને સહેજ ડાબી બાજુ તરફ હોય છે. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને ઑક્સિજન બંને રુધિર દ્વારા વહન પામતા હોવાથી હૃદય ચતુષ્ખંડી છે કે જે ઑક્સિજનયુક્ત રુધિરને કાર્બન ડાયોક્સાઇડયુક્ત રુધિર સાથે મિશ્ર થતું અટકાવે છે. હૃદયના ઉપરના બે ખંડોને કર્ણકો (એકને કર્ણક) કહે છે. તે પૈકી એક ડાબું કર્ણક અને બીજુ જમણું કર્ણક છે. નીચેના બે ખંડોને ક્ષેપકો કહે છે. એ પૈકી એક ડાબું ક્ષેપક અને બીજું જમણું ક્ષેપક છે. કર્ણકોની દીવાલ પાતળી હોય છે જ્યારે ક્ષેપકોની દીવાલ જાડી હોય છે. ચારેય ખંડો પડદાઓ દ્વારા એકબીજાથી અલગ પડે છે, જેને પટલ કહે છે. રુધિરના ડાબા કર્ણકમાંથી ડાબા ક્ષેપકમાં રુધિર પ્રવાહ માટે દ્વિદલ વાલ્વ હોય છે. એ જ રીતે જમણા કર્ણક અને જમણા ક્ષેપક વચ્ચે ત્રિદલ વાલ્વ હોય છે. આ વાલ્વ રુધિરના પ્રવાહને ક્ષેપકોમાંથી કર્ણકોમાં પાછો ફરતો અટકાવે છે.



આકૃતિ 13.2 : હૃદયની અંતઃસ્થ રચના

ફેફસાં દ્વારા રુધિરમાં ઑક્સિજનનો પ્રવેશ (Entry of oxygen in the blood through lungs)

ફેફસાં દ્વારા રુધિરમાં ઑક્સિજનનો પ્રવેશ (Entry of oxygen in the blood through lungs) : અગ્ર મહા શિરા અને પશ્ચ મહાશિરા દ્વારા શરીરના વિભિન્ન અંગોમાંથી O_2 વિહિન રુધિર જમણા કર્ણકમાં આવે છે. આ જ સમયે ફુપ્ફુસીય શિરાઓ દ્વારા ફેફસાંમાંથી O_2યુક્ત રુધિર ડાબા કર્ણકમાં આવે છે. હવે બંને કર્ણકો સંકોચન પામતા અને જમણા કર્ણકમાંથી O_2 વિહીન રુધિર જમણા ક્ષેપકમાં ઠલવાય છે અને ડાબા કર્ણકમાંથી O_2 યુક્ત રુધિર ડાબા ક્ષેપકમાં ઠલવાય છે. બંને ક્ષેપકો સંકોચાય છે. જમણા ક્ષેપકના સંકોચાવાને કારણે ધમનીઓ દ્વારા રુધિર ફેફસામાં પ્રવેશે છે. ફેફસાંમાં રુધિરમાંથી CO_2 મુક્ત થાય છે અને O_2 તેમાં પ્રવેશે છે. જ્યારે ડાબું ક્ષેપક સંકોચાય છે ત્યારે O_2યુક્ત રુધિર મહાધમની દ્વારા શરીરના બધા અંગોમાં વિતરણ પામે છે.



આકૃતિ 13.3 : રુધિરનું પરિવહન

હૃદયમાં બન્ને પ્રકારનાં રુધિરના છૂટા પડવાથી શરીરને ઑક્સિજનનો ભરપૂર કાર્યદક્ષ પુરવઠો મળે છે. તે પક્ષીઓ અને સસ્તન વર્ગ જેવા વધુ શક્તિની જરૂરિયાતવાળા પ્રાણીઓમાં ઉપયોગી છે, જે આ શક્તિના સતત ઉપયોગથી તેઓના શરીરનું તાપમાન જાળવે છે.

રુધિરવાહિનીઓ (Blood vessels) : રુધિર એ રુધિરવાહિનીઓ દ્વારા આખા શરીરમાં ચોક્કસ માર્ગે વહન પામે છે. ધમની અને શિરાઓ આવી રુધિરવાહિનીઓ છે. ધમનીઓ હૃદયમાંથી રુધિરને વિવિધ અંગો તરફ લઈ જાય છે. શિરાઓ વિવિધ અંગોમાંથી રુધિર હૃદય તરફ લાવે છે. હૃદય દ્વારા ધમનીઓમાં રુધિર ધકેલાય છે, જે ઊંચા દબાણ હેઠળ હોય છે અને આથી જ ધમનીઓ જાડી સ્થિતિસ્થાપક દીવાલ ધરાવે છે. શિરાઓ શરીરના વિવિધ ભાગોમાંથી રુધિર ગ્રહણ કરે છે અને હૃદયમાં પાછું લઈ જાય છે. આ રીતે શિરાઓમાં રુધિર ઊંચા દબાણ હેઠળ હોતું નથી અને તેથી શિરાઓની દીવાલ પાતળી હોય છે. રુધિરનું પશ્ચવહન અટકાવવા માટે શિરાઓમાં વાલ્વ આવેલા હોય છે.

અંગો કે પેશીઓમાં પહોંચીને ધમનીઓ બધા જ સ્વતંત્ર કોષોના સંપર્કમાં રુધિર લઈ જતી ખૂબ જ નાની નાની વાહિનીઓમાં વિભાજિત થાય છે. આ નાની વાહિનીઓ એક કોષસ્તરીય જાડી દીવાલ ધરાવે છે, જે રુધિરકેશિકાઓ તરીકે ઓળખાય છે. રુધિર અને આસપાસના વિસ્તારમાંથી રુધિરકેશિકાઓ દ્વારા દ્રવ્યોનો વિનિમય થાય છે. રુધિરકેશિકાઓ ફરીથી જોડાઈને શિરાઓ બનાવે છે, જે મહાશિરામાં ખૂલે છે.

લસિકાતંત્ર (Lymphatic system) : લસિકાતંત્ર લસિકા, લસિકાવાહિની, લસિકાવાહિનીઓ અને લસિકાગાંઠ ધરાવે છે. લસિકા બીજા પ્રકારનું પ્રવાહી છે, જે પણ વહન સાથે સંકળાયેલ છે. રુધિરકેશિકાઓની દીવાલમાં રહેલા છિદ્રો દ્વારા આંતરકોષીય સ્થાનોમાં મુક્ત થતાં કેટલાક પ્રમાણમાં રુધિરરસ, પ્રોટીન અને રુધિરકોષોયુક્ત પ્રવાહીને લસિકા કહે છે. લસિકા રંગહીન અને રુધિરમાંના પ્રોટીનની સરખામણીમાં ઓછું પ્રોટીન ધરાવે છે.

લસિકા આંતરકોષીય સ્થાનોમાંથી લસિકાવાહિકાઓમાં જાય છે. લસિકાવાહિકાઓ એ લસિકાવાહિનીઓના સ્વરૂપમાં એકત્ર થઈ છેલ્લે મોટી શિરાઓમાં ખૂલે છે. લસિકાતંત્ર નીચેના ત્રણ મહત્ત્વના કાર્યો કરે છે :

(1) લસિકાવાહિનીઓના માધ્યમ દ્વારા આંતરકોષીય પ્રવાહીને એકઠું કરે છે અને રુધિર પરિવહનમાં પાછું વાળે છે.

(2) લસિકાવાહિનીઓ શેષાંત્રના રસાંકુરોમાં ચરબી શોષે છે અને રુધિરપ્રવાહમાં તેનું વહન કરે છે.

(3) શરીરને રોગો સામે રક્ષણ આપે છે.

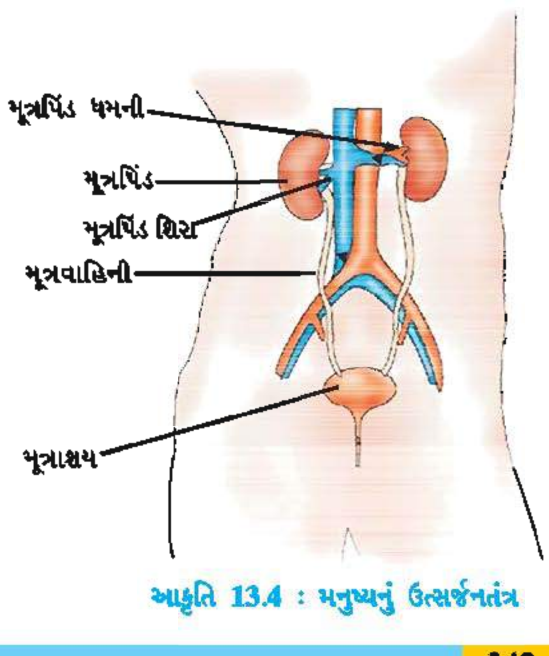
13.3 વનસ્પતિઓમાં ઉત્સર્જન (Excretion in plants)

પ્રાણીઓની જેમ, વનસ્પતિઓ કોઈ પણ ઉત્સર્ગઅંગો કે તંત્ર ધરાવતી નથી. વનસ્પતિઓમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ દરમિયાન O_2 નકામા પદાર્થ તરીકે ઉદ્ભવે છે અને પાછો વાતાવરણમાં સીધો મુક્ત થાય છે. તેઓ બાષ્પોત્સર્જનની ક્રિયા દ્વારા વધારાના પાણીને દૂર કરે છે. કેટલીકવાર તેઓ નકામા ઉત્સર્ગ પદાર્થોનો સંગ્રહ પર્ણોમાં કરે છે, જે ખરી પડે છે. કેટલીક વનસ્પતિઓ કોષીય રસધાનીઓમાં નકામા પદાર્થોનો સંગ્રહ કરે છે. બીજા નકામા પદાર્થો રેઝીન અને ગુંદર તરીકે સંગ્રહિત થાય છે.

13.4 મનુષ્યમાં ઉત્સર્જન (Excretion in human beings)

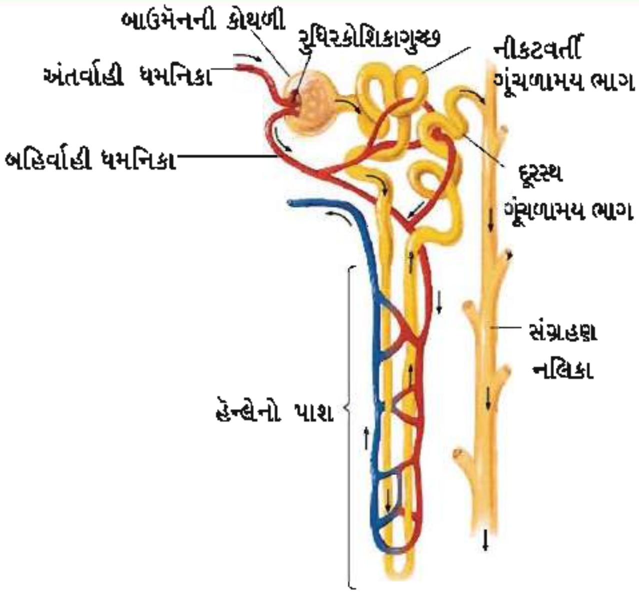
જીવન ટકાવવા માટે કોષો જૈવ-રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ કરે છે. આ પ્રક્રિયાઓ દરમિયાન ઉપયોગી તેમજ હાનિકારક ઝેરી પદાર્થો ઉદ્ભવે છે. શરીરમાં આ ઝેરી પદાર્થોનો સંચય હાનિકારક હોવાથી સમયાંતરે તેમને દૂર કરવાની જરૂર પડે છે. જૈવ-રાસાયણિક ક્રિયાઓ દરમિયાન ઉદ્ભવતા હાનિકારક પદાર્થો ઉત્સર્ગ દ્રવ્યો તરીકે ઓળખાય છે અને પ્રવાહી સ્વરૂપમાં આ ઉત્સર્ગ દ્રવ્યોને દૂર કરવામાં ભાગ ભજવતી જૈવિક પ્રક્રિયા ઉત્સર્જન તરીકે ઓળખાય છે. એકકોષી સજીવો પોતાના શરીરની સપાટીમાંથી સાદા પ્રસરણ દ્વારા આસપાસના પાણીમાં ઉત્સર્ગ પદાર્થોનો નિકાલ કરે છે. બહુકોષી સજીવોમાં આ પ્રક્રિયા જટિલ છે અને આથી આવા કાર્યો કરવા તેઓ વિશિષ્ટ અંગોનો ઉપયોગ કરે છે.

મનુષ્યનું ઉત્સર્જનતંત્ર (Excretory system of human being) : મનુષ્યના ઉત્સર્જનતંત્રમાં ઉદરમાં પૃષ્ઠ બાજુએ આવેલ લાલાશપડતા બદામી વાલ આકારના એક જોડ મૂત્રપિંડ, દરેક મૂત્રપિંડમાંથી નીકળતી એક જોડ મૂત્રવાહિનીઓ, મૂત્રાશય અને સ્નાયુલ નલિકામય મૂત્રમાર્ગનો સમાવેશ થાય છે. મૂત્રમાર્ગ એક નાના છિદ્ર મારફતે બહારની તરફ ખૂલે છે.



આકૃતિ 13.4 : મનુષ્યનું ઉત્સર્જનતંત્ર

ઉત્સર્ગ એકમની રચના (Structure of nephron) : પ્રત્યેક મૂત્રપિંડમાં ગૂંચળામય નલિકાઓ હોય છે, જેને ઉત્સર્ગ એકમ કહે છે. દરેક મૂત્રપિંડમાં લગભગ 10 લાખ ઉત્સર્ગ એકમો હોય છે. પ્રત્યેક ઉત્સર્ગ એકમની શરૂઆત બેવડી દીવાલવાળી પ્યાલાકાર રચનાથી થાય છે, જેને બાઉમૅનની કોથળી કહે છે. બાઉમૅનની કોથળી અસંખ્ય રુધિરકેશિકાઓ ધરાવે છે, જેને રુધિરકેશિકાગુચ્છ કહે છે. બાઉમૅનની કોથળી પછીના સાંકડા ટૂંકા ભાગને ગ્રીવા કહે છે. ગ્રીવા પછીની નલિકા સાંકડી, જટિલ ગૂંચળાવાળી બને છે. ત્યારપછીના વિસ્તારો નિકટવર્તી ગૂંચળામય ભાગ, હેન્લેનો પાશ, દૂરસ્થ ગૂંચળામય ભાગ નામે ઓળખાય છે. ઉત્સર્ગ એકમનો અંતિમ છેડો સંગ્રહણનલિકામાં ખૂલે છે. સંગ્રહણનલિકા મૂત્રપિંડનિવાપમાં ખૂલે છે. મૂત્રપિંડનિવાપ મૂત્રવાહિનીમાં ખૂલે છે.



આકૃતિ 13.5 : ઉત્સર્ગ એકમ

મૂત્રનિર્માણની પ્રક્રિયા (Process of urine formation) : રુધિર તેની સાથે નકામા દ્રવ્યોને મૂત્રપિંડ ધમનીઓ દ્વારા મૂત્રપિંડમાં લાવે છે. મૂત્રપિંડમાં રુધિર કેશિકાગુચ્છમાં વહેતા રુધિરમાં પર્યાપ્ત દબાણ હોય છે જેની અસર હેઠળ રુધિરકેશિકાઓમાંથી ઉત્સર્ગદ્રવ્યો ગળાઈને બાઉમૅનની કોથળીમાં ઠલવાય છે. આ પ્રક્રિયાને અતિસૂક્ષ્મ ગાળણ કહે છે. આ ગાળણ ઉત્સર્ગઘટકના નલિકામય ભાગોના અવકાશમાંથી પસાર થાય છે. આ દ્વારા ઉત્સર્ગઘટકોની આસપાસથી પાણી, એમિનો ઍસિડ, ખનીજ આયનો જેવાં ઉપયોગી પદાર્થો રુધિરકેશિકાઓ દ્વારા પુનઃશોષણ પામે છે. બાકીનું પ્રવાહી ઉત્સર્ગ પદાર્થો જ ધરાવે છે, જેને મૂત્ર કહે છે. મૂત્રવાહિનીમાંથી મૂત્ર મૂત્રાશયમાં જાય છે અને ત્યાં તે સંગ્રહ પામે છે. જ્યારે મૂત્રાશય મૂત્રથી સંપૂર્ણ ભરાઈ જાય ત્યારે તે સંકોચન પામે છે અને મૂત્રનો શરીરની બહાર નિકાલ થાય છે.

તમે શું શીખ્યા ?

શરીરના એક ભાગમાંથી જુદા જુદા પદાર્થોના શોષણ કે સંશ્લેષણથી શરીરનાં બીજા ભાગમાં સ્થાનાંતર થાય છે. આ પ્રક્રિયાને વહન કહે છે. વનસ્પતિઓમાં પાણી અને મૂળમાંથી ગ્રહણ થયેલ બીજા પદાર્થો જલવાહકપેશી દ્વારા અને પર્ણોમાંથી પ્રકાશસંશ્લેષણની નીપજો અન્નવાહકપેશી દ્વારા વનસ્પતિના અન્ય ભાગોમાં વહન પામે છે.

ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓમાં પાણીના અણુઓનું બાષ્પીભવન થવાથી પર્ણના કોષોમાં ખેંચાણબળ ઉદ્ભવે છે. જેના લીધે મૂળની જલવાહિનીના કોષોમાંથી પાણી ખેંચાય છે. વનસ્પતિઓના હવાઈ ભાગો દ્વારા બાષ્પ સ્વરૂપે પાણી ગુમાવવાની ક્રિયાને બાષ્પોત્સર્જન કહે છે.

પ્રાણીઓમાં વિવિધ પદાર્થોના વહન સાથે સંકળાયેલ તંત્રને પરિવહનતંત્ર કહે છે. હૃદય, રુધિર, લસિકા અને રુધિરવાહિનીઓ રુધિર પરિવહનતંત્રના ઘટકો છે. ધમનીઓ અને શિરાઓ રુધિરવાહિનીઓ છે.

ધમનીઓ રુધિરનું હૃદયમાંથી વિવિધ અંગો સુધી વહન કરે છે. જ્યારે શિરાઓ શરીરના વિવિધ ભાગોમાંથી રુધિર એકઠું કરી હૃદયમાં લાવે છે.

પ્રાણીઓની જેમ, વનસ્પતિઓ કોઈ પણ ઉત્સર્ગઅંગો કે તંત્ર ધરાવતી નથી પરંતુ પ્રાણીઓમાં ઉત્સર્જનની પ્રક્રિયા સાથે સંકળાયેલ વિવિધ રચનાઓ ધરાવે છે. એકકોષીય સજીવોમાં ઉત્સર્ગ પદાર્થો પ્રસરણ પામી આસપાસના પાણીમાં નિકાલ પામે છે. પરંતુ બહુકોષી સજીવો ઉત્સર્જનની જટિલ પ્રક્રિયા ધરાવે છે. તેઓ ઉત્સર્ગઅંગો અને તંત્ર ધરાવે છે. મનુષ્યનાં ઉત્સર્જનતંત્રમાં ઉદરમાં પૃષ્ઠ બાજુએ આવેલ લાલાશપડતા બદામી વાલ આકારના એક જોડ મૂત્રપિંડ, દરેક મૂત્રપિંડમાંથી નીકળતી એક જોડ મૂત્રવાહિની, મૂત્રાશય અને સ્નાયુલ નલિકામય મૂત્રમાર્ગનો સમાવેશ થાય છે. મૂત્રનિર્માણમાં અતિસૂક્ષ્મ ગાળણ અને પુનઃશોષણ જેવી પ્રક્રિયાઓ સમાવિષ્ટ છે.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) નીચેનામાંથી કઈ રચના ઉચ્ચકક્ષાની વનસ્પતિઓમાં પાણીના વહન માટે જવાબદાર છે ?

(A) ચાલનીનલિકા (B) ચાલનીકોષ (C) જલવાહિની (D) સાથીકોષ

(2) મનુષ્યમાં મૂત્રપિંડ કયા તંત્રનો ભાગ છે ?

(A) શ્વસન (B) વહન (C) ઉત્સર્જન (D) પોષણ

(3) મનુષ્યના હૃદયમાં કેટલા ખંડો આવેલા છે ?

(A) 2 (B) 3 (C) 4 (D) 6

(4) મનુષ્યનાં હૃદયમાં ત્રિદલ વાલ્વ ક્યાં જોવા મળે છે ?

(A) બે કર્ણકો વચ્ચે (B) બે ક્ષેપકો વચ્ચે

(C) જમણાં કર્ણક અને જમણાં ક્ષેપક વચ્ચે (D) ડાબા કર્ણક અને ડાબા ક્ષેપક વચ્ચે

(5) મનુષ્યમાં ઉત્સર્ગએકમ શું છે ?

(A) બાઉમેનની કોથળી (B) વૃક્કાણું

(C) મૂત્રાશય (D) મૂત્રપિંડ

(6) શરીરનાં કયા ભાગમાં રુધિર શુદ્ધ બને છે (O_2 યુક્ત બને છે) ?

(A) હૃદય (B) ફેફસાં (C) કર્ણક (D) ક્ષેપક

(7) વનસ્પતિઓમાં ખોરાક અને અન્ય પદાર્થો શાના દ્વારા વહન પામે છે ?

(A) જલવાહિનીકી (B) વાહિનીઓ (C) ચાલનીનલિકાઓ (D) સાથીકોષો

(8) કઈ પ્રક્રિયા દરમિયાન બાઉમેનની કોથળીમાં રુધિર ગળાય છે ?

(A) પુનઃશોષણ (B) સ્રાવ (C) અતિસૂક્ષ્મ ગાળણ (D) એક પણ નહીં.

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) રુધિર અને લસિકાનો રંગ જણાવો.

(2) બાષ્પોત્સર્જનને વ્યાખ્યાયિત કરો.

(3) અન્નવાહક પેશી દ્વારા શું વહન પામે છે ?

(4) અતિસૂક્ષ્મ ગાળણને વ્યાખ્યાયિત કરો.

(5) મનુષ્યમાં ઉત્સર્જનતંત્રના અંગોના નામ આપો.

(6) મનુષ્યમાં પરિવહનતંત્રના અંગોના નામ આપો.

(7) ધમનીઓ અને શિરાઓ વચ્ચેનો ભેદ જણાવો.

(8) ધમનીની દીવાલ શા કારણથી જાડી અને સ્થિતિસ્થાપક છે ?

(9) ચતુષ્ખંડી હૃદયનો ફાયદો શું છે ?

(10) ઉત્સર્જનની વ્યાખ્યા આપો.

3 નીચેના પ્રશ્નોના મુદ્દાસર ઉત્તર લખો :

(1) મનુષ્યમાં ઉત્સર્જનતંત્ર વર્ણવો.

(2) મનુષ્યનાં હૃદયની રચના વર્ણવો.

(3) મૂત્રનિર્માણની પ્રક્રિયા વર્ણવો.

(4) ઉત્સર્ગએકમની રચના વર્ણવો.

(5) લસિકાતંત્ર પર નોંધ લખો.

એકમ

14

સજીવોમાં નિયંત્રણ અને સંકલન (સહનિયમન)
(Control and Co-ordination in Organisms)

સજીવો તેમના પર્યાવરણના ફેરફારોથી થોડા કે વધુ ઉત્તેજિત થાય છે. ઉત્તેજનાને લીધે તેની સામેના ફેરફાર સામે પ્રતિચાર (પ્રતિક્રિયા) આપે છે. ઉદાહરણ તરીકે ગરમી, ઠંડીથી કે અવાજથી ફેરફાર થતાં સજીવ તેને અનુરૂપ પ્રતિક્રિયા કરે. સામાન્ય રીતે ઉત્તેજનાનો પ્રતિચાર શરીરના ભાગોમાં હલનચલન સ્વરૂપે હોય છે. દા.ત., જો માણસ ગરમ વસ્તુને અડકે તો તરત જ એનો હાથ પાછો ખેંચી લે છે. આમ ઉત્તેજનાનો પ્રતિચાર એ સજીવોની લાક્ષણિકતા છે. તેમના પરિઆવરણની વિવિધ ઉત્તેજના પ્રત્યે જુદો જુદો પ્રતિચાર આપે છે. દા.ત., વનસ્પતિ પ્રકાશ સામે વળી જાય છે; પરંતુ પ્રાણી પ્રકાશની સામે વળતા નથી. આમ પ્રાણી ઉત્તેજના પ્રત્યે વિવિધ રીતે પ્રતિક્રિયા આપે છે. વનસ્પતિમાં ઉત્તેજનાની પ્રતિક્રિયા મર્યાદિત હોય છે કારણ કે વનસ્પતિમાં પ્રાણીની જેમ ચેતાતંત્ર હોતું નથી. ઉપરોક્ત ચર્ચા પરથી આપણે એ તારણ કાઢી શકીએ કે વિવિધ અંગો ભેગા મળી પદ્ધતિસર કાર્યો કરે છે અને ઉત્તેજના સામે યોગ્ય પ્રતિચાર આપે છે. આવી ઉત્તેજનાને સહનિયમન કહે છે. હવે આપણે નિયંત્રણ અને સહનિયમનનો અભ્યાસ કરીએ પહેલાં વનસ્પતિઓથી અને ત્યાર પછી પ્રાણીઓથી.

14.1 વનસ્પતિમાં નિયંત્રણ અને સહનિયમન (Control and Co-ordination in Plant)

પ્રાણીઓની જેમ વનસ્પતિમાં ચેતાતંત્ર અને નાક, કાન તથા આંખ જેવા સંવેદનાંગો હોતા નથી. વનસ્પતિઓ તેમાં આવેલ અંતઃસ્રાવોની ક્રિયા દ્વારા ગુરુત્વાકર્ષણ, પ્રકાશ, પાણી, રસાયણો અને સ્પર્શની સંવેદના ધરાવે છે. ગુરુત્વાકર્ષણ, પ્રકાશ, પાણી, રસાયણ અને સ્પર્શ જેવી ઉત્તેજના પર્યાવરણીય ફેરફારો તરીકે ઓળખાય છે. અંતઃસ્રાવોના ઉપયોગથી વનસ્પતિ પર્યાવરણીય ફેરફારો સામે તેમની વર્તણૂંકનું સહનિયમન કરે છે. વનસ્પતિ અંતઃસ્રાવો પ્રાણીઓનાં અંતઃસ્રાવોની જેમ વર્તતા નથી. વનસ્પતિમાં વિવિધ ઉત્તેજના જેવી કે ગુરુત્વાકર્ષણ, પ્રકાશ, પાણી, રસાયણ અને સ્પર્શની સામે પ્રતિચાર અંતઃસ્રાવની અસરોને આભારી છે. વનસ્પતિ પ્રાણીઓની સરખામણીમાં તાત્કાલિક પ્રતિચાર આપતા નથી, કારણ કે તેમાં ચેતાતંત્રનો અભાવ હોય છે. પ્રાણી પોતાની તમામ પ્રવૃત્તિઓનું સહનિયમન કરવા માટે ચેતાતંત્ર અને અંતઃસ્રાવી તંત્ર એમ બંનેનો ઉપયોગ કરે છે, જ્યારે વનસ્પતિઓ ફક્ત અંતઃસ્રાવોનો જ ઉપયોગ કરે છે, કારણ કે તેમાં ચેતાતંત્રનો અભાવ હોય છે. આમ વનસ્પતિમાં ઉત્તેજના સામે પ્રતિચાર ઝડપી નથી; પરંતુ વનસ્પતિ પોતાના ઉપર ઉત્તેજનાની અસર જાણવા માટે નોંધપાત્ર સમય લે છે. વનસ્પતિનાં અંતઃસ્રાવો વાનસ્પતિક અંતઃસ્રાવો કહેવાય છે. ઑક્ઝિન, જીબરેલિન્સ અને સાયટોકાઈનિન્સ એ વનસ્પતિ અંતઃસ્રાવો છે, જે વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિને ઉત્તેજે છે; જ્યારે ઍબ્સિસિક ઍસિડ વૃદ્ધિને અવરોધે છે.

14.2 ઉત્તેજનાનો પ્રતિચાર (Response to Stimulus)

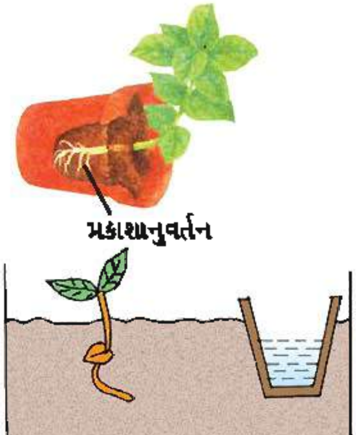
સંવેદનશીલ વનસ્પતિ સ્પર્શ પ્રત્યે પ્રતિચાર આપે છે. પરંતુ આ સંવેદનશીલ વનસ્પતિમાં ચેતાતંત્ર અને સ્નાયુ પેશી હોતી નથી. પછી વનસ્પતિ કેવી રીતે સ્પર્શને ઓળખે છે અને પર્ણો કેવી રીતે પ્રતિચાર અનુભવે છે ? વનસ્પતિઓ પ્રકાશ, સ્પર્શ, પાણી, ગુરુત્વાકર્ષણ બળ ને અન્ય ઉત્તેજના પ્રત્યે પ્રતિચાર માત્ર રસાયણો દ્વારા આપે છે. (એટલે અંતઃસ્રાવો દ્વારા) પ્રાણીઓ વિવિધ ઉત્તેજના પ્રત્યે પ્રતિક્રિયા આપે કારણ કે તેઓ ચેતાતંત્ર અને અંતઃસ્રાવી તંત્ર ધરાવે છે. નીચે આપેલ ભાગમાં આપણે વનસ્પતિમાં ઉત્તેજનના પ્રત્યે વિશે અભ્યાસ કરીશું.

14.3 ઉત્તેજનાનાં પ્રકારો (Types of Stimulus)

વનસ્પતિમાં હલનચલન માટે જવાબદાર બાહ્ય ઉત્તેજનાને બે કક્ષામાં મૂકાય. (i) ટ્રોપિઝમ (Tropism) આવર્તન અને (ii) નેસ્ટીઝમ (Nastism).

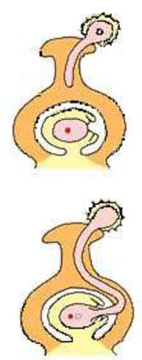
(i) ટ્રોપિઝમ (Tropism) (આવર્તનીય હલનચલન) :

વનસ્પતિના અંગોમાં પ્રેરાતું વળાંકરૂપ હલનચલન જો પરિબળ બાહ્ય અને તેની દિશામાં તરફ પ્રેરાતું હોય તો તે પ્રતિચારને આવર્તન કહે છે. જો વનસ્પતિ વૃદ્ધિ ઉત્તેજનાની દિશામાં હોય તો તે ધન આર્વતન કહેવાય છે અને જો વૃદ્ધિ ઉત્તેજનાની વિરુદ્ધ હોય તો તે ઋણ આર્વતન તરીકે ઓળખાય છે. સામાન્ય ઉત્તેજનાના ઘટકો પાંચ છે : પ્રકાશ, ગુરુત્વાકર્ષણ, રસાયણ, પાણીના ઘટકો અને સ્પર્શ. પ્રકાશ પ્રત્યેના પ્રતિચારરૂપે થતા વનસ્પતિના હલનચલનને પ્રકાશાનુવર્તન કહેવાય છે. પ્રકાંડ ધન પ્રકાશાનુવર્તન દર્શાવે છે જ્યારે મૂળ ઋણ પ્રકાશાનુવર્તન દર્શાવે છે. ગુરુત્વાકર્ષણની તરફ થતા વનસ્પતિના હલનચલનને ભૂઆર્વતન કહે છે. પ્રકાંડ ઋણ અને મૂળ ધન ભૂઆર્વતન દર્શાવે છે. રસાયણની ઉત્તેજનાને લીધે થતું વનસ્પતિનું હલનચલન રસાયણોનું ચલન કહેવાય ઉદા. ફલનની પ્રક્રિયા દરમિયાન પરાગનલિકાની અંડક તરફ થતી વૃદ્ધિ. પાણી દ્વારા વનસ્પતિ ભાગનું હલનચલન પ્રેરાય તેને જલાનુવર્તન કહે છે. ઉદા. વનસ્પતિના મૂળ પાણી તરફ જાય છે. સ્પર્શ પ્રત્યે થતા વનસ્પતિના હલનચલનને સ્પર્શનું ચલન (થિગ્મોટ્રોપિઝમ) કહે છે. ઉદા. વનસ્પતિના સૂત્રાંગો.



જલાનુવર્તન

પ્રકાશાનુવર્તન



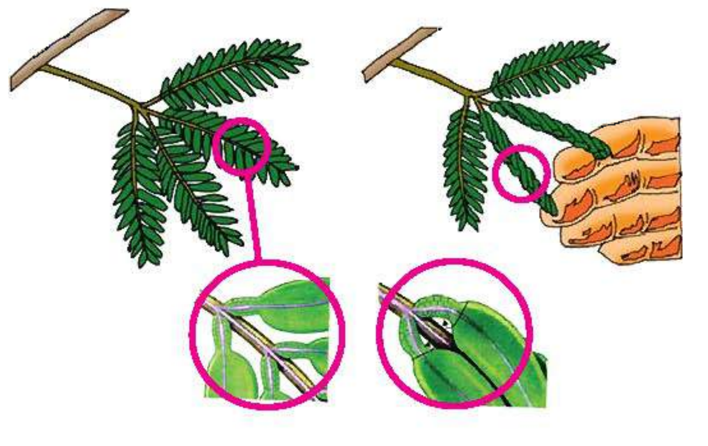
રસાયણાનુવર્તન

આકૃતિ 14.1 વાનસ્પતિમાં ઉત્તેજનાનાં પ્રકારો

(ii) નેસ્ટિઝમ (નેસ્ટીક હલનચલન) : આ પ્રકારનું હલનચલન બાહ્ય ઉત્તેજનાની હાજરી અને તીવ્રતા પર આધારિત છે. તે કોઈ નિશ્ચિત દિશામાંથી અસર કરે તે જરૂરી નથી.

થિગ્મોનેસ્ટી : થિગ્મોનેસ્ટી એ વનસ્પતિના સંવેદી ભાગનાં સ્પર્શ પ્રત્યેના પ્રતિચારનું નેસ્ટીક હલનચલન છે. સ્પર્શના કારણે થતું નેસ્ટીક હલનચલન લજામણી(મિમોસા)ના છોડમાં જોવા મળે છે.

જ્યારે આપણે લજામણીના છોડના પર્ણને આંગળી વડે સ્પર્શ કરીએ છીએ ત્યારે તેના પર્ણ બીડાઈ જાય છે. પર્ણ જે સંવેદનશીલ ભાગ ધરાવે છે એ પીનાધાર તરીકે ઓળખાતી પોચી ગાદી જેવી રચના છે. પીનાધાર ધરાવતી પર્ણિકાના તલપ્રદેશને આંગળીથી સ્પર્શતા તેમાં વીજ ઊર્મિવેગો ઉત્પન્ન થાય છે, જે કોષો દ્વારા વહન પામે છે. આ ઊર્મિવેગો વનસ્પતિનાં અંતઃસ્રાવો પર અસર કરે છે, જે પાણીનું પીનાધારના એક ભાગના કોષોમાંથી બીજા ભાગના કોષોના આંતરકોષીય અવકાશોમાં સ્થળાંતર કરાવે છે. પીનાધારના અડધા ભાગમાંથી આ પાણી ગુમાવવાને કારણે પીનાધાર દઢતા ગુમાવે છે અને પર્ણ બીડાઈ જાય છે. આ રીતે બધી જ પર્ણિકાની પીનાધાર દઢતા ગુમાવે છે અને તેથી તે ઢળી પડે છે અને બીડાઈ જાય છે. પ્રાણીઓની જેમ વનસ્પતિમાં કોઈ વિશેષ માહિતીનું સહનિયમન કરનાર ચેતાપેશી હોતી નથી. પ્રાણીઓમાં કેટલાક કોષો તેમના આકાર બદલી હલનચલન કરે છે. વનસ્પતિકોષો તેમનો આકાર તેમાં રહેલા પાણીના જથ્થાના ફેરફારને આધારે બદલે છે.



આકૃતિ 14.2 : થીગ્મોનેસ્ટી

ફોટોનેસ્ટી : પ્રકાશને લીધે વનસ્પતિના ભાગના હલનચલનને ઉદા., કમળ અને સૂર્યમુખીનું ફૂલ સવારમાં ખીલે છે.

થર્મોનેસ્ટી : તાપમાનને લીધે વનસ્પતિના ભાગના હલનચલનને ઉદા., ક્રૉક્સ અને ટ્યૂલિપનું ફૂલ ઊંચા તાપમાને જોવા મળે છે.

14.4 મનુષ્યમાં નિયંત્રણ અને સહનિયમન (Control and Co-ordination in Human being)

મનુષ્યની વિવિધ પ્રક્રિયાઓનું સહનિયમન બે તંત્રો કરે છે :

(1) ચેતાતંત્ર

(2) અંતઃસ્રાવી તંત્ર.

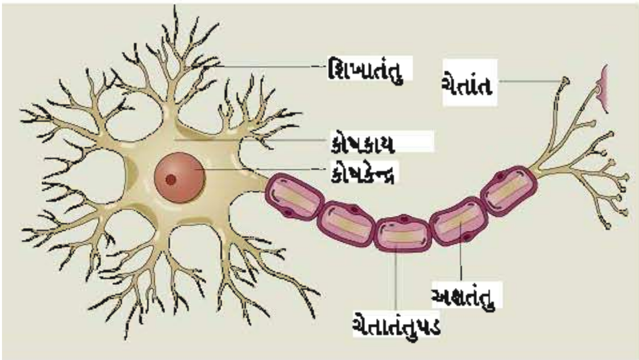
મનુષ્યનું ચેતાતંત્ર અને અંતઃસ્રાવી તંત્ર એકસાથે કાર્ય કરી આપણી બધી ક્રિયાઓ(શારીરિક, ભાવનાશીલ, વર્તણૂંક અને વિચારણા)નું નિયંત્રણ અને સહનિયમન કરે છે. ચેતાતંત્ર આપણા શરીરના તમામ ભાગોનું નિયંત્રણ અને સહનિયમન કરે છે. ચેતાતંત્ર એ સ્નાયુઓનું સહનિયમન કરે છે. તેથી વ્યક્તિ વાંચન, લેખન અને નૃત્ય કરી શકે છે. ચેતાતંત્ર કેટલીક અનૈચ્છિક ક્રિયાઓ(હૃદયના ધબકારા અને શ્વાસોચ્છ્વાસ)નું પણ સહનિયમન કરે છે. માણસનું ચેતાતંત્ર આસપાસની દરેક માહિતીને એકઠી કરી તેનું અર્થઘટન કરે છે અને તે પ્રમાણે પ્રતિચાર આપે છે. ચેતાતંત્ર માહિતીનો એક તંત્રથી બીજા તંત્ર તરફ પ્રસાર કરે છે. ચેતાકોષો એ ચેતાતંત્રનો રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક એકમ છે. ચેતાકોષનાં ત્રણ ઘટકો હોય છે :

(1) કોષકાય,

(2) શિખાતંતુ

(3) અક્ષતંતુ.

કોષકાય, કોષરસ અને કોષકેન્દ્ર ધરાવે છે. કોષકાયમાંથી નાના અને મોટા ઘણા તંતુઓ બહારની તરફ ખેંચાઈ આવે છે, જે ચેતાતંતુ તરીકે ઓળખાય છે. કોષકાય પર રહેલ નાના તંતુ શિખાતંતુ તરીકે ઓળખાય છે. જ્યારે કોષકાય પર રહેલ લાંબા તંતુ અક્ષતંતુ તરીકે ઓળખાય છે. અક્ષતંતુની ફરતે એક રક્ષણાત્મક અને અવાહક ચેતાતંતુપડ જોવા મળે છે, જે ચરબી અને પ્રોટીનનું બનેલું હોય છે. શિખાતંતુઓ અને અક્ષતંતુ બંને ચેતાકોષના કોષકાયમાંથી ઉદ્ભવે છે. ચેતાકોષના શિખાતંતુઓ સંદેશાઓ મેળવે છે. રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ શરીરના કોષોમાં થાય છે, જે વીજપ્રવાહ સ્વરૂપે ચેતાકોષના શિખાતંતુઓ વડે સંદેશા ગ્રહણ કરી અનેક રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા વીજપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરે છે. તે ઊર્મિવેગ તરીકે ઓળખાય છે. શિખાતંતુઓ સંવેદનાંગોમાંથી સંદેશાઓ મેળવે છે અને તે સંદેશાઓને કોષકાયમાં અને પછી અક્ષતંતુમાં પહોંચાડે છે. અક્ષતંતુ જોડાણ દ્વારા સંદેશાઓને બીજા ચેતાકોષમાં મોકલે છે. બે ચેતાકોષોમાં બહુ નાનો અવકાશ જોવા મળે છે. આ અવકાશ ચેતોપાગમ તરીકે ઓળખાય છે. આમ ચેતાપેશી, ચેતાકોષોનું આયોજનબદ્ધ તંત્ર છે અને તે વીજપ્રવાહ દ્વારા માહિતીને શરીરના એક ભાગમાંથી બીજા ભાગમાં લઈ જવા માટે વિશિષ્ટ છે.



આકૃતિ 14.3 : ચેતાકોષ

ચેતાકોષ વીજ ઊર્મિવેગ દ્વારા વહન પામતા સંદેશા મેળવે છે જે વીજ ઊર્મિવેગનું રાસાયણિક સંકેતમાં રૂપાંતરણ કરે છે.

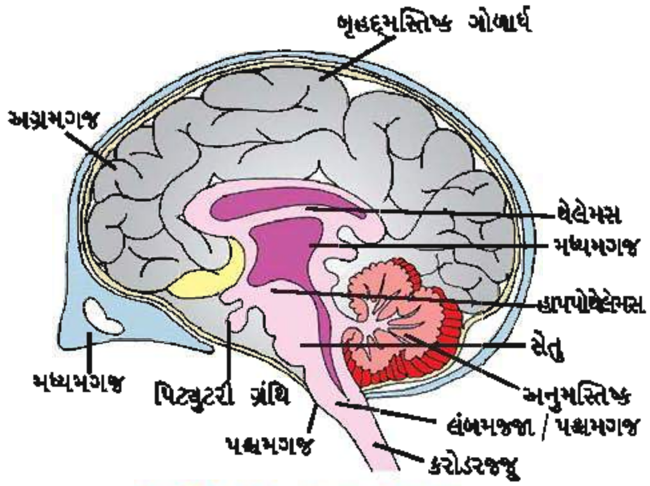
મનુષ્યનું મગજ :

મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર (CNS) એ મગજ અને કરોડરજ્જુનું બનેલું હોય છે. તે શરીરના દરેક ભાગોમાંથી સંદેશા મેળવે છે અને તેનું સંકલન કરે છે. તે મસ્તક પેટી અને ત્રણ મસ્તિષ્કાવરણથી સુરક્ષિત છે. પુખ્ત વ્યક્તિના મગજનું વજન 1350 ગ્રામનું હોય છે. તે મુખ્યત્વે ચેતાપેશીનું બનેલું હોય છે. મગજની બહારની સપાટી પર ભૂખરું દ્રવ્ય આવેલું છે જ્યારે શ્વેત દ્રવ્ય અંદરના ભાગમાં હોય છે. મસ્તિષ્કાવરણની વચ્ચેનો અવકાશ 'મસ્તિષ્ક મેરુજળ'થી ભરેલો હોય છે, જે મગજને યાંત્રિક આંચકા સામે રક્ષણ આપે છે અને ગાદી જેવું કાર્ય કરે છે. મગજ વ્યાપક રીતે ત્રણ ભાગમાં વહેંચાયેલું છે : અગ્રમગજ, મધ્યમગજ અને પશ્ચમગજ.

- મનુષ્યનું મગજ
  - અગ્રમગજ { બૃહદ્મસ્તિક (ઘ્રાણપિંડ સાથે), થેલામસ, હાયપોથેલામસ
  - મધ્યમગજ { ચતુષ્કાય
  - પશ્ચમગજ { અનુમસ્તિષ્ક, સેતુ (pons)

બૃહદ્મસ્તિષ્ક એ મગજનો સૌથી મોટો અને ખૂબ જ જટિલ ભાગ છે. તે બે બૃહદ્મસ્તિક ગોળાર્ધ ધરાવે છે. તે ચેતાતંતુના બનેલા કેલોસમકાય નામના પટ્ટા વડે જોડાયેલું છે. બૃહદ્મસ્તિષ્ક ગોળાર્ધ ચાર ખંડોમાં વહેંચાયેલું છે. પશ્ચકપાલીખંડ એ 'દષ્ટિ સંવેદના'ના ચોક્કસ કાર્ય સાથે સંકલિત છે. જ્યારે શંખકખંડ નિશ્ચિત શ્રવણની સંવેદનાના નિયંત્રણની કાર્યક્ષમતા સાથે સંકલિત

છે. મધ્યકપાલીખંડ ગંધ, સ્પર્શ તથા તાપમાન જેવી સામાન્ય સંવદેના શક્તિ સાથે સંકલિત છે. અગ્રકપાલીખંડ એ સ્નાયુઓની વિશિષ્ટ ક્રિયાનું તેમજ અનૈચ્છિક અને ઐચ્છિક પ્રવૃત્તિઓ જેવી કે વિચાર, વાણી અને યાદશક્તિનું નિયંત્રણ કરે છે. બૃહદ્‌મસ્તિષ્કની બહારનો વિસ્તાર ચેતાકોષોની સઘન ગોઠવણી છે, જેને બૃહદ્‌મસ્તિષ્ક બાહ્યક કહે છે. બૃહદ્‌મસ્તિષ્ક બાહ્યક એ અસંખ્ય ગડીઓ ધરાવે છે, જે તેનો વિસ્તાર વધારે છે. જે વિવિધ પ્રકારની પ્રવૃત્તિઓ કરે છે. બૃહદ્‌મસ્તિષ્ક સંવેદી વિસ્તારો ધરાવે છે. જે સંવેદી અંગોથી માહિતી ગ્રહણ કરે છે એવી જ રીતે ત્યાં ચાલક વિસ્તાર પણ આવેલા છે. જ્યાંથી માહિતી સ્નાયુઓ અથવા પ્રતિચારક અંગો સુધી પહોંચાડવામાં આવે છે. થેલોમસ એ અગ્રમગજના મધ્યભાગમાં આવેલું છે. બધી સંવેદનશીલ માહિતીઓ મસ્તિષ્ક ગોળાર્ધમાં થેલોમસ મારફતે પસાર થાય છે અને સંવેદનશીલ માહિતીઓ બાહ્યક બૃહદ્‌મસ્તિષ્ક તરફ જાય છે. થેલોમસની નીચે હાઈપોથેલોમસ આવેલું છે. જે લોહીનું દબાણ, ભૂખ, શરીરનું તાપમાન અને તરસનું નિયમન તથા નિયંત્રણ કરે છે. તે અગ્રમગજ અને પશ્ચમગજને જોડે છે તથા દૃષ્ટિ અને કર્ણની ક્રિયા સાથે સંકળાયેલ છે અને તેનું નિયંત્રણ કરે છે. પશ્ચમગજ ત્રણ વિસ્તાર ધરાવે છે. અનુમસ્તિષ્ક સેતુની પૃષ્ઠબાજુએ તથા લંબમજ્જા વક્ષબાજુએ આવેલાં છે.



આકૃતિ 14.4 : મનુષ્યનું મગજ

સેતુ શ્વાસોચ્છ્‌વાસની ક્રિયાનું નિયમન કરે છે. અનુમસ્તિષ્ક શરીરનું સમતોલપણું જાળવી રાખે છે. અનુમસ્તિષ્ક એ શારીરિક હલનચલનની ક્રિયાનું સંકલન કરે છે, દા.ત. નાચવું, ચાલવું, સાઈકલ સવારી વગેરે. લંબમજ્જા વિવિધ અનૈચ્છિક ક્રિયાઓ જેવી કે, શ્વાસોચ્છ્‌વાસ, હૃદયના ધબકારા, લોહીનું દબાણ તથા અન્નમાર્ગના પરિસંકોચન પ્રેરવા માટે જવાબદાર છે. લંબમજ્જા ઉધરસ, છીંક, ગળવું, લાળરસનો સ્રાવ અને ઊલટીનું નિયમન કરે છે.

કરોડરજ્જુ

કરોડરજ્જુ નળાકાર રચના છે જેની શરૂઆત લંબમજ્જાથી થાય છે તે કરોડસ્તંભથી ઘેરાયેલું છે. કરોડરજ્જુ ત્રણ કલાથી ઢંકાયેલ છે, જે તાનિકા તરીકે ઓળખાય છે. ભૂખરું દ્રવ્ય કરોડરજ્જુની મધ્ય બનાવે છે અને શ્વેત દ્રવ્ય તેની ફરતે આવેલું છે. મધ્યસ્થનાલિમાં મસ્તિષ્ક મેરુજળ આવેલું છે. કરોડરજ્જુમાંથી 31 જોડ ચેતાઓ ઉદ્‌ભવે છે. ભૂખરું દ્રવ્ય H આકારે ગોઠવાયેલું હોય છે, ભૂખરું દ્રવ્ય અમજ્જિત ચેતાતંતુઓ અને ટૂંકાપ્રવર્ધો યુક્ત ચેતાકોષો ધરાવે છે. શ્વેત દ્રવ્ય મજ્જિત ચેતાતંતુઓ અને લાંબા પ્રવર્ધો યુક્ત ચેતાકોષો ધરાવે છે. શ્વેત દ્રવ્ય મજ્જિત અક્ષતંતુઓ સુધી ફેલાયેલું છે. ચેતાતંતુઓનો સમૂહ ઊર્ધ્વગામી તથા અધોગામી ફેલાઈને મગજ સાથે જોડાય છે. ઊર્ધ્વગામી માર્ગ સંવેદનશીલ માહિતીઓનું કરોડરજ્જુથી મગજ તરફ વહન કરે છે. જ્યારે અધોગામી માર્ગ ચાલક માહિતીનું મગજથી કરોડરજ્જુ તરફ વહન કરે છે.

14.5 પરાવર્તી ક્રિયા (Reflex Action)

પરાવર્તી ક્રિયા એ ચેતાતંત્રનો સરળ પ્રતિચાર છે. જેમ કે ઝડપથી આપોઆપ વિચાર્યા વગર પીન ભોંકવાથી હાથને દૂર લેવો અથવા અજાણતા ગરમ તક્તીને હાથ અડકતા દૂર લેવો વગેરે. ઉધરસ ખાવી, ઘૂંટણને આંચકો લાગવો, આંખ વડે પલકારા મારવા, બગાસું ખાવું, ઉરોદરપટલ હલનચલન, છીંક વગેરે પરાવર્તી ક્રિયાના અન્ય ઉદાહરણો છે. વધારે પ્રકાશ આવતા આંખની

કીકી નાની થાય છે. પરાવર્તી ક્રિયા નેત્રપટલનું વધારેપડતા પ્રકાશથી નુકસાન થતું અટકાવે છે. ઉધરસ એ પરાવર્તી ક્રિયાનું બીજું ઉદાહરણ છે, જે શ્વાસનળીને સાફ રાખે છે. પ્રતિચાર પ્રત્યેની બેભાન અને અનૈચ્છિક સ્નાયુ અથવા ગ્રંથિની ઉત્તેજનાને પરાવર્તી ક્રિયા તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય. પરાવર્તી ક્રિયા એક એવી પ્રક્રિયા છે જે સ્વયંસ્ફુરિત પ્રક્રિયા છે.

આંખો પટપટાવવી

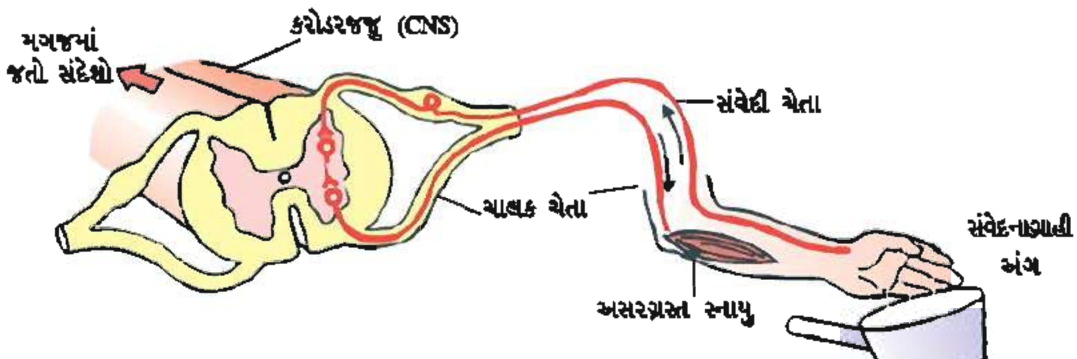
બગાસું ખાવું

છીંકખાવી

આકૃતિ 14.5 : પરાવર્તી ક્રિયાઓ

પરાવર્તી કમાન :

પરાવર્તી ક્રિયામાં સમાવિષ્ટ ઊર્મિવેગના વહન માર્ગને પરાવર્તી કમાન કહે છે. પરાવર્તી કમાન દ્વારા ઝડપથી પ્રતિચાર થાય છે. પરાવર્તી કમાનનો અર્થ નીચેના ઉદાહરણ દ્વારા સમજાવી શકાય છે. ધારો કે આપણે ગરમ થાળીને અડીએ અને ઝડપથી કંઈ પણ વિચાર્યા વગર હાથ ખસેડી લઈએ. અહીં ગરમીની સંવેદના હાથના તાપમાન સંવેદનગ્રાહી અંગો દ્વારા મળે છે. તાપમાન સંવેદનાગ્રાહીભાગો સંવેદી ચેતાને કેન્દ્રમાં રાખીને ઊર્મિવેગો આપે છે, જે માહિતી સ્વરૂપે કરોડરજ્જુ સુધી પહોંચે છે. ત્યારબાદ ઊર્મિવેગનું વહન ચાલક ચેતા દ્વારા થાય છે. ચાલક ચેતાકોષ આ સંદેશો હાથના સ્નાયુઓને પહોંચાડે છે. હાથના સ્નાયુ અસરગ્રસ્ત બને છે, કારણ કે તે ઊર્મિવેગનો પ્રતિચાર આપે છે. આ આવેગ મોકલતો માર્ગ પરાવર્તી કમાન રચે છે.



આકૃતિ 14.6 : પરાવર્તી ક્રિયાઓ

14.6 સ્વયંવર્તી ચેતાતંત્ર (Autonomous Nervous System)

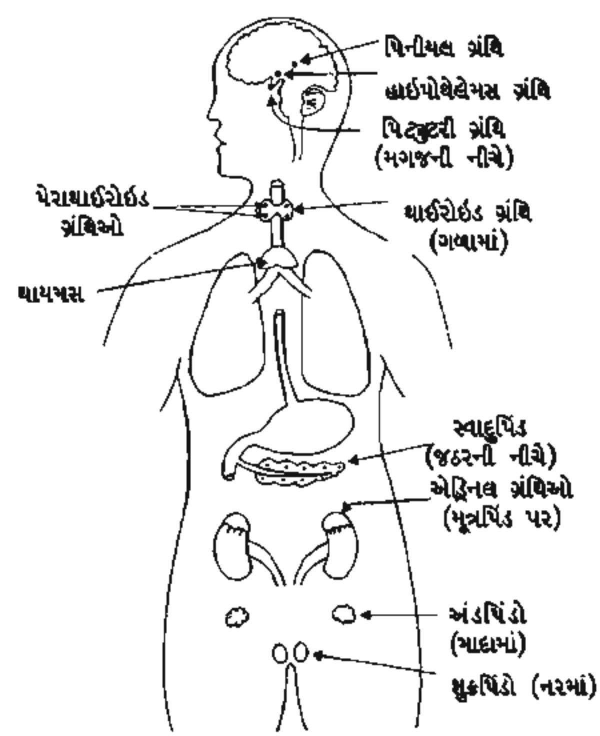
Autonomous શબ્દ 'Autos' એટલે 'સ્વયં' તથા 'nomous' એટલે 'નિયંત્રણ' કરવું તેમાંથી ઉદ્ભવેલો છે. ઑટોનોમસ ચેતાતંત્ર એટલે સ્વયંવર્તી ચેતાતંત્ર. આ તંત્ર શરીરમાં ગોઠવાયેલા અંગો, જે આપમેળે વિચાર્યા વગર અનૈચ્છિક રીતે કાર્ય કરે છે તેના નિયંત્રણ માટે જવાબદાર છે. આ તંત્ર શરીર નિશ્ચિત ચેતાઓની જાળ સ્વરૂપે છે જે શીર્ષ, હૃદય અને રુધિરવાહિનીઓની ફરતે હોય છે જેના વડે પાચનશક્તિ, પરસેવો, શ્વાસોચ્છ્વાસ, હૃદયના સ્પંદન વગેરે પ્રક્રિયાનું નિયમન અને નિયંત્રણ થાય છે. સ્વયંવર્તી ચેતાતંત્રની ચેતાઓ ફેફસાં, પાચનનળી, મૂત્રપિંડ ગ્રંથિઓ અને ત્વચા સાથે જોડાયેલી છે.

સ્વયંવર્તી ચેતાતંત્રના બે પ્રકાર છે : (1) અનુકંપી તંત્ર અને (2) પરાનુકંપી તંત્ર. આ બંને તંત્રના સંકલનથી શરીરના અનૈચ્છિક કાર્યોનું નિયંત્રણ અને નિયમન થાય છે. અનુકંપી અને પરાનુકંપી ચેતાતંત્રની અસરો એકબીજાથી પરસ્પર અને વિરુદ્ધ છે. અનુકંપી ચેતાતંત્ર એ હૃદયના ધબકારા વધારે છે તો પરાનુકંપી તંત્ર તેને ઘટાડે છે અને પછી તેને સામાન્ય સ્થિતિમાં પાછાં લાવે છે.

14.7 અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ (Endocrine Glands)

ગ્રંથિઓ, જે નલિકાવિહીન છે અને જેની નીપજોનું વહન સીધેસીધું રુધિરમાં કરે છે તેને અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ કહે છે. એટલે અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિ એ નલિકાવિહીન ગ્રંથિ કહેવાય છે. અંતઃસ્રાવો શરીરના એક ભાગમાંથી ઉત્પન્ન થાય છે અને શરીરના બીજા ભાગ પર કાર્ય કરે છે. આથી અંતઃસ્રાવ એ રાસાયણિક સંદેશાવાહકના પ્રકાર છે.

મનુષ્યમાં અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ : મનુષ્યનું અંતઃસ્રાવી તંત્ર વિવિધ અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓનું બનેલું છે, જે શરીરના વિવિધ ભાગોમાં ગોઠવાયેલું છે. શરીરની મહત્ત્વની અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ હાઇપોથેલેમસ, પિટ્યુટરી, થાઇરોઇડ, પેરાથાઇરોઇડ, સ્વાદુપિંડ, એડ્રિનલ, શુક્રપિંડ અને અંડપિંડ છે.



આકૃતિ 14.7 : મનુષ્યમાં અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓનું સ્થાન

હાઇપોથેલેમસ એ અગ્રમગજનો ભાગ છે, જે થેલેમસની નીચે અને પિટ્યુટરી ગ્રંથિની ઉપર આવેલ છે. તે ઘણા ચેતાસ્રાવીકોષો ધરાવે છે. તે રીલિઝીંગ હૉર્મોનને ઉત્પન્ન કરે છે અને અગ્રપિટ્યુટરી ગ્રંથિને ઉત્તેજિત કરી તેમાંથી નિશ્ચિત અંતઃસ્રાવોનો સ્રાવ કરાવે છે.

રીલિઝીંગ હૉર્મોન અને તેમની અગ્ર પિટ્યુટરી ગ્રંથિ પરની અસરો નીચે મુજબ છે :

(1) TSH રિલીઝીંગ હૉર્મોન : પિટ્યુટરીમાંથી થાઇરોઇડ સ્ટિમ્યુલેટિંગ (TSH) અંતઃસ્રાવ મુક્ત કરે છે.

(2) GH રિલીઝીંગ હૉર્મોન : પિટ્યુટરીમાંથી ગ્રોથ હૉર્મોન મુક્ત કરે છે.

(3) ACTH રિલીઝીંગ હૉર્મોન : (ACTH) એડ્રિનો કોર્ટિકો ટ્રોપિક હૉર્મોન મુક્ત કરે છે.

(4) ગેનાડોટ્રોપિક રિલીઝીંગ હૉર્મોન : પિટ્યુટરી ગ્રંથિમાંના ફોલિકલ સ્ટિમ્યુલેટિંગ હૉર્મોન(FSH)ને અને લ્યુટિનાઇઝીંગ(LH) અંતઃસ્રાવને મુક્ત કરે છે.

બે અવરોધક અંતઃસ્રાવ પણ હાઇપોથેલેમસમાંથી મુક્ત થાય છે : (1) ગ્રોથ અંતઃસ્રાવ અવરોધકારક ગ્રોથ અંતઃસ્રાવ(GH)ને અવરોધે છે. (2) પ્રોલેક્ટીન અવરોધકારક(PIF)ને પિટ્યુટરીમાંથી સ્રાવ થતો અટકાવે છે.

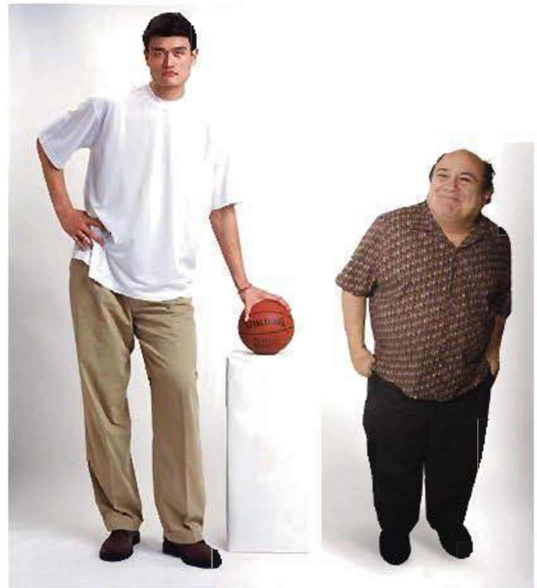
પિટ્યુટરી ગ્રંથિ :

તે પ્રમુખ ગ્રંથિ તરીકે ઓળખાય છે, જે હાઇપોથેલેમસની તરત જ નીચે આવેલી છે. પિટ્યુટરી ગ્રંથિ ત્રણ ખંડોમાં વિભાજિત છે : અગ્ર ખંડ, મધ્ય ખંડ અને પશ્ચ ખંડ.

અગ્ર પિટ્યુટરી ખંડ TSH, ACTH, FSH, LH, પ્રોલેક્ટીન અને GHનો સ્રાવ કરે છે.

મધ્ય પિટ્યુટરી ખંડ મેલેનોસાઇટ સ્ટિમ્યુલેટિંગ અંતઃસ્રાવ (MSH)નો સ્રાવ કરે છે.

પશ્ચ પિટ્યુટરી ખંડ બે પ્રકારના હોર્મોન્સનો સ્રાવ કરે છે : (1) વાસોપ્રેસીન અને (2) ઑક્સિટોસિન. વાસોપ્રેસીન અથવા ઍન્ટિડાયુરેટિક અંતસ્રાવ (ADH) પાણીના પુનઃશોષણને ઉત્તેજે છે અને પેશાબ દ્વારા પાણીના વ્યયનું નિયંત્રણ કરે છે. તે વેસોકન્સ્ટ્રીક્ટરની જેમ કાર્ય કરી ધમનીના રુધિરનું દબાણ વધારે છે. સ્ત્રીમાં ઑક્સિટોસિન બાળકનાં જન્મ વખતે ગર્ભાશયના સ્નાયુઓને સંકોચે છે અને સ્તનગ્રંથિમાંથી દૂધનો સ્રાવ કરે છે.



આકૃતિ 14.8 : વિરાટકાયતા અને વામનતા

ગ્રોથ અંતઃસ્રાવ કારણે અનિયમિતતા :

વામનતા : બાળપણથી ઓછા GHના સ્રાવના કારણે વામનતા પ્રેરાય છે.

વિરાટકાયતા : બાળપણથી વધારે પડતા GH સ્રાવના કારણે વિરાટકાય પરિણમે છે. એટલે કે વિશાળ ઊંચાઈ 7 ફૂટ કરતા વધારે ઊંચાઈ થાય છે.

તરુણાવસ્થા પછી ખૂબ વધુ પડતા GHના સ્રાવને કારણે શરીરના અમુક ભાગો વિશાળકાય બને છે. જેમ કે હાથ, પગ, જડબું, જે શરીરનો દેખાવ ગોરીલા જેવો બનાવે છે.

સ્વાદુપિંડ : સ્વાદુપિંડ શરીરમાં જઠરની તરત નીચું આવેલું છે. સ્વાદુપિંડ એ ઇન્સ્યુલિન અંતઃસ્રાવ ઉત્પન્ન કરે છે. જે રુધિરમાં શર્કરાનું પ્રમાણ નીચું લાવે છે. શરીરમાં ઇન્સ્યુલિનની ઊણપ એ ડાયાબિટીસનું કારણ છે. ડાયાબિટીસને કારણે રુધિરમાં અને મૂત્રમાં વધુ માત્રામાં શર્કરાનો જથ્થો હોય છે. રુધિરમાં વધતા શર્કરાના પ્રમાણને કારણે વ્યક્તિમાં અનેક હાનિકારક અસરો થાય છે. ડાયાબિટીસવાળા વ્યક્તિએ ઓછા પ્રમાણમાં શર્કરા લેવી જોઈએ. આહાર-નિયંત્રણ, શારિરીક વ્યાયામ કરવાથી શરીરનું વજન ઘટાડવાથી, નિયમિતપણે દવાઓ લેવાથી અને ઇન્સ્યુલિન, ઇન્જેકશન લેવાથી ડાયાબિટીસ નિયંત્રણમાં લાવી શકાય છે.

આકૃતિ 14.9 : ગોઇટર

થાઇરોઇડ ગ્રંથિ : થાઇરોડ ગ્રંથિ આપણા શરીરની શ્વાસનલિકા સાથે જોડાયેલી છે. થાઇરોઇડ ગ્રંથિ થાઇરોક્સિન અંતઃસ્રાવ સ્રાવ કરે છે, જે આયોડિનયુક્ત હોય છે.

થાઇરોક્સિન અંતઃસ્રાવ કાર્બોદિત, પ્રોટીન અને ચરબીના ચયાપચયની ક્રિયાના દરનું નિયમન કરે છે. આપણા ખોરાકમાં આયોડિનની ઊણપને કારણે થાઇરોક્સિન ખામી સર્જાય છે. આ રીતે આપણા આહારમાં આયોડિનની ખામીને કારણે હાઇપોથાઇરોડિઝ્મ થાય છે, જેના કારણે થાઇરોઇડ ગ્રંથિ વિસ્તૃત થાય છે. જે ગોઇટર નામના રોગમાં પરિણમે છે. આયોડાઇઝ્ડ મીઠું યોગ્ય માત્રામાં આયોડિનનું પ્રમાણ પૂરું પાડે છે, જે થાઇરોઇડ ગ્રંથિ યોગ્ય માત્રામાં થાઇરોક્સિન બનાવે છે. થાઇરોઇડગ્રંથિની હાઇપર થાઇરોડિસમની સ્થિતિ એ એક્ઝોથેલમિક ગોઇટર તરીકે ઓળખાય છે. (આંખના ઉપસેલા ડોળા)

પેરાથાઇરોઇડ ગ્રંથિ : પેરાથાઇરોઇડ ગ્રંથિઓ ચાર નાની ગ્રંથિઓ છે, જે થાઇરોઇડ ગ્રંથિમાં ખૂંપેલી છે. આ ગ્રંથિમાંથી સ્રાવતા અંતઃસ્રાવને પેરાથોર્મોન અંતઃસ્રાવ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે, જે રુધિરમાં કેલ્શિયમ અને ફૉસ્ફેટનાં પ્રમાણનું નિયમન કરે છે.

એડ્રિનલ ગ્રંથિ : એડ્રિનલ ગ્રંથિઓ બે છે, જે નાની શંકુ આકારની અને બે સ્પષ્ટ વિસ્તારોની બનેલી છે : (1) બહારનો બાહ્યક (2) અંદરનો મજ્જક. એડ્રિનલ બાહ્યક ત્રણ પ્રકારના સ્ટેરોઇડ, અંતઃસ્રાવનો સ્રાવ કરે છે. મિનરલો કોર્ટીકોઇડ આપણા શરીરમાં પાણી તથા Na^+, Cl^- અને K^+ જેવા આયનોનું નિયમન કરે છે. ગ્લુકો કોર્ટીકોઇડ એ કાર્બોદિત, પ્રોટીન અને શરીરની ચરબીના ચયાપચયને ઉત્તેજે છે. જ્યારે જાતીય કોર્ટીકોઇડ એ ગૌણ જાતીય લક્ષણો માટે જવાબદાર છે.

એડ્રિનલ મજ્જક એ એડ્રેનાલિન અને નોન-એડ્રિનાલિન સ્રાવ કરે છે. એડ્રિનાલિન અંતઃસ્રાવ લડો યા ભાગો (fight or flight) તરીકે ઓળખાય છે. તેથી એડ્રિનલ ગ્રંથિને કટોકટી સમયની ગ્રંથિઓ તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે.

શુક્રપિંડ : શુક્રપિંડ એ નરજાતીય અંતઃસ્રાવ ટેસ્ટોસ્ટેરોનનો સ્રાવ કરે છે. ટેસ્ટોસ્ટેરોનનું મુખ્ય કાર્ય જાતીય અંગોનો વિકાસ તેમજ ગૌણ જાતીય લક્ષણો જેવા કે, ઘેરો અવાજ, દાઢી અને મૂછનું નિયંત્રણ કરે છે. શુક્રપિંડ એ શુક્રકોષોનું પણ નિર્માણ કરે છે.

અંડપિંડ : ઇસ્ટ્રોજેન અને પ્રોજેસ્ટેરોન તરીકે ઓળખાતા બે માદા જાતીય અંતઃસ્રાવો ઉત્પન્ન કરે છે.

ઇસ્ટ્રોજનનું મુખ્ય કાર્ય સ્ત્રીના જાતીય અંગો અને ગૌણ જાતીય લક્ષણો જેવા કે, તીણો અવાજ, મુલાયમ ત્વચા, સ્તનગ્રંથિ વગેરેના વિકાસનું નિયંત્રણ કરે છે. પ્રોજેસ્ટેરોનનું મુખ્ય કાર્ય ઋતુસ્રાવ દરમિયાન ગર્ભાશય પર થતા ફેરફાર પર નિયંત્રણ રાખવાનું પણ છે. તે અંડપિંડમાંથી અંડકોષોના નિર્માણનું નિયમન કરે છે.

14.8 અંતઃસ્રાવના ગુણધર્મો (Properties of Hormone)

અંતઃસ્રાવ નીચેના મુખ્ય ગુણ દર્શાવે છે :

- દરેક અંતઃસ્રાવ કોઈ નિશ્ચિત પ્રકારના કોષો દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે.
- અંતઃસ્રાવ જ્યાં સર્જાય છે ત્યાં તેમની અસર હોતી નથી.
- અંતઃસ્રાવ સીધા રુધિરમાં ભળે છે અને રુધિર દ્વારા વહન પામી કોઈ નિશ્ચિત અંગમાં પહોંચી ત્યાં થતી નિશ્ચિત પ્રક્રિયાઓ પર અસર પહોંચાડે છે. આ અસર ઉત્તેજક અથવા અવરોધક હોઈ શકે. આમ, અંતઃસ્રાવ નિયામકી રસાયણો છે.
- અંતઃસ્રાવ પોતાની નિયામકી અસર દરમિયાન વપરાઈ જાય છે.
- રાસાયણિક દૃષ્ટિએ અંતઃસ્રાવ પેપ્ટાઇડ્ઝ અને સ્ટેરોઇડના બનેલા હોય છે. કેટલાક બાયોજેનિક એમાઇન્સ છે.

તમે શું શીખ્યા ?

- પ્રાણીઓની જેમ વનસ્પતિઓમાં ચેતાતંત્ર અને સંવેદી અંગોનો અભાવ હોય છે.
- આપણા શરીરનું નિયંત્રણ અને સહનિયમન ચેતાતંત્ર અને અંતઃસ્રાવ કરે છે.
- ચેતાપેશી ચેતાકોષોના જાળીની બનેલી છે અને તે ચેતાતંત્ર વીજ ઊર્મિવેગ વડે માહિતીને શરીરના જુદા જુદા ભાગો સુધી પહોંચાડવા માટે વિશિષ્ટ છે.
- પ્રતિચાર પ્રત્યેની બેભાન અને અનૈચ્છિક ઉત્તેજનાને પરાવર્તી ક્રિયા કરે છે.
- પરાવર્તી ક્રિયામાં ઊર્મિવેગના વહનમાર્ગને પરાવર્તી કમાન કહે છે.
- માનવનું મગજ એ ઉચ્ચ કક્ષાનું વિશિષ્ટ અંગ છે અને જે ઉચ્ચ કક્ષાએ સહનિયમન કરતું શરીરનું કેન્દ્ર છે.

- બાહ્ય ઉત્તેજના બે પ્રકારની છે : (1) આવર્તન અને (2) નેસ્ટીઝમ.
- અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિમાંથી ઉત્પન્ન થતા અંતઃસ્રાવો આપણા શરીરના અંગો અને ચેતાતંત્ર વચ્ચે સંદેશો પૂરો પાડે છે.
- ચેતાતંત્ર ઉપરાંત અંતઃસ્રાવી તંત્ર પણ આપણા શરીરની ક્રિયાઓનું સહનિયમન કરવામાં મદદ કરે છે.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) ગુરુત્વાકર્ષણ તરફ થતા વનસ્પતિના હલનચલનને શું કહે છે ?

(A) જલાનુવર્તન (B) ભૂઆવર્તન (C) રસાયણાનુવર્તન (D) પ્રકાશાનુવર્તન

(2) છોડનો કયો ભાગ ઋણ ભૂઆવર્તન દર્શાવે છે ?

(A) મૂળ (B) પ્રકાંડ (C) ડાળી (D) પર્ણ

(3) પરાગનલિકાની વૃદ્ધિ અંડક તરફ થવાનું કારણ તેનું .... છે.

(A) પ્રકાશાનુવર્તન (B) જલાનુવર્તન (C) ભૂઆવર્તન (D) રસાયણાનુવર્તન

(4) પ્રકાશની ઉત્તેજનાથી વનસ્પતિના પ્રરોહના વળવાની ક્રિયાને શું કહે છે ?

(A) ભૂઆવર્તન (B) પ્રકાશાનુવર્તન (C) સ્પર્શાનુવર્તન (D) ફોટોનેસ્ટી

(5) સ્પર્શાનુવર્તનની પ્રક્રિયામાં કઈ ઉત્તેજના છે ?

(A) સ્પર્શ (B) ગુરુત્વાકર્ષણ (C) પ્રકાશ (D) રસાયણ

(6) નીચેનામાંથી ક્યું માનવશરીરની શારીરિક સ્થિતિ અને સમતોલપણું જાળવવામાં મદદ કરે છે ?

(A) બૃહદ્‌મસ્તિષ્ક (B) અનુમસ્તિષ્ક (C) લંબમજ્જા (D) સેતુ

(7) કરોડરજ્જુમાંથી કેટલી જોડ ચેતાઓ ઉત્પન્ન થાય છે ?

(A) 21 (B) 31 (C) 41 (D) 51

(8) અનુમસ્તિષ્ક, લંબમજ્જા અને સેતુ એ શાના ભાગ છે ?

(A) મધ્યમગજ (B) નાનું મગજ (C) અગ્રમગજ (D) કરોડરજ્જુ

(9) નીચેના પૈકી કયા અંતઃસ્રાવના સંશ્લેષણ માટે આયોડિન જરૂરી છે ?

(A) એડ્રિનાલીન (B) ઑક્સિઝન (C) થાઇરૉક્સિન (D) ઇન્સ્યુલિન

(10) નીચેનામાંથી કઈ જોડી સાચી નથી ?

(A) એડ્રિનાલિન - પિટ્યુટરી ગ્રંથિ (B) ઇસ્ટ્રોજન - અંડપિંડ

(C) સ્વાદુપિંડ - ઇન્સ્યુલિન (D) પ્રોજેસ્ટેરોન - અંડપિંડ

(11) કરોડરજ્જુ ક્યાંથી ઉત્પન્ન થાય છે ?

(A) બૃહદ્‌મસ્તિષ્ક (B) અનુમસ્તિષ્ક (C) લંબમજ્જા (D) સેતુ

(12) આમાંથી કયો અંતઃસ્રાવ આપણા શરીરને કટોકટીની પરિસ્થિતિમાં તૈયાર કરે છે ?

(A) ટેસ્ટોસ્ટેરોન (B) વૃદ્ધિ અંતઃસ્રાવ (C) એડ્રિનાલાઇન (D) ઇન્સ્યુલિન

(13) કયો નર જાતિ અંતઃસ્રાવ છે ?

(A) ઇસ્ટ્રોજન (B) એડ્રિનાલાઇન (C) ટેસ્ટોસ્ટેરોન (D) પ્રોજેસ્ટેરોન

(14) માનવશરીરમાં કઈ અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિ જોડીમાં નથી હોતી ?

(A) એડ્રિનલ (B) પિટ્યુટરી

(C) શુક્રપિંડ (D) અંડપિંડ

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) થિગ્મોનેસ્ટી (સ્પર્શાનુવર્તન) દર્શાવતા છોડનું નામ આપો.

(2) નીચેના વાક્યોને દર્શાવતા વૈજ્ઞાનિક શબ્દો આપો :

(અ) પ્રરોહનું પ્રકાશ તરફ વળવું. (બ) મૂળનું જમની તરફ વૃદ્ધિ પામવું.

(ક) પરાગનલિકાનું અંડક તરફ વૃદ્ધિ પામવું. (ડ) મૂળનું પાણી તરફ વધવા વળવું.

(ઈ) સૂત્રારોહીનું આધાર સાથે વીંટળાઈ જવું.

(3) પાણીના વ્યયને કારણે વનસ્પતિના ભાગનું હલનચલન થતું હોય તેવું એક ઉદાહરણ આપો.

(4) ઉચ્ચ કક્ષાના પ્રાણીઓમાં નિયંત્રણ અને સહનિયમન કરતા બે તંત્રોના નામ આપો.

(5) ચેતાકોષના ત્રણ ભાગના નામ લખો.

(6) માનવમગજના મહત્ત્વપૂર્ણ ભાગના નામ લખો.

(7) અનુમસ્તિષ્ક અને સેતુનું કોઈ પણ એક કાર્ય લખો.

(8) પિટ્યુટરી ગ્રંથિ દ્વારા ઉત્પન્ન થતા એક અંતઃસ્રાવનું નામ આપો.

(9) માનવશરીરમાં અંતઃસ્રાવ ક્યાં બને છે ?

(10) વૃદ્ધિ અંતઃસ્રાવ કઈ ગ્રંથિ કરે છે ?

(11) શરીરમાં ઇન્સ્યુલિન અંતઃસ્રાવની ઊણપને કારણે થતા રોગનું નામ આપો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :

(1) (અ) મૂળ ગુરુત્વાકર્ષણ શું પ્રતિચાર આપે છે ? આ કઈ ઘટના છે ?

(બ) પ્રકાંડનો પ્રકાશ સામે શું પ્રતિચાર હોય છે ? આ કઈ ઘટના છે ?

(2) (અ) પ્રકાંડ ગુરુત્વાકર્ષણ સામે શું પ્રતિચાર આપે છે ? આ કઈ ઘટના છે ?

(બ) મૂળ પ્રકાશ સામે શું પ્રતિચાર આપે છે ? આ કઈ ઘટના છે ?

(3) (અ) કરોડરજ્જુ એટલે શું ? તેનું મુખ્ય કાર્ય શું છે ?

(બ) લંબમજ્જાનું કાર્ય જણાવો.

(4) (અ) અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓમાંથી સ્રવતા અંતઃસ્રાવોના નામ આપો.

(અ) થાઈરોઈડ ગ્રંથિ (બ) પેરાથાઈરોઈડ ગ્રંથિ (ક) સ્વાદુપિંડ (ડ) એડ્રિનલ ગ્રંથિ

(બ) ટેસ્ટોસ્ટેરોન અને ઇસ્ટ્રોજન અંતઃસ્રાવોનાં કાર્ય જણાવો.

(5) (અ) પશ્ચમગજમાં જોવા મળતાં ભાગો અને તે દરેકના કાર્ય જણાવો.

(બ) બૃહદ્‌મસ્તિષ્કનું કાર્ય જણાવો.

(6) CNS શબ્દ શું સૂચવે છે ?

4. નીચેના પ્રશ્નોના મુદ્દાસર ઉત્તર આપો :

(1) (અ) આવર્તન એટલે શું ? ઉદાહરણ સાથે સમજાવો.

(બ) આવર્તનના પ્રકાર જણાવો દરેક પ્રકારના આવર્તનની વ્યાખ્યા આપો. દરેક પ્રકારમાં ઉત્તેજનાનું નામ લખો.

(ક) આવર્તન નેસ્ટિક હલનચલનથી કઈ રીતે જુદું પડે છે ?

(2) (અ) પ્રકાશાનુવર્તનને વ્યાખ્યાયિત કરી અને તેનું એક ઉદાહરણ આપો.

(બ) પ્રકાશાનુવર્તન વનસ્પતિ પ્રકાંડમાં કઈ રીતે જોવા મળે છે ? જરૂરી આકૃતિની મદદથી તેને સમજાવો.

(ક) ધન પ્રકાશાનુવર્તન અને ઋણ પ્રકાશાનુવર્તન શું છે ? દરેક પ્રકાર માટે એક ઉદાહરણ આપો.

(3) (અ) ચેતાતંત્રના રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક એકમનું નામ આપો.

(બ) સ્વયંવર્તી ચેતાતંત્ર એટલે શું ? તેનું કાર્ય શું છે ?

(ક) ઐચ્છિક ચેતાતંત્રનું કાર્ય ઉદાહરણ સાથે સમજાવો.

(4) (અ) પરાવર્તી ક્રિયા એટલે શું ? ઉદાહરણ સાથે સમજાવો.

(બ) અનૈચ્છિક ક્રિયા અને પરાવર્તી ક્રિયા એકબીજાથી કઈ રીતે જુદા પડે છે ?

(5) (અ) માનવશરીરમાં જોવા મળતી પાંચ અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિના નામ આપો. દરેક ગ્રંથિમાંથી નીકળતા સ્રાવના નામ આપો.

(બ) પિટ્યુટરીમાંથી નીકળતા અંતઃસ્રાવનું નિયમન કરતી ગ્રંથિનું નામ આપો.

(ક) આપણું શરીર એડ્રિનાલિનના રુધિરમાં વધુ પડતા સ્રાવથી કેવો પ્રતિચાર આપે છે ?

(ડ) ખોરાકમાં આયોડિનની ઊણપથી પુખ્ત વ્યક્તિમાં થતા રોગનું નામ જણાવો. આ રોગનું મુખ્ય લક્ષણ કયું છે ?

એકમ

15

સજીવોમાં પ્રજનન
(Reproduction in Organisms)

એ હકીકત છે કે દરેક સજીવ સમય સાથે વૃદ્ધિ કરે છે અને મૃત્યુ પામે છે. દરેક સજીવ પૃથ્વી પર મર્યાદિત સમય પૂરતા જીવંત રહે છે અને પછી મૃત પામે છે. આથી મૃત્યુ પામેલ સજીવને સ્થાને નવા સજીવ ઉત્પન્ન થવા જરૂરી બને છે, જે પ્રજનનની પ્રક્રિયાથી શક્ય બને છે. જેથી હાલ અસ્તિત્વ ધરાવતા સજીવો આ પૃથ્વી પર પોતાની જાતિનું અસ્તિત્વ ટકાવી રાખવા પોતાના જેવા જ સજીવો ઉત્પન્ન કરે છે.

15.1 પ્રજનન શું છે ? (What is Reproduction ?)

આગળના પ્રકરણોમાં જીવન પ્રક્રિયાઓ કે જે પ્રાણીને જીવંત રાખવા માટે મદદરૂપ થાય છે તે વિશે આપણે શીખી ગયા છીએ. દરેક સજીવ ચોક્કસ મર્યાદિત સમય માટે જીવંત રહે છે અને ત્યારબાદ મૃત્યુ પામે છે. અસ્તિત્વ ધરાવતા સજીવમાંથી એ જ શૃંખલાના નવા સજીવોના નિર્માણને પ્રજનન (પ્રજોત્પાદન) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. આમ, પ્રજનનથી નવા સજીવો (પ્રાણીઓ) ઉત્પન્ન થાય છે. આથી પ્રજનન એ જીવંત સજીવોનું એક ખૂબ જ મહત્ત્વનું લક્ષણ છે અને તે તેના જેવી જાતિના વધુ સભ્યો નવેસરથી ઉત્પન્ન કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. આમ, પ્રજનન એ જાતિઓનાં અસ્તિત્વ માટે અનિવાર્ય છે. પ્રજનનની પ્રક્રિયા જીવન સાતત્યને સામે સલામત બનાવે છે.

15.2 શું સજીવો તેમની ચોક્કસ નકલો બનાવવા માંગે છે ? (How Organisms Create Exact Copies of Themselves ?)

એક જ જાતિના સજીવો સમાનતા દર્શાવે છે, કારણ કે તેમના શરીરની રૂપરેખા સમાન હોય છે. શરીરની રૂપરેખાની સમાનતા જાળવી રાખવા માટે રૂપરેખાની બ્લૂપ્રિન્ટ પણ સમાન હોવી જોઈએ. પ્રજનન એક પ્રક્રિયા છે, જે બ્લૂપ્રિન્ટની નકલો તૈયાર કરે છે. ધોરણ 9માં આપણે અભ્યાસ કર્યો કે કોષના કોષકેન્દ્રમાં આવેલા રંગસૂત્રો DNAમાં સંગ્રહિત પ્રોટીનના સંશ્લેષણની માહિતી ધરાવે છે. જો માહિતીમાં કોઈ ફેરફાર થાય તો પ્રોટીનમાં પણ ફેરફાર થાય છે. જે અંતે શરીરની રૂપરેખામાં ફેરફાર કરે છે. કોષની બીજી નકલનું નિર્માણ પ્રજનનના પાયાની ઘટના છે. DNAની પ્રતિકૃતિ થવાથી કોષોની પ્રતિકૃતિ થાય છે. આમ બે સંતતિ કોષો નિર્માણ થાય છે.

આ પ્રકારે રચાયેલ બે કોષો સરખા તો હોય છે, પણ સર્વાંગ એકરૂપ હોય ખરા ? આનો આધાર જનીન-શૃંખલા માહિતીની પ્રત કેટલી ચોકસાઈથી કરાયેલ છે તેના પર રહેલો છે. જોકે નકલ દરમિયાન ક્ષતિ માટે જવલ્લે જ અવકાશ હોય છે, પરંતુ થાય ત્યારે લક્ષણોમાં પરિવર્તન લાવે છે. જ્યારે ફેરફારો કોષતંત્ર અને કાર્યદક્ષતા સાથે સુમેળ સાધે તેમ ન હોય ત્યારે તેવા પરિવર્તિત કોષો વૃદ્ધિ પામવા અથવા જીવિત રહેવા સક્ષમ હોતા નથી. ઉત્ક્રાંતિની કુદરતી પ્રક્રિયા એ આવા ધીમા પણ નિશ્ચિત

ફેરફારોનું પરિણામ છે. જે ઉત્ક્રાંતિના લાંબા કાળક્રમ દરમિયાન ઉદ્ભવે છે. આ ફેરફારો માટેની અંતઃપ્રકૃતિ શી રીતે ઉત્ક્રાંતિનો પાયો બને છે, તેની સમજ આગામી મુદ્દા છે.

15.3 વિભિન્નતાનું મહત્ત્વ (The Importance of Variation)

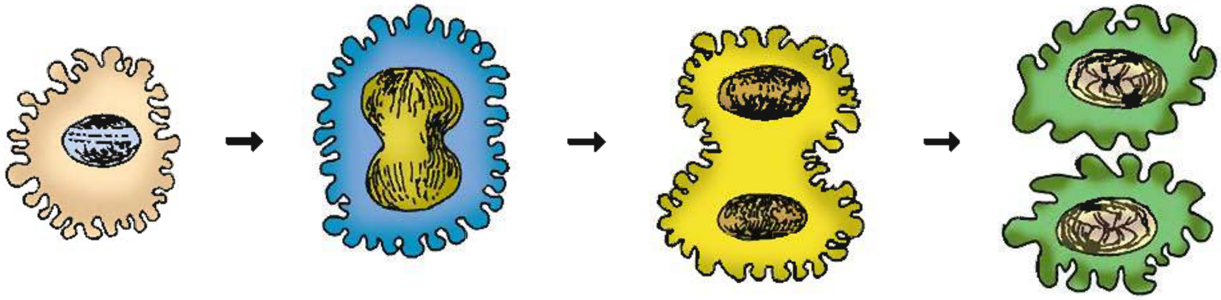
વસતીના સજીવો જીવનપદ્ધતિઓ (Niches) અથવા નિવસનતંત્રમાં પણ પ્રજનન કરે છે. પ્રજનન દરમિયાન DNAની નકલ શરીરની રૂપરેખાના લક્ષણની જાળવણી માટે મહત્ત્વની છે. આથી પ્રજનન એ વસતીની જાતિની સ્થિરતા સાથે જોડાયેલ છે.

જીવનપદ્ધતિઓ(Niches)માં ફેરફાર આવી શકે છે. આ ફેરફાર માટેના કારણો સજીવના નિયંત્રણમાં નથી હોતો. આવા ફેરફારો પૃથ્વીના તાપમાનમાં વધઘટ, પાણીના સ્તરમાં વિવિધતા અથવા ઉલ્કા દ્વારા થતા હોય છે. આપણે કેટલાક ઉદાહરણો જોઈએ. ધારો કે પ્રજનન સજીવોની વસતી ચોક્કસ જીવનપદ્ધતિને અનુકૂલિત થઈ હોય અને જો જીવનપદ્ધતિમાં ફેરફાર થયા હોય તો વસતીનો નાશ થઈ શકે છે. તે વસતીમાં કે વ્યક્તિમાં થોડી પણ ભિન્નતા રહેલી હોય તો તેઓને જીવવા માટે થોડી તકો મળી શકે છે. એક બૅક્ટેરિયાની વસતી મધ્યમ તાપમાનવાળા પાણીમાં જીવંત રહે છે પરંતુ ગ્લોબલ વૉર્મિંગને કારણે પાણીનું તાપમાન વધે જેથી ઘણા બૅક્ટેરિયા મૃત્યુ પામે. તેમાંથી કેટલાક તાપમાન પ્રતિરોધક બૅક્ટેરિયા ટકી શકે છે અને તે વૃદ્ધિ પામે છે. આમ, વિવિધતા જાતિઓના અસ્તિત્વ માટે ઉપયોગી છે.

15.4 સજીવમાં પ્રજનનનાં પ્રકારો (Types of Reproduction in Organisms)

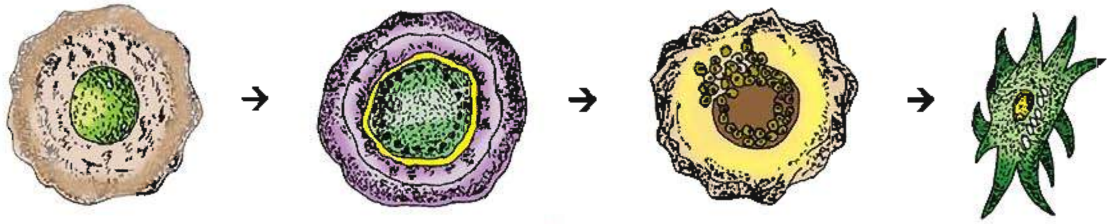
અલિંગી પ્રજનનનાં પ્રકારો :

(અ) વિભાજન (Fission) : પ્રજીવો અને બૅક્ટેરિયા જેવા એકકોષીય પ્રાણીઓમાં અલિંગી પ્રજનન પદ્ધતિમાં વિભાજન એ સરળ પદ્ધતિ છે. વિભાજનની પ્રક્રિયામાં એકકોષીય સજીવોના વિભાજનથી બે નવા સજીવો(પ્રાણી)માં પરિણમે છે. વિભાજનનાં બે પ્રકારો છે : દ્વિભાજન (Binary Fission) અને બહુભાજન (Multiple Fission). દ્વિભાજનમાં કોષકેન્દ્ર લંબાઈને બે ભાગમાં વિભાજિત થાય છે. પછી કોષરસનું બે ભાગમાં વિભાજન થઈ દરેક કોષકેન્દ્ર ફરતે તેમાંનો એક ભાગ વીંટળાય છે. તેને પરિણામે બે બાળકોષો બને છે. દરેક એક પુખ્ત સજીવની જેમ વિકાસ પામે છે. દા.ત. અમીબા અને પેરામિશિયમ.



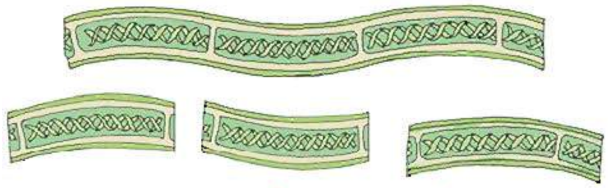
આકૃતિ 15.1 : દ્વિભાજન

બહુભાજનમાં પિતૃ સજીવોમાંથી એક જ સમયે વિભાજનથી ઘણા નવા સજીવ બને છે. ખાસ કરીને અસામાન્ય પરિસ્થિતિઓ દરમિયાન કોષની ફરતે એક કોષ્ઠનું નિર્માણ થાય છે. આ કોષ્ઠની અંદર, કોષકેન્દ્ર અનેક વખત વિભાજન પામી નવા બાળ કોષકેન્દ્રો બનાવે છે. દરેક બાળ કોષકેન્દ્રની ફરતે કોષરસનો થોડો જથ્થો એકત્રિત થાય છે. અને તેમની (કોષકેન્દ્ર) ફરતે પાતળું પટલ બનાવે છે. આમ, કોષ્ઠની અંદર એક પિતૃકોષમાંથી બનેલા ઘણા બાળકોષો આવેલાં હોય છે. સામાન્ય અનુકૂળ પરિસ્થિતિ આવે છે, ત્યારે કોષ્ઠ તૂટીને ખૂલ્લું થાય અને ઘણા બાળકોષો મુક્ત થાય છે તથા દરેક નવા સજીવનું (પ્રાણીનું) નિર્માણ કરે છે. દા.ત. અમીબા અને પ્લાઝ્મોડિયમ.



આકૃતિ 15.2 : બહુભાજન

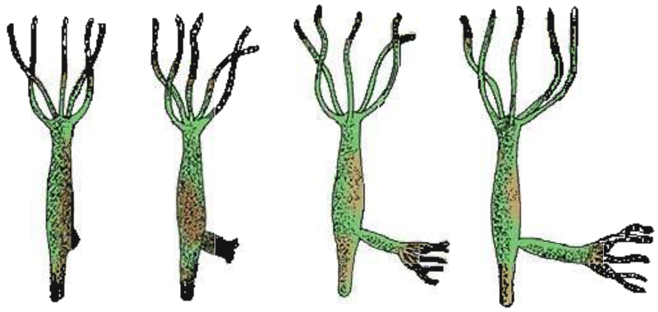
(બ) અવખંડન (Fragmentation) : બહુકોષી સજીવોનાં શરીર બે અથવા ઘણા ટુકડાઓમાં વિભાજિત થાય છે અને પરિપક્વ બને છે. આ દરેક ટુકડો સંપૂર્ણ નવા પ્રાણી તરીકે વૃદ્ધિ પામે છે, જેને અવખંડન (ફ્રેગમેન્ટેશન) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. દા.ત. સ્પાયરોગાયરા



આકૃતિ 15.3 : અવખંડન

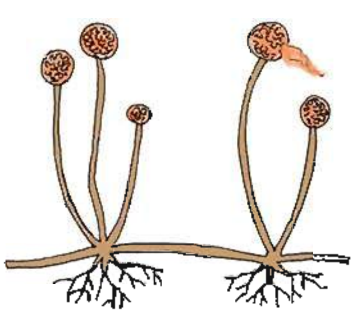
આકૃતિ 15.4 : પુનઃસર્જન

(ક) પુનઃસર્જન (Regeneration) : કેટલાંક પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓમાં તેમનાં શરીરનો કાપેલો નાનો ભાગ સંપૂર્ણ નવા પ્રાણી તરીકે વિકાસ પામે છે. દા.ત. હાઇડ્રા અને પ્લેનેરિયા.



આકૃતિ 15.5 : કલિકાસર્જન

(ડ) કલિકાસર્જન (Budding) : કલિકાસર્જનમાં, પિતૃપ્રાણીના શરીરમાંથી બહાર તરફ એક નાનો ભાગ (અંકુર) વૃદ્ધિ પામે છે. જે પછીથી પિતૃપ્રાણીથી છૂટું પડી તેમાંથી નવું પ્રાણી બને છે. દા.ત. હાઇડ્રા અને પ્લેનેરિયા.

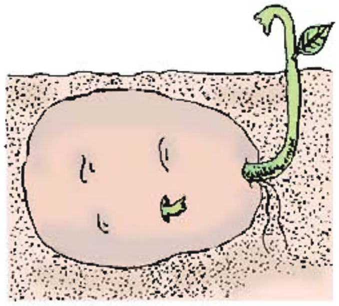


આકૃતિ 15.6 : બીજાણું સર્જન

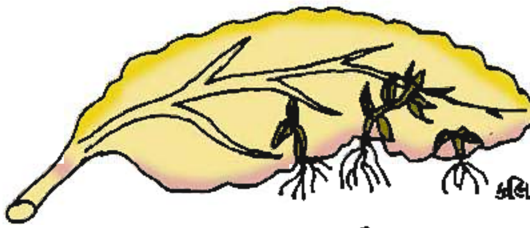
(ડ) બીજાણુંસર્જન (Spore formation) : બીજાણુંઓ રક્ષણાત્મક આવરણથી ઘેરાયેલ વનસ્પતિઓનો સૂક્ષ્મ પ્રજનન એકમ છે. જ્યારે રક્ષણાત્મક આવરણ તૂટે છે ત્યારે બીજાણુંઓ હવામાં ફેલાય છે. આ હવામાં તરતા બીજાણુંઓ ખોરાક પર સ્થિર થાય છે અને સાનુકૂળ સ્થિતિમાં તેઓ અંકુરણ પામી નવી વનસ્પતિઓ સર્જે છે. ઉદા. રાઇઝોપસ અને મ્યૂકર.

15.5 વાનસ્પતિક પ્રજનન (Vegetative Propagation)

વાનસ્પતિક પ્રજનન એ અલિંગી પ્રજનનની પદ્ધતિ છે, જે ફક્ત વનસ્પતિમાં જ જોવા મળે છે. વાનસ્પતિક પ્રજનન વનસ્પતિના ભાગો જેવા કે મૂળ, પ્રકાંડ અને પર્ણના જૂના સપાટ ભાગો, કોઈ પણ પ્રજનન અંગોની મદદ સિવાય મેળવવામાં આવે છે. વાનસ્પતિક પ્રજનન વનસ્પતિના જૂના ભાગોમાં વિકાસ અને વૃદ્ધિ નિષ્ક્રિય (સુષુપ્ત) સ્થિતિની કલિકાનો સમાવેશ કરવામાં આવે છે. આ નિષ્ક્રિય સ્થિતિની કલિકાઓને જ્યારે યોગ્ય ભેજ અને તાપમાન મળે છે ત્યારે આ કલિકાઓની વૃદ્ધિ થતા નવી વનસ્પતિઓ બને છે. પાનફૂટીના પર્ણમાં કલિકાઓ જોવા મળે છે. બટાટાના કંદ તેની સપાટી ઉપર ઘણી સંખ્યામાં કલિકાઓ ધરાવે છે, જે તેના વાનસ્પતિક પ્રજનન તરીકેના અંગનું કાર્ય કરે છે. બટાટાનો કંદ જમીનમાં વાવવામાં આવે ત્યારબાદ કલિકાઓ વૃદ્ધિ પામી નવા છોડ બનાવે છે.



બટાટાના ગ્રંથિલ



પાનફૂટી

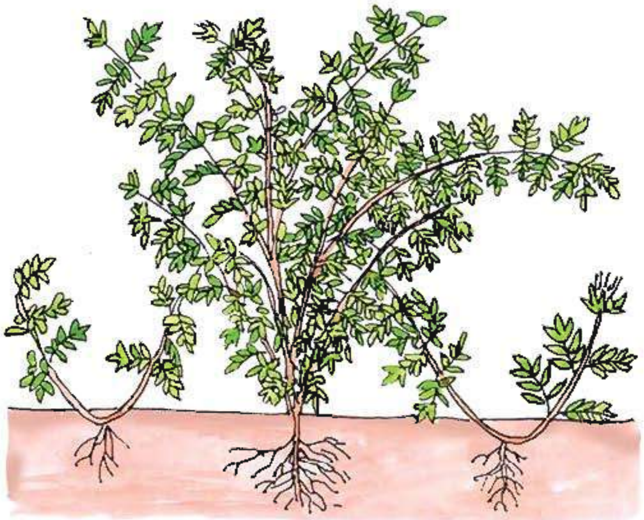
આકૃતિ 15.7 : વાનસ્પતિક પ્રજનન

15.6 વનસ્પતિમાં કૃત્રિમ પ્રજનન (Artificial Propagation in Plant)

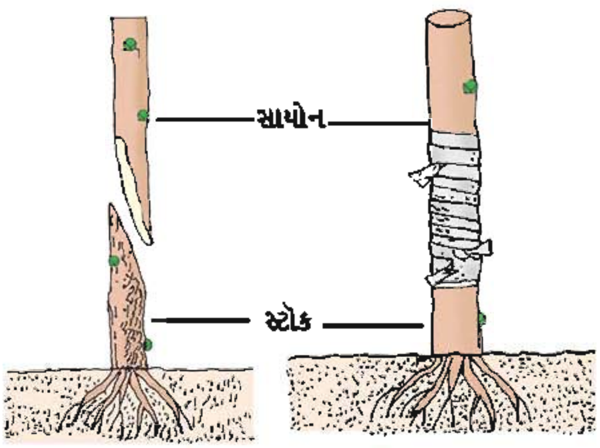
કૃત્રિમ પ્રજનન દ્વારા બનાવેલ પદ્ધતિના ઉપયોગથી એક વનસ્પતિમાંથી અનેક વનસ્પતિ ઉત્પન્ન થાય છે. તેને વનસ્પતિમાં કૃત્રિમ પ્રજનન તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. વનસ્પતિની કૃત્રિમ પ્રજનન માટેની ત્રણ સામાન્ય પદ્ધતિઓ છે : (1) કલમ (2) દાબકલમ અને (3) આરોપણ. પ્રકાંડ અથવા મૂળ અથવા કલિકાઓ ધરાવતાં પર્ણોને કાપીને લેવામાં આવે છે. તેના નીચેના ભાગને ભેજવાળી જમીનમાં દાટવામાં આવે છે. થોડા દિવસ પછી, કાપેલા ભાગોમાં મૂળનો વિકાસ થાય છે. અને તેની વૃદ્ધિ પિતૃછોડ જેવી જ થાય છે. આ પદ્ધતિનો ફાયદો એ છે કે બીજ સિવાય, આપણે માત્ર એક જ છોડમાંથી અનેક નવા છોડ ઝડપથી મેળવી શકીએ છીએ. દા.ત. ગુલાબ અને બોગનવીલીયા

આકૃતિ 15.8 : કલમ કરવી

દાબકલમ કરવી (Layering) : પ્રકાંડના એક ભાગને જમીન તરફ ખેંચી તેને માટી દ્વારા આવરી લેવામાં આવે છે. આવરી લેવાયેલ ભાગમાં પોતાના મૂળ વિકાસ પામી સ્વતંત્ર રીતે વર્તે છે અને પિતૃછોડથી છૂટા પડે છે. હવે તેનો પુખ્ત છોડમાં વિકાસ થાય છે. દા.ત. લીંબુ અને બોગન ગુલદાઉદી.



આકૃતિ 15.9 : દાબકલમ કરવાની પદ્ધતિ



આકૃતિ 15.10 : આરોપણ કલમ

આરોપણ (Grafting) : આ પદ્ધતિમાં બે જુદા જુદા છોડના પ્રકાંડને કાપીને, એક ભાગ મૂળ વગરનો અને બીજો મૂળ સાથેનો લેવામાં આવે છે. આ બંને ભાગોને એવી રીતે જોડવામાં આવે છે કે તેઓ એકબીજાનાં પૂરક (એકમ) રહે અને એક છોડની જેમ વૃદ્ધિ પામે. મૂળ ધરાવતા પ્રકાંડને સ્ટૉક (Stock–જેના પર કલમ કરી હોય તે છોડ) કહેવામાં આવે છે. બીજા છોડના કાપેલા પ્રકાંડને સાયોન (Scion કલમ કરવા માટેનો રોપો) કહેવામાં આવે છે. સાયોન ઉપરનો ભાગ છે, જેમાં પર્ણ ઉદ્‌ભવવાની પ્રક્રિયા થાય છે. પરંતુ મૂળ ઉદ્‌ભવતું નથી. સાઇટ્રસ(લીંબુજાતિનું)ના સ્ટૉક ઉપર નારંગી અથવા લીંબુનો સાયોન કલમ તરીકે લગાવી શકાય છે. બંને વનસ્પતિના ઇચ્છનીય લક્ષણો કલમ દ્વારા મેળવી શકાય છે. જ્યાં બીજનો સુષુપ્તતા સમયગાળો લાંબો હોય અને અંકુરણક્ષમતા નહિવત્ હોય તેમજ વિભિન્ન બીજરહિત ફળો જેવી વનસ્પતિમાં આરોપણ પદ્ધતિ હંમેશા ઉત્તમ છે.

15.7 લિંગી પ્રજનન (Sexual Reproduction)

લિંગી પ્રજનનમાં બે પ્રકારના જાતીયકોષો ભેગા થાય છે, એટલે કે નર જાતીયકોષો અને માદા જાતીયકોષો. લિંગી પ્રજનનમાં સમાવિષ્ટ જાતીયકોષોને જનનકોષો તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. લિંગી પ્રજનનમાં, નર જનનકોષ અને માદા જનનકોષ સાથે ભેગા મળી 'ફલિતાંડ' ઉત્પન્ન કરે છે. આ ફલિતાંડ આગળ જઈને નવા સજીવ તરીકે વિકાસ પામે છે.

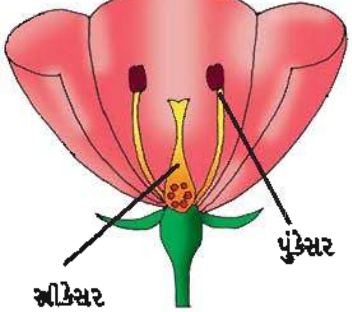
લિંગી પ્રજનનનું મહત્ત્વ (The Importance of Sexual Reproduction) :

લિંગી પ્રજનનનાં ઘણા ફાયદા છે. લિંગી પ્રજનનને કારણે સંતાન(વંશજ)માં જનિનીક ભિન્નતા આવે છે. લિંગી પ્રજનનથી વસતીમાં મોટી વિવિધતા આવે છે. વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓની જાતિઓમાં ફેરફાર થતાં પર્યાવરણમાં ઝડપી અનુકૂળતા થઈ શકે છે. તેમાંથી વ્યક્તિગત ફેરફારો સામે જે વધુ અનુકૂલિત થશે તે ટકી શકશે અને લૈંગિક પ્રજનન કરી શકશે. સંતતિમાં લિંગી પ્રજનન દર્શાવે છે કે લક્ષણોની વૈવિધ્યતા જનિનીક ભિન્નતા દ્વારા પૂરી પાડવામાં આવે છે. નવી જાતિના ઉદ્‌ભવમાં

લિંગી પ્રજનન મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. આ જનિનીક વિવિધતાનાં મહત્ત્વની ભૂમિકા તરફ લઈ જાય છે. આ જનીનિક વિવિધતા ઉત્ક્રાંતિના પરિણામે વિવિધ જાતિમાં સારા સજીવો નિર્માણ થઈ શકે છે. લિંગી પ્રજનનમાં, નર જનનકોષનું અને માદા જનનકોષનું જનિનીક દ્રવ્ય DNA સાથે મળી ફલિતાંડ બનાવે છે. પરંતુ ફલિતાંડમાં DNAનું પ્રમાણ બમણું થતું નથી. નર અને માદા જનનકોષો પ્રાણીશરીરના સામાન્ય કોષોની સરખામણીમાં રંગસૂત્ર સંખ્યા અડધી ધરાવે છે. લિંગી પ્રજનન દરમિયાન જ્યારે નર જનનકોષ સાથે માદા જનનકોષ ભેગા થાય છે, ત્યારપછી ફલિતાંડ સામાન્ય DNAનું પ્રમાણ અથવા સામાન્ય રંગસૂત્રની સંખ્યા મેળવે છે. દા.ત. માનવ અંડકોષ 23 રંગસૂત્રો ધરાવે છે અને શુક્રકોષ પણ 23 રંગસૂત્રો ધરાવે છે. આથી જ્યારે ફલન દરમિયાન શુક્રકોષ અને અંડકોષ ભેગા થઈ ફલિતાંડ બનાવે છે ત્યારે 23 + 23 = 46 રંગસૂત્રો બને છે, જે મનુષ્યમાં સામાન્ય રંગસૂત્ર સંખ્યા છે.

15.8 પુષ્પીય વનસ્પતિમાં લિંગી પ્રજનન (Sexual Reproduction in Flowering Plants)

વનસ્પતિના લિંગી અંગો પુષ્પની અંદર સ્થિત થયેલ હોય છે. મોટાભાગની વનસ્પતિઓમાં, પુષ્પ એ નર અને માદા પ્રજનન અંગો ધરાવે છે. આવી વનસ્પતિને દ્વિલિંગી તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. આમ વનસ્પતિના ઉચ્ચ સમૂહમાં પ્રજનન ભાગ પુષ્પ છે. પુષ્પનું કાર્ય નર અને માદા જનનકોષો ઉત્પન્ન કરવાનું અને ફલન કરી વનસ્પતિ માટે નવા બીજ બનાવવાનું છે. પુષ્પમાં પુંકેસર એ નર અંગ છે, જે નર જનનકોષો (નરજન્યુ) ઉત્પન્ન કરે છે. પુષ્પમાં સ્ત્રીકેસર માદા અંગ છે, જે માદા જનનકોષો ઉત્પન્ન કરે છે. માદા જનનકોષો બીજાશયમાં આવેલ બીજાંડ (અંડક)માં હાજર હોય છે. જેમાં અંડકોષ (માદા જનનકોષ) સર્જાય છે. નર જનનકોષો પરાગરજ દ્વારા સર્જાય છે. ફલિત અંડકોષો બીજાંડમાં જોવા મળે છે. બીજાંડની સાથે ફલિત અંડકોષનો વિકાસ થાય છે. જે પાછળથી ભ્રૂણ (embryo) બને છે અને સમગ્ર રચના અંડાકાર બીજમાં રૂપાંતર પામે છે. યોગ્ય પરિસ્થિતિમાં બીજ અંકુરણ પામી નવી વનસ્પતિ ઉત્પન્ન કરે છે.



આકૃતિ 15.11 પુષ્પની રચના

15.9 મનુષ્યમાં પ્રજનન (Reproduction in Human being)

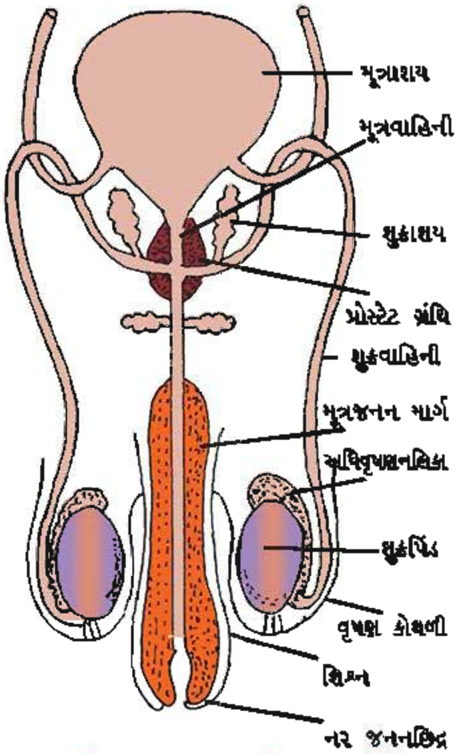
મનુષ્ય લિંગી પ્રજનન પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરે છે. આપણે સૌ જાણીએ છીએ કે આપણી અમુક ઉંમર (વૃદ્ધ) થતાં આપણા શરીરમાં ફેરફારો થાય છે. પ્રથમ આપણને દૂધિયા દાંત ઉપલબ્ધ થાય છે. પછી કાયમી દાંત ઉગે છે. આવા કેટલાક ફેરફારો છોકરી અને છોકરામાં (બંનેમાં) સામાન્ય હોય છે. નાનાં બાળકને જોઈને છોકરો છે કે છોકરી તે ઓળખવું મુશ્કેલ છે. કારણ કે નાની છોકરીઓ અને છોકરાઓ શરીર-આકારમાં સરખા હોય છે. તરુણાવસ્થામાં ઝડપી વૃદ્ધિ અને શારીરિક ફેરફારો શરૂ થાય છે. કેટલાક ફેરફારો છોકરાઓ અને છોકરીઓ બંનેમાં સામાન્ય હોય છે. બગલમાં અને જાંઘની વચ્ચે જનન વિસ્તારમાં વાળની વૃદ્ધિ થવાની શરૂઆત થાય છે. વાળ, હાથ, પગ અને ચહેરા પર પણ જોઈ શકાય છે. કેટલીક વખત ચામડી તેલી બને છે અને ખીલ થવાની શરૂઆત થાય છે. છોકરીમાં અંડપિંડ અને છોકરામાં શુક્રપિંડ જુદા જુદા પ્રકારના અંતઃસ્ત્રાવો ઉત્પન્ન કરે છે. આથી છોકરો અને છોકરી જાતીય રીતે પરિપક્વ બને છે.

જનનકોષો ઉત્પન્ન થવાની શરૂઆત થાય એ ઉંમરે છોકરો અને છોકરી પ્રજનન માટે યોગ્ય થાય છે. તેને તરુણાવસ્થા (puberty) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે છોકરીઓમાં 12 વર્ષની વયે તરુણાવસ્થા પ્રાપ્ત થાય છે જ્યારે છોકરાઓ 13થી 14 વર્ષે તરુણાવસ્થાએ પહોંચે છે. તરુણાવસ્થા પ્રાપ્ત થતાં, શુક્રપિંડો શુક્રકોષો અને અંડપિંડો અંડકો ઉત્પન્ન કરવાનું શરૂ

કરે છે. વધુમાં તરુણાવસ્થાની શરૂઆત સાથે જાતીય અંતઃસ્રાવોના સ્રાવ થવાનું પણ શરૂ થાય છે. આમ, બાળપણ અને પુખ્તતા વચ્ચેનો સમય યુવાવસ્થા (adolescence) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. તરુણાવસ્થા દરમિયાન ઘણા ફેરફારો થાય છે. જેવા કે, નવા વાળની વૃદ્ધિ, વધુ સ્નાયુબદ્ધ બનવું, અવાજ ઘેરો બનવો, ખભા અને છાતીનું પહોળું થવું, શિશ્ન મોટું બને છે અને ટટ્ટાર થવા માટે સક્ષમ બને છે. બાળક લાંબા સમય માટે માતાના શરીરમાં રહે છે અને જન્મ બાદ સ્તન દ્વારા પોષણ મેળવે છે. માદાના સ્તન અને પ્રજનન અંગોનો વિકાસ આ શક્યતાઓ માટે યોગ્ય બને છે. ચાલો પ્રજનનતંત્રનો અભ્યાસ કરીએ, જે લિંગી પ્રજનન પ્રક્રિયામાં જવાબદાર છે.

(a) પુરુષનું પ્રજનનતંત્ર (The male reproductive system) :

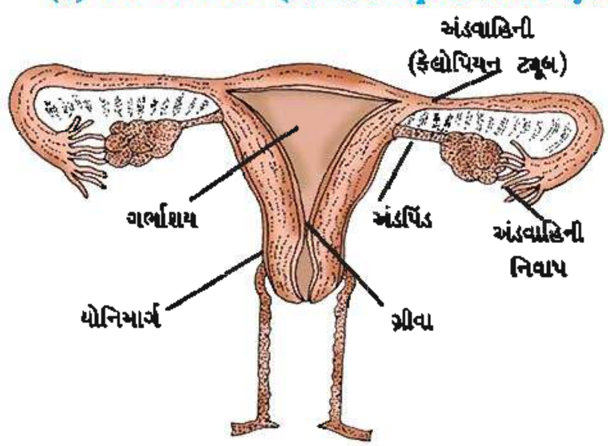
નર પ્રજનન તંત્રમાં નર જનનકોષો ઉત્પન્ન કરતાં ભાગો અને અન્ય ભાગો કે જે જનનકોષોને ફલનની જગ્યા સુધી વહન કરે છે તે ભાગોનો સમાવેશ થાય છે. નર પ્રજનનતંત્રમાં શુક્રપિંડ, વૃષણ કોથળી, અધિવૃષણનલિકા, શુક્રવાહિની, શુક્રાશય, પ્રોસ્ટેટગ્રંથિ અને શિશ્ન જેવા અંગોનો સમાવેશ થાય છે. શુક્રપિંડો જોડીમાં આવેલી અંડાકાર ગ્રંથિ છે, જે નર પ્રજનનકોષો ઉત્પન્ન કરે છે અને જાતીય અંતઃસ્રાવ ટેસ્ટોસ્ટેરોનનો સ્રાવ કરે છે. શુક્રપિંડો ઉદરીય ગુહાની બહારની બાજુએ આવેલ સ્નાયુમય વૃષણ કોથળીમાં ગોઠવાયેલા હોય છે. શુક્રપિંડનું તાપમાન શરીરના તાપમાન કરતા 2-3 °C નીચું હોય છે, જે શુક્રકોષના નિર્માણ માટે જરૂરી છે. શુક્રપિંડમાં ઉત્પન્ન થયેલા શુક્રકોષો બહાર આવે છે અને ગૂંચળામય નલિકામાં વહન પામે છે, જેને અધિવૃષણનલિકા તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. અધિવૃષણનલિકામાંથી શુક્રકોષો લાંબી નળીમાં બહાર આવે છે જેને શુક્રવાહિની કહે છે, જે મૂત્રાશયમાંથી આવતી મૂત્રવાહિની સાથે જોડાય છે. હવે તે મૂત્રજનનવાહિની તરીકે ઓળખાય છે. શુક્રાશય અને પ્રોસ્ટેટ ગ્રંથિ, શુક્રવાહિની સાથે જોડાયેલ હોય છે. શુક્રાશયના સ્રાવ શુક્રકોષોની ગતિશીલતા અને જીવિતતા વધારે છે જ્યારે પ્રોસ્ટેટ ગ્રંથિનો સ્ત્રાવ શુક્રકોષોની ગતિશીલતા વધારે છે, જે નર જનનછિદ્ર દ્વારા બહાર ખૂલે છે. જાતીય સમાગમ દરમિયાન નર જનનછિદ્ર મારફતે શુક્રકોષો માદાની યોનિમાં દાખલ થાય છે.



આકૃતિ 15.12 : પુરુષનું પ્રજનનતંત્ર

- શુક્રકોષોને મૂત્રજનનમાર્ગ શિશ્ન તરીકે ઓળખાતા અંગમાં વહન પમાડે છે.

(b) સ્ત્રી પ્રજનનતંત્ર (Female reproductive system) :



આકૃતિ 15.13 : સ્ત્રીનું પ્રજનનતંત્ર

સ્ત્રી પ્રજનનતંત્રમાં અંડપિંડ, અંડવાહિની, ગર્ભાશય અને યોનિમાર્ગનો સમાવેશ થાય છે. સ્ત્રીનું પ્રજનનતંત્ર પુરુષ કરતાં ઘણું જટિલ છે, કારણ કે

- તેમાં ફલન થાય છે અને ગર્ભનો જન્મ સુધી વિકાસ થાય છે.

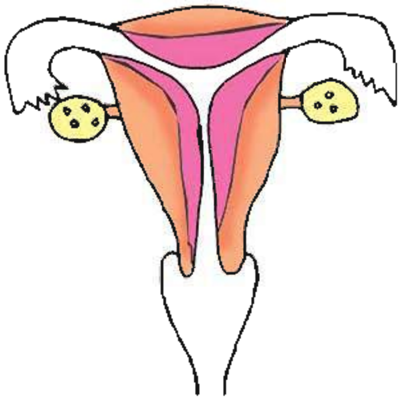
બે અંડાકાર અંડપિંડ ઉદરીય ગુહામાં ગોઠવાયેલા હોય છે. અંડપિંડનું કાર્ય અંડકોષ અથવા ઈંડાં ઉત્પન્ન કરવાનું તથા ઇસ્ટ્રોજન અને પ્રોજેસ્ટેરોન જાતીય અંતઃસ્રાવોનો સ્રાવ કરવાનું પણ છે. અંડકોષમાં બે અંડવાહિનીઓ આવેલ છે. તેઓ અંડપિંડ સાથે જોડાયેલ નથી હોતી અને પરિપક્વ અંડકોષો પ્રાપ્ત કરવા

માટે ગળણી આકારે ખૂલે છે. અંડવાહિની અંડપિંડમાંથી અંડકોષોને ગર્ભાશયમાં લઈ જાય છે. અંડવાહિનીના ઉપરના ભાગમાં શુક્રકોષ દ્વારા અંડકોષનું ફલન થાય છે. અંડવાહિનીઓ ભેગી થઈ એક સ્નાયુમય જાડી દીવાલ ધરાવતી કોથળી જેવા અંગમાં પરિણમે છે, જેને ગર્ભાશય કહેવામાં આવે છે. ફલિત અંડકોષની વૃદ્ધિ અને બાકીનો વિકાસ ગર્ભાશયમાં થાય છે. ગર્ભાશયની નીચેની ટોચને ગ્રીવા તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ગર્ભાશય નલિકામય રચના ધરાવતા યોનિમાર્ગમાં ખૂલે છે, જે શિશ્ન દ્વારા શુક્રકોષો મેળવે છે.

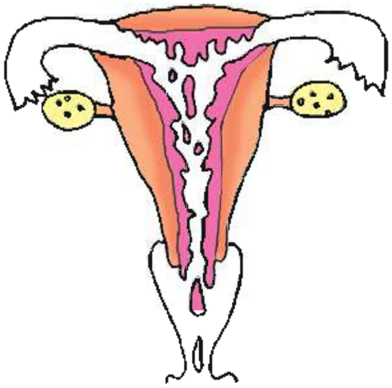
જ્યારે એક છોકરી જન્મે છે ત્યારે અંડપિંડ હજારો અપરિપક્વ અંડપુટિકાઓ ધરાવે છે. જ્યારે આ છોકરી તરુણાવસ્થા સુધી પહોંચે ત્યારે આ અપરિપક્વ અંડપુટિકાઓ પરિપક્વ થવાનું શરૂ કરી દે છે. દર મહિને એક અંડપિંડ એક અંડકોષ ઉત્પન્ન કરે છે. અંડકોષ ફેલોપિયન નળીમાં પરિપક્વ થાય છે. જાતીય સમાગમ દરમિયાન શુક્રકોષો યોનિમાં દાખલ થાય છે. ફલિત ઈંડાંનું ગર્ભાશયની દીવાલમાં સ્થાપન થાય છે અને વિભાજન શરૂ થઈને સેંકડો કોષોના પોલા દડા જેવી રચના બને છે, જેને ગર્ભ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ગર્ભ અને ગર્ભાશયની દીવાલ વચ્ચે વિકાસ થયેલ ચોક્કસ પેશીની તક્તી જેવી રચનાની મદદથી ગર્ભ માતાના શરીરમાંથી પોષણ મેળવે છે, જેને જરાયુ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ઑક્સિજન, પોષણ અને નકામા પદાર્થોની આપ-લે આ જરાયુ દ્વારા થાય છે. બાળકનો નવ મહિના સુધીનો વિકાસ ગર્ભાશયમાં થાય છે. આ બાળક ગર્ભાશયના સ્નાયુના લયબદ્ધ સંકોચનના પરિણામે જન્મે છે.

15.10 સ્ત્રીમાં ઋતુચક્ર (Menstrul Cycle in Female)

છોકરી જ્યારે 10 થી 12 વર્ષ(તરુણાવસ્થા)ની થાય ત્યારે, માસિકસ્રાવ થાય છે. જાતિ અંતઃસ્રાવોને લીધે અંડકોષો પરિપક્વ બને છે. દર 28 દિવસે એક પરિપક્વ અંડકોષ અંડપિંડમાંથી અંડવાહિનીમાં મુક્ત થાય છે, જે અંડકોષપાત તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. અંડકોષપાત પહેલા, ગર્ભાશયની અંદરની દીવાલ જાડી છિદ્રિષ્ઠ બને છે અને રુધિરકેશિકાઓથી ભરાય છે. હવે આ



ફલિત અંડકોષ બનાવવા માટે તૈયાર ગર્ભાશય



માસિકસ્રાવ

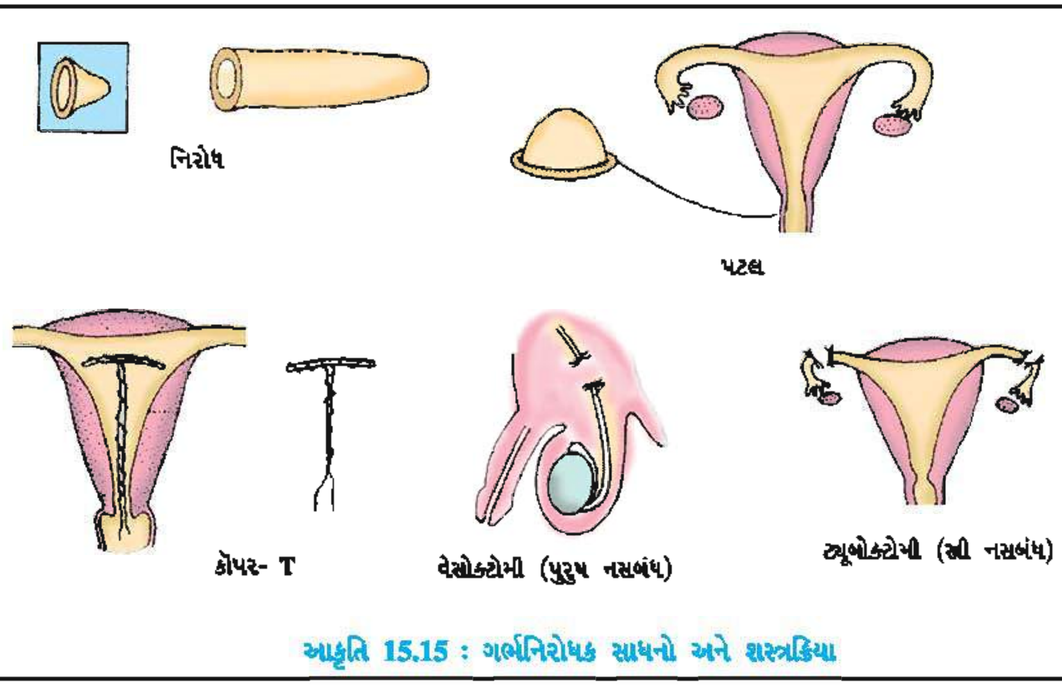
આકૃતિ 15.14 : માસિકસ્રાવ

તબક્કે ગર્ભાશય ફલિત અંડકોષ મેળવવા માટે તૈયાર થાય છે. જો ફલિત અંડકોષ ન મળે તો પછી રુધિરકેશિકાઓની સાથે જાડી અને છિદ્રિષ્ઠ થયેલી ગર્ભાશયની અંદરની દીવાલ અને મૃત અંડકોષ યોનિમાંથી રક્તસ્રાવ સ્વરૂપે બહાર આવે છે, જેને માસિકસ્રાવ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. માસિકસ્રાવ 3 થી 5 દિવસ માટે રહે છે. જ્યારે માસિકસ્રાવ પૂર્ણ થાય છે ત્યારે ગર્ભાશયની અંદરની દીવાલ ફરીથી બંધાવાની શરૂઆત થાય છે. જેથી બીજા ફલિત અંડકોષ પ્રાપ્ત થઈ શકે. જો ફલિત અંડક પ્રાપ્ત ન થાય તો, ફરીથી માસિકસ્રાવ થાય છે. દર 28 દિવસે સ્ત્રીમાં માસિકસ્રાવ થાય છે. સ્ત્રી ગર્ભવતી બને ત્યારે અને સ્ત્રી આશરે 50 વર્ષની ઉંમરે પહોંચે ત્યારે માસિકસ્રાવ કાયમી બંધ થાય છે. આ તબક્કામાં સ્ત્રી ગર્ભધારણ કરવાની ક્ષમતા ગુમાવે છે, જેને મેનોપોઝ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

15.11 પ્રજનન સ્વાસ્થ્ય (Reproductive Health)

જાતીય પરિપક્વતાની ક્રિયા ધીમી અને ક્રમિક છે અને તે શરીરની સામાન્ય વૃદ્ધિ સાથે ચાલુ રહે છે. આપણે કેવી રીતે નક્કી કરી શકીશું કે આપણું શરીર અથવા મન આ મોટી જવાબદારી માટે તૈયાર છે ? આપણે સૌ આ મુદ્દા વિશે જુદા જુદા તણાવમાં છીએ. પરિવારના સભ્યોમાંથી લગ્ન કરવાનું અને લગ્ન બાદ સંતાનપ્રાપ્તિ માટેનું દબાણ આવી શકે છે. કુટુંબનિયોજન અપનાવવાનું દબાણ સરકારમાંથી આવી શકે છે. આ પરિસ્થિતિમાં આપણા માટે પસંદગી ખૂબ જ મુશ્કેલ બની જાય છે. આપણે ધોરણ 9માં અભ્યાસ કર્યો છે કે રોગો જુદા જુદા માર્ગોથી (માધ્યમથી) વ્યક્તિથી વ્યક્તિમાં ફેલાઈ શકે છે. રોગ કે જે ચેપી વ્યક્તિના જાતીય સંપર્કમાં આવવાથી વહન થાય છે. તેને સેક્સ્યુઅલી ટ્રાન્સમિટેડ રોગો (STD) કહેવામાં આવે છે. જેમાં બૅક્ટેરિયા દ્વારા થતા ચેપી (લિંગ પ્રસારિત) રોગો જેવા કે સીફિલીસ અને ગોનોરિયાનો સમાવેશ થાય છે. ટ્રેપોનેમા પેલીડીયમ બૅક્ટેરિયાને કારણે સીફિલીસ થાય છે. તેમાં મૂત્રજનનમાર્ગના શ્લેષ્મસ્તરમાં ઈજા અને સામાન્ય ચાંદી (ulcer) થાય છે. ગોનોરિયા બૅક્ટેરિયાના *(Neissena gonorrhea)* દ્વારા ગોનોરિયા થાય છે. જેમાં મૂત્રજનન-માર્ગમાં સોજો થાય છે. બંને રોગો મટાડી શકાય છે. AIDS – હ્યુમન ઈમ્યુનો-ડેફિસીયન્સી વાયરસ(HIV)ને કારણે થાય છે. AIDSનો અર્થ એકવાયર્ડ ઈમ્યુનો ડેફિસીયન્સી સિન્ડ્રોમ છે. AIDS એક ગંભીર રોગ છે. કારણ કે તે શરીરના પ્રતિકારક તંત્રને ઈજા પહોંચાડે છે. જેથી શરીર નબળું પડે છે અને ચેપ (રોગો) સામે રક્ષણ પ્રાપ્ત કરી શકતું નથી. સંભોગ દરમિયાન કૉન્ડોમના ઉપયોગથી આ રોગનો ફેલાવો થતો અટકાવવામાં કેટલેક અંશે મદદ થાય છે. AIDSના ઉપચાર માટેની દવાઓનું સંશોધનકાર્ય ચાલુ છે. WHOના માર્ગદર્શન હેઠળ માનવજાત AIDSથી કઈ રીતે બચે તે માટેના કાર્યક્રમો ચાલે છે. ભારતમાં પણ NACO (નેશનલ એઇડ્સ કન્ટ્રોલ ઑર્ગેનાઇઝેશન) દ્વારા જાગૃતિ અને પ્રજનન સ્વાસ્થ્ય વિશે સબંધિત જાણકારી પૂરી પાડવામાં આવે છે અને પગલાંઓ લેવાય છે.

ગર્ભાવસ્થાની સંભાવનાનું માર્ગદર્શન સતત જાતીય કાર્ય છે. ગર્ભાવસ્થા દરમિયાન તેનાં સ્વાસ્થ્ય ઉપર માઠી અસર થાય છે. તેમ છતાં, પ્રેગનન્સી (ગર્ભાવસ્થા) અટકાવવાનાં ઘણા રસ્તાઓ છે. આ કૉન્ટ્રાસેપ્ટિવ પદ્ધતિઓ વ્યાપક રીતે નીચેના ત્રણ વર્ગોમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય : એક પદ્ધતિમાં યાંત્રિક અંતરાયો દ્વારા શુક્રકોષોને જનનમાર્ગમાં જતાં અટકાવવામાં આવે છે, જેથી ફલન થઈ શકે નહિ. શિશ્ન ઉપર કૉન્ડોમ અથવા યોનિમાં પડદા પહેરવાથી (Diaphram worn) આ હેતુ સર થઈ શકે છે. બીજી કૉન્ટ્રાસેપ્ટિવ રાસાયણિક પદ્ધતિમાં, સ્ત્રી બે પ્રકારની ગોળીઓનો ઉપયોગ કરે છે. મોં દ્વારા લેવાતી ગોળીઓમાં



આકૃતિ 15.15 : ગર્ભનિરોધક સાધનો અને શસ્ત્રક્રિયા

અંતઃસ્રાવોનું એકીકરણ થયેલું છે, જે અંડકોષનું ઉત્પાદન અને ફલન થવા દેતી નથી. યોનિમાર્ગની ગોળીઓ સ્પર્મીસાઇડ ધરાવે છે, જે શુક્રકોષોનો નાશ કરે છે. ત્રીજી પદ્ધતિ ગર્ભાશયની અંદર ગર્ભઅવરોધક (સાધન) યોજના (IUCDS). જેવી કે સગર્ભાવસ્થા અટકાવવા ગર્ભાશયમાં કૉપર T મૂકવામાં આવે છે. શારીરિક શસ્ત્રક્રિયા પદ્ધતિમાં પુરુષમાં શુક્રવાહિનીનો નાનો ભાગ શસ્ત્રક્રિયા વડે બન્ને છેડેથી દૂર કરી અને બન્ને કાપેલા છેડાઓ સરખી રીતે બાંધી દેવામાં આવે છે. આના લીધે શુક્રકોષો મૂત્રજનનમાર્ગમાં દાખલ થઈ શકતા નથી. આ પ્રક્રિયા નસબંધી તરીકે ઓળખાય છે. સ્ત્રીમાં અંડવાહિનીનો નાનો ભાગ દૂર કરી, બાંધી દેવામાં આવે છે. આ પ્રક્રિયા ટ્યુબેક્ટોમી તરીકે ઓળખાય છે. આ પ્રક્રિયા અંડકોષને અંડવાહિનીમાં પ્રવેશતા અટકાવે છે. શસ્ત્રક્રિયાની પદ્ધતિ દ્વારા આવા અવરોધ નિર્માણ કરવામાં આવે છે. શસ્ત્રક્રિયાના ઉપયોગથી બીનજરૂરી સગર્ભાવસ્થા દૂર કરી શકાય છે. લોકો તેમ છતાં પુત્રી ઇચ્છતા નથી. કેટલાક લોકો પુત્રપ્રાપ્તિ ઇચ્છે છે. તેથી અલ્ટ્રા સાઉન્ડ પદ્ધતિ(સોનોગ્રાફી)નો ઉપયોગ કરે છે. જો પુત્રી જન્મવાની હોય તો શસ્ત્રક્રિયા કરી દૂર કરવામાં આવે છે. જન્મ્યા પહેલા બાળકન્યાને મારી નાખવાને ભ્રૂણહત્યા કહે છે. કન્યા ભ્રૂણહત્યાને કારણે, સમાજમાં બાળકની જાતિપ્રમાણમાં ઘટાડો ભયસૂચક છે. પ્રજનનની પ્રક્રિયા દ્વારા સજીવો તેમની વસતીમાં વધારો કરે છે. જન્મ અને મૃત્યુનું પ્રમાણ વસ્તીનો દર નક્કી કરી તેના કદનું નિશ્ચયન કરે છે. માનવવસતીનો વધારો પ્રચંડ દરે વધી રહ્યો છે.

તમે શું શીખ્યા ?

- એક જ જાતિના નવા સજીવોની ઉત્પત્તિ પૂર્વ સજીવોમાંથી થાય છે, જેને પ્રજનન કહે છે.
- સજીવો એકસરખા દેખાય છે, કારણ કે તેમના શરીરની રૂપરેખા સરખી હોય છે.
- સજીવના અસ્તિત્વ માટે ભિન્નતા ઉપયોગી છે.
- સજીવોમાં પ્રજનનની બે મુખ્ય પદ્ધતિ છે : (1) અલિંગી પ્રજનન અને (2) લિંગી પ્રજનન. જીવંત અલિંગી પ્રજનન 6 જુદી પદ્ધતિ દ્વારા થાય છે : (1) દ્વિભાજન, (2) અવખંડન, (3) નવસર્જન, (4) કલિકાસર્જન, (5) વાનસ્પતિક પ્રજનન અને (6) બીજાણુનિર્માણ.
- લિંગી પ્રજનનના ઘણા ફાયદા છે. સંતતિમાં જનિનીક ભિન્નતાઓ, વિશાળ વિવિધતાઓ વાતાવરણના ઝડપથી ફેરફારને અનુકૂલિત થાય છે.
- ફૂલનાં મુખ્ય પ્રજનન ભાગ પુંકેસર અને સ્ત્રીકેસર છે, જે જનનકોષો ધરાવે છે.
- નર પ્રજનનતંત્રમાં શુક્રપિંડ, શુક્રવાહિની, શુક્રાશય, પ્રોસ્ટેટ ગ્રંથિ, મૂત્રજનનમાર્ગ અને શિશ્નનો સમાવેશ થાય છે.
- માદા પ્રજનનતંત્રમાં અંડપિંડ, અંડવાહિની, ગર્ભાશય, ગ્રીવા યોનિમાર્ગનો સમાવેશ થાય છે.
- ગર્ભાશયનું અંદરનું જાડું અસ્તર તૂટી જાય છે અને તે સાથે રુધિરવાહિની પણ ચિરાઈ જાય છે, જે યોનિમાર્ગ દ્વારા બહાર નીકળે છે. આ ક્રિયા માસિકસ્રાવ તરીકે ઓળખાય છે.
- માસિકસ્રાવની પ્રક્રિયા દર 28 દિવસે થાય છે, જેને માસિકસ્રાવ કહે છે
- સંતતિનિયમન પદ્ધતિઓ : (1) અવરોધ પદ્ધતિ, (2) રાસાયણિક પદ્ધતિ અને (3) શસ્ત્રક્રિયા પદ્ધતિ.
- લિંગપ્રસારિત રોગોમાં ગોનોરિયા, સીફિલીસ, અને એઇડ્સ છે

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) અલિંગી પ્રજનન છે.

(A) વિશિષ્ટ કોષોનું જોડાણ

(B) બધા જ પ્રકારના સજીવો પ્રજનન કરે તે પદ્ધતિ.

(C) આ પદ્ધતિ દ્વારા જનિનીકીય રીતે સરખી સંતતિ પેદા થાય.

(D) આ પદ્ધતિમાં એક કરતા વધારે પિતૃઓ સમાવિષ્ટ હોય.

(2) નીચે આપેલામાંથી એક સજીવ દ્વિભાજન દ્વારા પ્રજનન કરતા નથી.

(A) અમીબા (B) પ્લાઝ્મોડિયમ (C) યુગ્લિના (D) પેરામીશિયમ

(3) જીવંત પ્રાણી માટે પ્રજનન જરૂરી છે...

(A) વ્યક્તિના અંગોને સજીવ રાખવા (B) તેમની ઊર્જાની જરૂરિયાત પૂરી કરવા

(C) વૃદ્ધિ જાળવી રાખવા (D) જાતિને કાયમ માટે ચાલુ રાખવા

(4) બહુકોષીય સજીવ જે કલિકાસર્જન પદ્ધતિથી પ્રજનન કરે છે.

(A) અમીબા (B) યીસ્ટ (C) પેરામીશિયમ (D) હાઈડ્રા

(5) સરળ બહુકોષીય પ્રાણી જેમાં સૂત્રાંગો છે અને મીઠા પાણીમાં રહે છે. જે પ્રજનન અલિંગી પદ્ધતિથી કરે છે.

(A) દ્વિભાજન (B) બીજાણુનિર્માણ (C) કલિકાસર્જન (D) અવખંડન

(6) નીચે આપેલામાંથી કયો એક સજીવ બીજાણુનિર્માણ દ્વારા પ્રજનન કરે છે ?

(A) મ્યૂકર (B) પ્લેનેરિયા (C) સ્પાયરોગાયરા (D) બટાટા

(7) સ્પાયરોગાયરામાં અલિંગી પ્રજનન પદ્ધતિ છે.

(A) કોષવિભાજન બે કોષમાં થતાં (B) તંતુઓનું ખંડન નાના ટુકડામાં થતાં

(C) કોષનું વિભાજન ઘણા કોષમાં થતા (D) મોટી સંખ્યામાં કલિકાનું નિર્માણ થતા

(8) કઈ લીલમાં પ્રજનન અલિંગી પ્રજનન અવખંડન પદ્ધતિથી થાય છે ?

(A) રાઈઝોપસ (B) સાલમોનેલા (C) પ્લાઝ્મોડિયમ (D) સ્પારોગાયરા

(9) વનસ્પતિના પ્રકાંડનો કાપેલા ભાગ (જેના મૂળ જમીનમાં દબાયેલા હોય છે) કે જેનો ઉપયોગ આરોપણ કરવામાં થાય છે.

(A) સ્ટૉક (B) સાયોન (C) કલમ કરવી (D) કલિકા

(10) અલિંગી પ્રજનનમાં બે સંતતિને એકસરખા જનિનીક પદાર્થ અને શરીરની લાક્ષણિકતા હોય તેને શું કહે છે ?

(A) કેલસ (B) જોડિયાં (C) ક્લોન્સ (D) રંગસૂત્ર

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) (A) લિંગી પ્રજનન કરતા હોય એવા બે પ્રાણીઓના નામ આપો.

(B) અલિંગી પ્રજનન કરતા હોય એવા બે પ્રાણીઓના નામ આપો.

(2) પેરામીશિયમ કઈ પદ્ધતિ દ્વારા પ્રજનન કરે છે ? નામ આપો.

(3) યીસ્ટમાં થતી અલિંગી પ્રજનન પદ્ધતિના નામ આપો.

(4) 1. હાઇડ્રા 2. પ્લાઝ્મોડિયમમાં અલિંગી પ્રજનન પદ્ધતિનું નામ આપો.

(5) ગુલાબના છોડમાં કૃત્રિમ વાનસ્પતિક પ્રજનન પદ્ધતિનું નામ આપો.

(6) લીંબુ વનસ્પતિના ઉત્પાદન માટે કઈ કૃત્રિમ રીતે ફેલાવવાની પદ્ધતિ ઉપયોગમાં લેવાય છે ?

(7) દાબકલમ પદ્ધતિ દ્વારા ફેલાતી વનસ્પતિના બે નામ આપો.

(8) કલમ કરવાની પદ્ધતિથી ફેલાતી કોઈ પણ બે વનસ્પતિના નામ આપો.

(9) અલિંગી પ્રજનનની વિવિધ પદ્ધતિઓના નામ લખો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :

(1) (A) અલિંગી અને લિંગી પ્રજનન વચ્ચે પાયાનાં તફાવતો કયાં છે ?

(B) નીચે જણાવેલા સજીવોમાંથી કયા સજીવો લિંગી પદ્ધતિ અને કયા અલિંગી પદ્ધતિ દ્વારા પ્રજનન કરે છે ?

અમીબા, બિલાડીઓ, મનુષ્યો, હાઇડ્રા, વિહગ (પક્ષીઓ)

(2) પુનઃસર્જનનો અર્થ તમે શું કરો છો ? બે પ્રાણીઓના નામ આપો કે જેમના શરીરના ભાગો કપાઈને સંપૂર્ણ પ્રાણીમાં નવસર્જન પામે છે.

(3) વાનસ્પતિક પ્રજનન બે ઉદાહરણો સહિત સમજાવો.

(4) કૃત્રિમ રીતે વનસ્પતિના ફેલાવવાની દાબકલમ કરવાની પદ્ધતિ વર્ણવો. તમારો જવાબ નામનિર્દેશવાળી આકૃતિ સહિત આપો. બે વનસ્પતિના નામ આપો જેનો ફેલાવો દાબકલમ કરવાથી થાય છે.

(5) (A) કંદ શું છે ? ઉદાહરણ આપો.

(B) જેનો ફેલાવો તેના કંદ દ્વારા થાય છે એવા એક ઉપયોગી શાકભાજીનું નામ આપો.

(6) વાનસ્પતિક પ્રજનનનો અર્થ શું થાય ?

(7) નવી પાનફૂટી વનસ્પતિ જૂની વનસ્પતિના પર્ણમાંથી કેવી રીતે ઉદ્ભવે છે તે સમજાવો. તમારો જવાબ નામ નિર્દેશવાળી આકૃતિ સહિત આપો.

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :

(1) દ્વિભાજન અને અવખંડન દ્વારા પ્રજનન કરતા એક સજીવનું નામ આપો અને તે સમજાવો.

(2) બહુભાજનનો અર્થ વર્ણવો.

(3) ફૂગમાં પ્રજનન કઈ પદ્ધતિ દ્વારા થાય છે તે સમજાવો.

એકમ

16

આનુવંશિકતા અને ઉત્ક્રાંતિ (Heredity and Evolution)

આપણે જાણીએ છીએ કે જીવંત સજીવો અલિંગી કે લિંગી પદ્ધતિથી પ્રજનન કરે છે. આ ક્ષમતાને લીધે તમામ સજીવો નવી પેઢીની સંતતિ પેદા કરે છે, જે પિતૃ પેઢીને મળતી આવે છે. જાતિની સંતતિ પિતૃઓને ગાઢ રીતે મળતી હોઈ શકે પરંતુ સંપૂર્ણ પણ તેમને મળતી આવતી નથી. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો દરેક જાતિનું પોતાનું અલગ વ્યક્તિત્વ હોય છે, એટલે કે દરેક જાતિની ઓળખ કેટલાક વિશિષ્ટ લક્ષણો દ્વારા થાય છે. સતત અને ક્રમિક ફેરફારની પ્રક્રિયા દ્વારા, જીવંત સજીવો ઉદ્ભવ્યા જેઓ ખૂબ જ વિવિધતા દર્શાવે છે. આ પ્રકરણમાં તમે આનુવંશિકતા, ભિન્નતા, લિંગનિશ્ચિયન અને ઉત્ક્રાંતિના પુરાવાઓ વિશે અભ્યાસ કરશો.

16.1 પ્રજનન દરમિયાન ભિન્નતાઓનો સંગ્રહ (Accumulation of variation during reproduction)

એક જ જાતિની વ્યક્તિઓમાં ઉદ્ભવતી અસમાનતાઓને ભિન્નતા કહે છે. જે સજીવોમાં વાનસ્પતિક પ્રજનન કે અલિંગી પ્રજનન જોવા મળતું હોય તેમાં ભિન્નતાઓ ઘણી ઓછી જોવા મળે છે. પરંતુ જે સજીવોમાં લિંગી પ્રજનન જોવા મળતું હોય તેમાં સ્પષ્ટ ભિન્નતાઓ જોવા મળે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે લિંગી પ્રજનનમાં જનનકોષોના નિર્માણમાં અર્ધીકરણની પ્રક્રિયાનો સમાવેશ થાય છે. અર્ધીકરણ દરમિયાન, જનીનો વચ્ચે વ્યક્તિકરણ થતું હોવાથી, નવા પ્રકારનાં સંયોજનો ઉદ્ભવે છે, જે ભિન્નતાના સ્વરૂપને આધારે જે એક જાતિના વ્યક્તિઓના લક્ષણોમાં ભિન્નતા ઉત્પન્ન કરવામાં પરિણમે છે. આમ છતાં જાતિઓમાં ઉદ્ભવતી આ બધી ભિન્નતાઓને વાતાવરણમાં જીવંત રહેવાની એકસરખી તક રહેતી નથી. ભિન્નતાની પ્રકૃતિને આધારે જુદી જુદી વ્યક્તિઓ જુદા જુદા પ્રકારના લાભો મેળવે છે. વાતાવરણના ઘટકો દ્વારા ભિન્નતાની પસંદગી થતા ઉત્ક્રાંતિની પ્રક્રિયા થાય છે.

16.2 આનુવંશિકતા (Heredity) :

આનુવંશિકતા એટલે લક્ષણોનું એક પેઢીમાંથી બીજી પેઢીમાં થતું સાતત્ય. દા.ત., ચકલી ઈંડા મૂકે તો તેના સેવનથી ફક્ત ચકલી ઉદ્ભવે છે. કૂતરી ફક્ત ગલૂડિયાને જન્મ આપે છે. આ આનુવંશિકતાનું અનિવાર્ય લક્ષણ છે.

આનુવંશિક માહિતી ફલિત અંડકોષ કે ફલિતાંડમાં હોય છે. ફલિતાંડનો વિકાસ ફક્ત ચોક્કસ પ્રકારના સજીવમાં થાય છે. આમ, આનુવંશિકતાને ''પિતૃમાંથી સંતતિમાં લક્ષણોનું વહન'' અથવા ''દરેક વ્યક્તિનું તેમના પિતૃઓને મળતું આવવું''

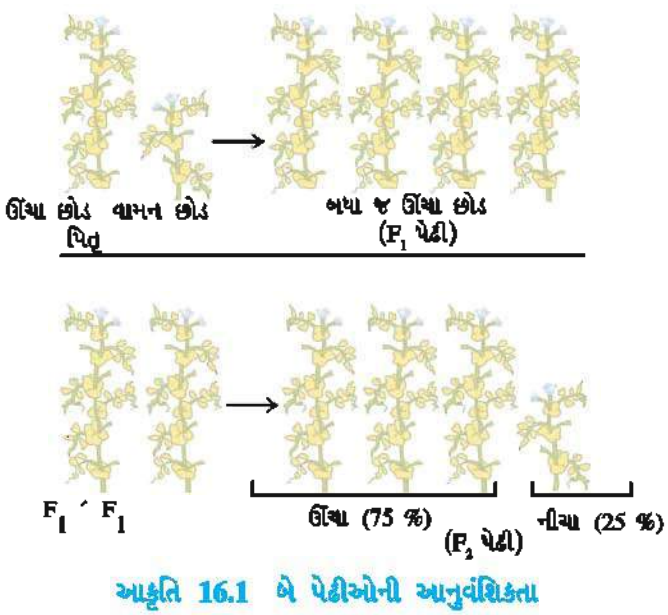
દ્વારા વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય છે. આનુવંશિક્તા અને ભિન્નતા એ વિજ્ઞાનનાં અગત્યના પાસાં છે જેનો અભ્યાસ જનીનવિદ્યા હેઠળ થાય છે. આથી જનીનવિદ્યાને આનુવંશિક્તા અને ભિન્નતાનું વિજ્ઞાન કહે છે.

16.3 આનુવંશિક લક્ષણો (Inherited Characters) :

સજીવો તેમની પોતાની જાતિના લક્ષણોને કેવી રીતે અનુસરે છે ? આપણે એમ કહી શકીએ કે ત્યાં આનુવંશિક્તા છે. આનુવંશિક્તા દ્વારા લક્ષણોની રચના દરેક જાતિ, પેઢી દર પેઢી જાળવી રાખે છે. એજ સમયે એ પણ એટલું સાચું છે કે જ સંતતિઓ તેમના પિતૃઓની સર્વથા મૂળકૃતિ નથી. પિતૃઓથી જુદા પડવાની ઘટનાને ભિન્નતા કહે છે. માનવવસ્તી વિપુલ પ્રમાણમાં ભિન્નતા દર્શાવે છે. હવે પછીના ભાગમાં લક્ષણોનું વહન પેઢી દર પેઢી કેવી રીતે થાય છે તેનો અભ્યાસ આપણે કરીશું.

16.4 મેન્ડલનો ફાળો (Mendel's contribution) :

આપણે જાણીએ છીએ કે સંપૂર્ણ આનુવંશિક્તા માતા અને પિતામાંથી તેમના સંતાનોમાં એક અંડકોષ અને એક શુક્રકોષ દ્વારા યથાક્રમે થાય છે. તેમના ફલન દ્વારા પ્રથમ કોષ, ફલિતાંડ, એક નવી સંતતિ સ્વરૂપે અસ્તિત્વમાં આવે છે. આનો અર્થ એ કે સંતતિનું દરેક લક્ષણ બંને પિતૃઓના પ્રભાવ હેઠળ હોય છે. તો પછી સંતતિમાં જોવા મળતાં લક્ષણોનું શું ? મેન્ડલે તેના પ્રયોગ વટાણા *(Pisum sativum)* પર કર્યા અને આનુવંશિકતાના મુખ્ય નિયમો બનાવ્યા. પ્રયોગના પદાર્થ તરીકે બગીચાના વટાણાની પસંદગી કર્યા બાદ, મેન્ડલે આનુવંશિક્તાના અભ્યાસ માટે કેટલાક વિરોધાભાસી લક્ષણો જેવા કે ઊંચા છોડ અને નીચા છોડ, સફેદ અને જાંબલી રંગના ફૂલ, ગોળ અને ખરબચડા બીજ, અક્ષીય અને અંતિમ ફૂલના સ્થાન વગેરે વિશે પ્રયોગો સાથે કર્યા. મેન્ડલે જ્યારે ઊંચા છોડ (TT લાક્ષણિક્તા ધરાવતા DNA)નું સંકરણ વામન છોડ (tt લાક્ષણિક્તા ધરાવતા DNA) કરતા (F_1) પ્રથમ પેઢીમાં બધા છોડ ઊંચા થયા. F_1 પેઢીમાં કોઈપણ છોડ વામન કે મધ્યમ ઊંચાઈના થયા નહીં. આનો અર્થ એ થાય કે ફક્ત એક જ પિતૃલક્ષણ જોવા મળ્યું. પરંતુ જ્યારે F_1 પેઢીના છોડનું સ્વ-ફલન કરતા, F_2 પેઢીમાં કેટલાક છોડ (25 %) અને કેટલાક ઊંચા (75 %) થયા. આમ F_1 પેઢીના પિતૃમાંથી ઊંચાઈ અને વામનતા બંનેના લક્ષણો વારસાગત થયાનું સૂચન કરે છે. પરંતુ ફક્ત એક જ ઊંચાઈનું લક્ષણ અભિવ્યક્ત થયું. આમ, લિંગી પ્રજનન કરતા સજીવમાં દરેક લક્ષણની બે નકલ વારસાગત થાય છે જે સમાન અથવા ભિન્ન હોઈ શકે છે.



આકૃતિ 16.1 બે પેઢીઓની આનુવંશિક્તા

આ પ્રયોગ સૂચવે છે કે છોડની ઊંચાઈનાં લક્ષણ માટે TT અથવા Tt જનીનીક બંધારણ જ્યારે tt જનીન બંધારણ છોડની વામનતા માટેનું છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ફક્ત એક જ "T" જનીન છોડની ઉંચાઈ માટે પૂરતા છે. જ્યારે "tt" જનીન બંધારણ છોડની વામનતા માટે જરૂરી છે. આમ "T" એ પ્રભાવી લક્ષણ છે. જ્યારે "t" પ્રચ્છન્નનું લક્ષણ છે. મેન્ડલે બીજા પ્રયોગમાં છોડના બે જુદા લક્ષણો પસંદ કર્યા. જેમાં તેણે પીળા અને ગોળ આકારના બીજવાળાં છોડનું સંકરણ લીલા અને ખરબચડા બીજ ધરાવતા છોડ સાથે કર્યું જ્યારે F_1 (પ્રથમ) પેઢીમાં બધા જ છોડ પીળા અને ગોળ બીજના હતા, જે સૂચવે છે કે પીળા અને ગોળ બીજ એ પ્રભાવી લક્ષણ છે. જ્યારે F_1 પેઢીના છોડનું સ્વ-ફલન કરાવતા પિતૃ સંયોજનવાળા છોડ (એટલે પીળા અને ગોળ બીજ તેમજ લીલા અને ખરબચડાં બીજવાળા છોડ) તેમજ નવા સંયોજનવાળા છોડ (એટલે પીળા અને ખરબચડાં બીજ તેમજ લીલા અને ગોળ બીજ) ઉત્પન્ન થયા. આ દર્શાવે છે કે પીળા/લીલા બીજ માટેના લક્ષણો અને ગોળ/ખરબચડા બીજ માટેના લક્ષણો મુક્ત રીતે વારસાગત થાય છે.

પીળા ગોળ YYRR X લીલા ખરબચડા yyrr

↓

પીળા ગોળ YyRr — F_1 પેઢી

F_1ના જન્યુઓ : ♂

	YR	Yr	yR	yr
♀ YR	YYRR	YYRr	YyRR	YyRr
Yr	YYRr	YYrr	YyRr	Yyrr
yR	YyRR	YyRr	yyRR	yyRr
yr	YyRr	Yyrr	yyRr	yyrr

F_2 generation

પીળા ગોળ : પીળા ખરબચડા : લીલા ગોળ : લીલા ખરબચડા
9 : 3 : 3 : 1

આકૃતિ 16.2 : બે મુક્ત કારકોની સ્વતંત્ર આનુવંશિકતા; બીજનો રંગ અને આકાર

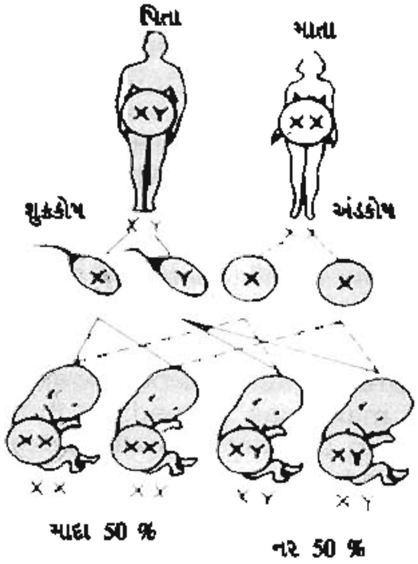
16.5 વારસાગત લક્ષણોની અભિવ્યક્તિ (Expression of inherited characters) :

જનીન આનુવંશિકતાનો એકમ છે. જનીનો DNA ઉપર ક્રમબદ્ધ રીતે હરોળમાં ગોઠવાયેલા હોય છે. દરેક જનીનનો ઉપયોગ વિશિષ્ટ પ્રકારના પ્રોટીનનું સંશ્લેષણ કરવાનું છે જે લાક્ષણિકતા અભિવ્યક્ત કરવા માટે જવાબદાર છે. પ્રોટીન કેવી રીતે લાક્ષણિકતાનું નિયંત્રણ કરતું હશે ? આપણે છોડની ઊંચાઈને લાક્ષણિકતા તરીકે લઈએ. આપણે જાણીએ છીએ કે અંતઃસ્રાવો છોડની વૃદ્ધિને પ્રેરે છે. આથી છોડની વૃદ્ધિનો આધાર ચોક્કસ અંતઃસ્રાવની માત્રા પર રહેલો છે. અંતઃસ્ત્રાવના સંશ્લેષણ માટે ચોક્કસ પ્રકારના ઉત્સેચકની જરૂર હોય છે અને ઉત્સેચકનું સંશ્લેષણ DNAમાં ચોક્કસ સ્થાન ઉપર આવેલા જનીનો દ્વારા નિયંત્રિત હોય છે. આનો અર્થ એ થાય છે કે ઉત્સેચકોનું સંશ્લેષણ આવશ્યક માત્રામાં થાય છે અને તે કાર્યક્ષમ રીતે કાર્ય કરી, અંતઃસ્રાવ બનાવે છે જેથી છોડ ઊંચો થાય છે. ઘણી વાર જનીન સ્વરૂપમાં કેદ થતા ઓછા કાર્યક્ષમવાળા ઉત્સેચકો બને છે જેથી અંતઃસ્ત્રાવની માત્રા ઓછી થાય છે અને છોડ વામન બને છે. આ સ્પષ્ટ રીતે સૂચવે છે કે લક્ષણો જનીનોના નિયંત્રણ હેઠળ હોય છે.

16.6 મનુષ્યમાં લિંગ નિશ્ચયન (Sexdetermination in humanbeing)

નવજાત શિશુના લિંગનું નિશ્ચયન કેવી રીતે થતું હશે ? જુદી જુદી જાતિઓ આના માટે જુદા જુદા પ્રકારની પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરે છે. કેટલાક વાતાવરણના કારક જેવા કે ઉષ્ણતામાન પર આધાર રાખે છે. ફલિત ઈંડા ક્યા ઉષ્ણતામાને મૂકાય છે તે કારણભૂત

બને છે. તેના પરથી નિર્ણય થાય છે કે ઈંડામાંથી વિકસતું પ્રાણી નર કે માદા હશે. કેટલાક બીજા પ્રાણીઓ જેવા કે સ્નેઈલ તેમની જાતિ બદલી શકે છે. આ સૂચન કરે છે કે લિંગનું નિશ્ચયન જનીનીક નથી. તેમ છતાંયે માનવમાં વ્યક્તિગત લિંગ નિશ્ચયન જનીન દ્વારા નિશ્ચિત થાય છે. આમ, વ્યક્તિગત જાતિના લિંગ નિશ્ચયનની ક્રિયાવિધિને લિંગનિશ્ચયન કહે છે.



આકૃતિ 16.3 : માનવમાં લિંગનિશ્ચયન

માનવમાં લિંગનિશ્ચયન રંગસૂત્રો ઉપર આવેલા જનીનો કરે છે, જે પિતૃઓ દ્વારા સંતતિમાં વારસાગત થાય છે. માનવમાં 23 જોડ રંગસૂત્રો આવેલા છે. તેમાંથી 22 જોડને દૈહિકસૂત્રો કહે છે. જે નર અને માદામાં એકસરખાં હોય છે. માદામાં 23 મી જોડનાં બંને X લિંગી રંગસૂત્રો સરખા હોય છે. નરમાં 23મી જોડના લિંગી રંગસૂત્રમાંથી એક રંગસૂત્ર માદાના X રંગસૂત્ર જેવું હોય છે. તેના સમજાત રંગસૂત્ર કદમાં નાના હોય છે જેને Y રંગસૂત્ર કહે છે.

માદામાં બધા અંડકો સરખા હોય છે. દરેક ફલિત ઈંડામાં 22 જોડ દૈહિક રંગસૂત્ર અને એક જોડ X લિંગી રંગસૂત્રો હોય છે. શુક્રકોષો બે પ્રકારના ઉત્પન્ન થાય છે. જેમાંના 50 % શુક્રકોષો X લિંગી રંગસૂત્ર ધરાવે છે. જ્યારે બાકીના 50 % શુક્રકોષો Y લિંગી રંગસૂત્ર ધરાવે છે. જ્યારે X રંગસૂત્ર ધરાવતા શુક્રકોષો અંડકને ફલિત કરે. તેમાંથી વિકાસ પામતા ફલિતાંડ માદા બને છે. જ્યારે Y રંગસૂત્ર ધરાવતા શુક્રકોષો અંડકનું ફલન કરે. તે ફલિતાંડ વિકાસ પામી નર બને છે.

માનવમાં Y રંગસૂત્રની હાજરી નરજાતિ માટે આવશ્યક છે. જ્યારે ફલિતાંડ બને છે અને ગર્ભનો વિકાસ થાય છે ત્યારે જે જનનપિંડો બને છે તેમાં વિભિન્નતા જોવા મળતી નથી, જનન પિંડ તરીકેનો વિકાસ કાં તો અંડપિંડમાં અથવા શુક્રપિંડમાં થાય છે. જો ફલિતાંડ Y રંગસૂત્ર ધરાવતો હોય, તો જનનપિંડો ભિન્ન થઈ શુક્રપિંડ બને છે.

16.7 ઉત્ક્રાંતિ : (Evolution)

પૃથ્વી પર અસંખ્ય પ્રમાણમાં વિવિધ પ્રકારની વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓ જોવા મળે છે. આ ઉપરાંત ભૂતકાળમાં જીવંત રહેલા મૃતપ્રાયઃ પ્રાણીના અંશોને અશ્મિ કહે છે. પૃથ્વી પર વિવિધતા ધરાવતાં જીવંત વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓ અસ્તિત્વ ધરાવે છે. આ બધી બાબતોનો અભ્યાસ જીવવિજ્ઞાનની શાખામાં થાય છે, જેને 'ઉત્ક્રાંતિ' કહે છે. ઉત્ક્રાંતિ શબ્દ મૂળ લેટિન શબ્દ 'ઈવોલ્વર' જેનો અર્થ પ્રગટ કરવું કે ખુલ્લું થવું થાય છે.

ઉત્ક્રાંતિનું પ્રાથમિક સ્પષ્ટીકરણ (Primary explanation of Evolution) :

ઉત્ક્રાંતિ એ નવા સજીવોના ક્રમિક નિર્માણનો પ્રકાર છે, જે પૂર્વ અસ્તિત્વ ધરાવતા પ્રાથમિક વનસ્પતિઓ અથવા પ્રાણીઓ દ્વારા સતત અને સંબંધિત લાંબા સમયના ફેરફાર બાદ જોવા મળે છે. આમ, ઉત્ક્રાંતિના શ્રેણીબદ્ધ સરળ ફેરફારો જે લાખો વર્ષ સુધી પ્રાથમિક વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓમાં થાય છે, જે નવી જાતિનું નિર્માણ કરે છે. આમ, ઉત્ક્રાંતિ એ સતત ચાલતી પ્રક્રિયા છે જે પ્રાથમિક સજીવોમાં જ્યારથી જીવની ઉત્પત્તિ થઈ ત્યારથી ચાલે છે. આ બધા અસંખ્ય વિવિધતાવાળા સજીવો, જે આપણી ફરતે જોવા મળે છે, જેનો ઉદ્‌ભવ કેટલાક પૂર્વજો જે આ પૃથ્વી પર લાંબા સમય પહેલાં જીવતા હતા. તેમાંથી થયો છે.

ઉપાર્જિત અને આનુવંશિક લાક્ષણિકતા Acquired and inherited trait (Characteristics) :

ઉપાર્જિત લાક્ષણિકતા એટલે સજીવોની એવી લાક્ષણિકતા જે આનુવંશિક નથી પરંતુ તેનો વિકાસ વાતાવરણની પ્રતિક્રિયા-રૂપે થયો હોય. ઉદા. તરીકે ભૂખમરાને કારણે વજનમાં થતો ઘટાડો. આમ વજનમાં થતો ઘટાડો એ ભૂખમરાને લીધે છે, જે જનન કોષોના DNAમાં ફેરફાર કરી શકતો નથી. આમ, વજનમાં ઘટાડો એ લાક્ષણિકતા નથી, જે ભૂખમરાથી પીડાતી સજીવોની ભાવિ પેઢીમાં આનુવંશિક થતો નથી. ઉપાર્જિત લાક્ષણિકતાના બીજા ઉદાહરણોમાં ઉંદરની કપાઈ ગયેલી પૂંછડી અથવા માનવ જે જાણે છે કે કેવી રીતે તરવું, અથવા જર્મન ભાષા બોલવી, અથવા પટ્ટીવાળા ચંપલ પહેરી બરફ પર ગબડવું અથવા અકસ્માતને કારણે ચહેરા પર જખમનું ચાઠું પડવું. આ માનવ આવી ઉપાર્જિત લાક્ષણિકતાઓ સાથે જન્મતો નથી અને આ લાક્ષણિકતાઓ તેની સંતતિમાં ઉતરી આવતી નથી. આનું કારણ એ છે કે ફક્ત જે લાક્ષણિકતાઓ તેમની સંતતિમાં આનુવંશિક બને છે તે સજીવોના જનનકોષોના જનીનોમાં ફેરફાર પ્રજનનની પ્રક્રિયા દરમિયાન થાય છે. આમ, જે ફેરફારો સજીવોના બીનપ્રજનન શરીરકોષોમાં થાય તે સંતતિમાં ઉતરી આવતા નથી. સજીવોની લાક્ષણિકતા જે DNAના ફેરફારને કારણે અસ્તિત્વમાં આવતી હોય તેને આનુવંશિક લાક્ષણિકતા કહે છે. ઉદા. લાલ રંગના ભમરાની વસ્તી જે લીલા પાંદડાના ઝાંખરામાં રહેતી હતી. માની લો કે પ્રજનન દરમિયાન પ્રજનનકોષોના જનીનોમાં રંગ પરિવર્તન ઉદ્ભવે છે અને લીલા રંગનો એક ભમરો લાલ રંગના ભમરાને બદલે ઉદ્ભવે છે. અહીં ભમરાનો લીલો રંગ એ આનુવંશિક લાક્ષણિકતા છે, જે બીજી પેઢીમાં ઉતરી આવે. આ ઉત્ક્રાંતિનો અનિવાર્ય હેતુ છે.

16.8 જાતિનિર્માણ Speciation :

અસ્તિત્વ ધરાવતી જાતિથી નવી જાતિના નિર્માણની પ્રક્રિયાને જાતિનિર્માણ કહે છે. આમ, જાતિનિર્માણ એટલે નવી જાતિનું નિર્માણ. જ્યારે એક જાતિની વસ્તી બે ગ્રૂપમાં વિભાજિત થાય અને પછી ભૌગોલિક રીતે કેટલાક અવરોધ જેવા કે નદી, દરિયો અથવા પર્વતને કારણે એકબીજાથી છૂટા પડે ત્યારે નવી જાતિનું નિર્માણ થાય છે. આમ, ભૌગોલિક અલગીકરણ, પ્રાજનનિક અલગીકરણ તરફ દોરી જાય છે, જેના કારણે વસ્તીના બે છૂટા પડેલા ગ્રૂપ વચ્ચે જનિનીક પ્રવાહ હોતો નથી. વ્યક્તિમાં ભિન્નતાનો ઉદ્ભવ નૈસર્ગિક પસંદગીના પરિણામે થાય છે. જનનીક આવૃત્તિ (ઘટના પરંપરાનો દર)ની પ્રક્રિયા યાદચ્છિક (Random) થવાથી વ્યક્તિમાં હજારો વર્ષો બાદ ખૂબ વિભિન્નતા થતા તેઓ એકબીજા સાથે પ્રજનન કરવા અસમર્થ બને છે. આમ, નવી જાતિનું નિર્માણ થાય છે. ફેરફારના ઘણા પ્રકારો છે, જેવા કે, DNAમાં ફેરફાર, રંગસૂત્રની સંખ્યામાં ફેરફાર, અલગીકરણ પામેલા બે ગ્રૂપના જનનકોષો એકબીજા સાથે જોડાઈ શકતા નથી, તેવા કારણોને લીધે જાતિનિર્માણની ઘટના બને છે.

16.9 ઉત્ક્રાંતિ અને વર્ગીકરણ Evolution and Classification :

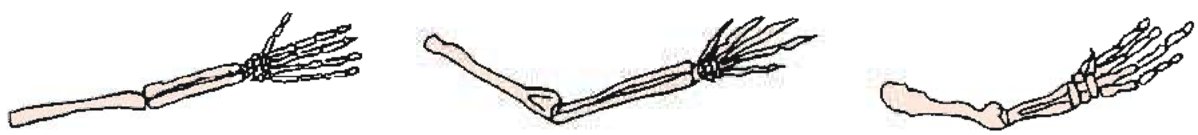
સજીવોમાં આપણને સમાનતા જોવા મળે છે. જે તેમને ગ્રૂપમાં વર્ગીકૃત કરી તેનો વિગતવાર અભ્યાસ કરવાની પરવાનગી આપે છે. વનસ્પતિની મુખ્ય લાક્ષણિકતા પ્રકાશસંશ્લેષણ કરવાની છે જે પ્રાણીઓ કરી શકાતા નથી. કોષ એ જીવનના પાયાનો એકમ છે. ત્યાર પછીની વર્ગીકરણની લાક્ષણિકતા જોઈએ તો બધા સજીવો કોષો ધરાવતા નથી. વિવિધ સજીવોમાં પાયાના લાક્ષણિક કોષની રૂપરેખા પણ જુદી હોય છે. કેટલાક સજીવો જેવા કે બૅક્ટેરિયાના કોષમાં કોષકેન્દ્ર હોતું નથી. કોષકેન્દ્ર ધરાવતા સજીવોના કોષો બે પ્રકારના છે - એકકોષીય અને બહુકોષીય. કોષોની અને પેશીઓની વિશિષ્ટતા, સજીવોમાં શરીરની ફરતે આવેલું કંકાલ અથવા શરીરની અંદર આવેલું કંકાલ પણ પાયાની રૂપરેખામાં તફાવતને કારણે અલગ પડે છે. ગાઢ રીતે સંબંધિત બે જાતિનો સામાન્ય પૂર્વજ હોય છે. ઉદા. તરીકે ભાઈઓ અને બહેન ગાઢ રીતે સંબંધિત હોય છે, અને તેથી તેમને સામાન્ય પૂર્વજ હોય છે.

16.10 ઉત્ક્રાંતિના પુરાવાઓ Evidences For Evolution

કેટલાક વાસ્તવિક નોંધપાત્ર ઉદ્‌ગમસ્થાન જે ઉત્ક્રાંતિ માટે પુરાવા પૂરા પાડે છે જે નીચે મુજબ છે :

રચનાસદૃશ અંગો :

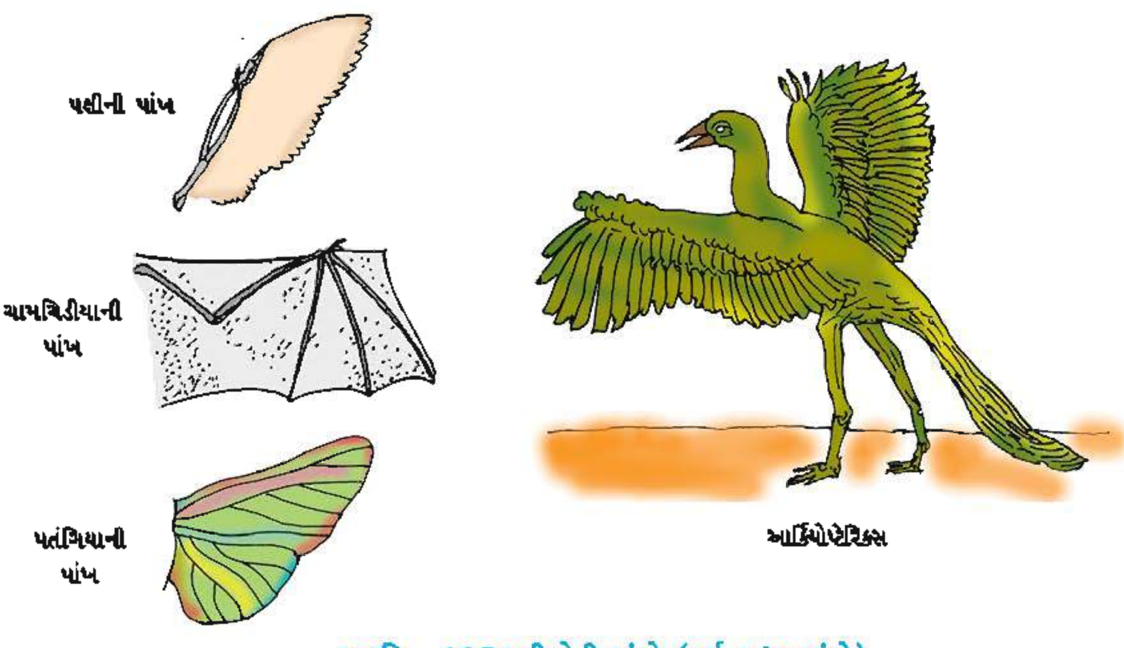
જે અંગોની અંતઃસ્થ સંરચના સરખી હોય પરંતુ કાર્યો જુદા હોય તેને રચનાસદૃશ અંગો કહે છે. ઉદા. તરીકે અંગ ઉપાંગના પાયાના હાડકાંની ગોઠવણી. દેડકાની, ગરોળીની, પક્ષીની અને ચામાચીડિયાની અને માનવની અંતઃસ્થ સંરચના સમાન હોય છે, પરંતુ તઓના કાર્યો જુદા પ્રકારના હોય છે. આ સૂચન કરે છે કે આ અંગ ઉપાંગોની ઉત્પત્તિ સામાન્ય પૂર્વજ પ્રાણીમાંથી થઈ છે જેમાં પાયાની અંતસ્થ સંરચના સરખી હોય છે.



આકૃતિ - 16.4 : રચના સદશ અંગો

કાર્યસદશ અંગો :

સરખો દેખાવ અને સરખા કાર્ય કરતાં પરંતુ પાયાની સંરચના જુદી હોય છે. તેવા અંગોને કાર્યસદશ અંગો કહે છે. ઉદા. તરીકે કીટક પાંખ, વિહગની પાંખની સંરચનામાં તફાવત છે પરંતુ કાર્ય સરખા છે. જુદાં જુદાં પ્રાણીઓમાં કાર્યસદશ અંગોની હાજરી પુરાવાઓ પૂરા પાડે છે કે આ પ્રાણીઓ સામાન્ય પૂર્વજમાંથી ઉદ્‌ભવ્યા નથી, પરંતુ વાતાવરણમાં જીવંત રહેવા પ્રબળ બની સમાન કાર્યો કરે છે.

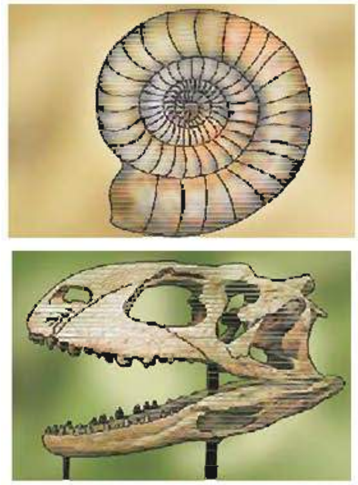


આકૃતિ - 16.5 પક્ષીઓની પાંખો (કાર્ય સદશ અંગો)

અશ્મિઓ ઉત્ક્રાંતિ પુરાવાઓ પૂરા પાડે (Fossils Provide Evidence For Evolation) :

મૃત પ્રાણીના કે વનસ્પતિ જે ભૂતકાળમાં જીવંત હતા તેમની છાપ અશ્મિ તરીકે ઓળખાય છે. જ્યારે વનસ્પતિ કે પ્રાણી મૃત્યુ પામે ત્યારે ઑક્સિજન, ભેજ અને સૂક્ષ્મ જીવાણુની હાજરીમાં તેમના શરીર સડી જાય છે, પરંતુ કેટલીક વખત વાતાવરણની

પરિસ્થિતિથી તેમના શરીર સંપૂર્ણપણે સડતા નથી. આવા પ્રાણી કે વનસ્પતિના શરીર ભાગો અશ્મિઓ બને છે. જે પૃથ્વીનું ખોદકામ કરતા મળી આવે છે. જો મૃત પર્ણ કાદવમાં દટાયી જાય તો પર્ણ સંપૂર્ણપણે સડતું નથી અને કાદવ પર્ણની ફરતે તેના આકારે ગોઠવાઈ જાય છે અને ધીમે ધીમે કાદવ કઠણ થઈ પથ્થરમાં ફેરવાય જાય છે. તેમાં પર્ણની છાપ રહી જાય છે. અશ્મિઓની ઉંમરનો અંદાજો કાર્બન ડેટિંગ પદ્ધતિ દ્વારા મેળવાય છે. જ્યારે સજીવ અશ્મિ બને ત્યારે તેમની કાર્બન-14 રેડિયોએક્ટિવના પ્રમાણમાં ધીમે ધીમે ઘટાડો થાય છે. આમ, અશ્મિની ઉંમર કાર્બન-14 રેડિયોએક્ટિવની મદદથી થાય છે. ઉદા. એમોનાઈટ્સ ટ્રાઈલોબાઈટ અને ડાયનોસોરની ઉંમર આ પદ્ધતિની નક્કી કરાઈ છે.



આકૃતિ - 16.6 અશ્મિઓ

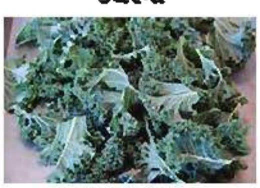
જંગલી કોબી

કોબી

બ્રોકોલી

ફ્લાવર

કલરબી



કેલે

આકૃતિ 16.7 : જંગલી કોબીજની જાતિઓ

16.11 તબક્કાવાર ઉત્ક્રાંતિ : (Evolution by Stages)

પ્રાણીઓ માટે આંખ ખૂબ જ અગત્યનું અને જટિલ અંગ છે જે DNAમા એક ફેરફારથી તે ઉત્પન્ન કરી શકાતું નથી. આંખનું સર્જન તબક્કાવાર ઘણી પેઢીના અવતરણ બાદ થયું છે. પ્લેનેરિયામાં સૌ પ્રથમવાર આંખ ઉત્પન્ન થઈ. પ્લેનેરિયાની (ચપટાકૃમિની) આંખ ખૂબ સાદી અને માત્ર ટપકાં સ્વરૂપે છે, જે પ્રકાશને શોધી કાઢે છે. આ સાદી આંખ પ્લેનેરિયાને જીવંત, રહેવા સંગીન સ્થિતિ પૂરી પાડે છે. આમ આંખ એ દેખીતી રીતે પ્રચલિત અનુકૂલન છે. ઘણા પ્રાણીઓ જેવા કે કીટક, ઓક્ટોપસ, અપૃષ્ઠવંશીઓ અને પૃષ્ઠવંશીઓને આંખ હોય છે. ઉપરના દરેક સજીવોમાં આંખની રચના જુદી હોય છે, જે આંખની ઉત્ક્રાંતિ સૂચવે છે અને તે આંખનું તબક્કાવાર ઉત્ક્રાંતિનું ઉદાહરણ છે.

પીંછાં :

ઉદાહરણ તરીકે, કેટલાક ડાયનોસોરમાં પીંછાંનો ઉપયોગ ઉડવા માટે નહીં પરંતુ ઠંડા હવામાન સામે અવાહક પડ તરીકે થયો છે. પરંતુ પછીથી તે ઉડવામાં ઉપયોગી થયા હશે. આમ, પીંછાંની હાજરી સૂચવે છે કે પક્ષીઓ ગાઢ રીતે સરીસૃપો સાથે સંબંધિત છે. પીંછાં ધરાવતા ડાયનોસોર એ સરીસૃપો હતા.

આપણે શીખ્યાં કે ઘણી વિભિન્ન દેખાતી રચનાઓની ઉત્પત્તિ સામાન્ય પૂર્વજના શરીર રૂપરેખામાંથી થઈ છે. પરંતુ આ બધા અનુમાનો લાંબા સમય પહેલાંના ઈતિહાસની ઘટના છે. આવી પ્રક્રિયાના વર્તમાન સમયમાં કોઈ ઉદાહરણ છે ? જંગલી કોબીની વનસ્પતિ એ સારું ઉદાહરણ છે. જેમાં ઉત્ક્રાંતિની પ્રક્રિયાથી જંગલી કોબીમાંથી સંપૂર્ણ રીતે વિભિન્ન દેખાતી વનસ્પતિ ઉદ્‌ભવે છે. અહીં તફાવત ફક્ત એટલો છે કે આપણે ઉત્ક્રાંતિ માટે નૈસર્ગિક પસંદગી કરતાં કૃત્રિમ પસંદગીનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. બે હજાર વર્ષો પહેલાં ખેડૂતો જંગલી કોબી ખાદ્ય વનસ્પતિ તરીકે ઉગાડતા હતા, અને આ કોબી (ટૂંકા અંતરે આવેલ પર્ણ) આપણે ખાઈએ છીએ. કેટલાક ખેડૂતોએ કોબીનાં ફૂલોમાં વિકાસ અટકેલો હતો તે જાતો મેળવી જેનો બ્રોકોલી તરીકે ઉછેર કર્યો અથવા કેટલાક ખેડૂતોએ કોબીમાં વંધ્ય પુષ્પોનો વિકાસ કર્યો.

દા.ત. ફ્લાવર. ખેડૂતે પસંદગી જંગલી કોબીના ફુલેલા ભાગની કરી અને નવી વિવિધતાવાળી કલરબી (Kohlrabi) વિકાસ કર્યો. કેટલાક ખેડૂતોએ જંગલી કોબીના ફક્ત થોડાક મોટા પાંદડાંનો વિકાસ કર્યો અને તેનું પાંદડાંયુક્ત શાક કેલે તરીકે ઓળખાય છે. આ રીતે જંગલી કોબી દ્વારા કોબી, બ્રોકોલી, ફ્લાવર, કલરબી અને કેલે જેવી જાતિઓ ખેડૂતોએ કૃત્રિમ રીતે મેળવી. જેઓ પૂર્વજ જંગલી કોબી કરતા દેખાવામાં તદ્દન ભિન્ન છે.

16.12 માનવમાં ઉત્ક્રાંતિ Human Evolution :

માનવ ઉત્ક્રાંતિના અભ્યાસ માટે કેટલાંક હથિયારનો ઉપયોગ કરી પૃથ્વીનું ખોદકામ, અશ્મિના સમયની ગણતરી કરવો, અશ્મિનો અભ્યાસ અને ઉત્ક્રાંતિ સંબંધોને શોધવા DNAની ક્રમિકતાનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો છે. પૃથ્વી પર માનવનું ભાવિ સ્થિર, વિશાળ અને વિવિધતાપૂર્ણ છે. માનવી લાંબા સમય સુધી જુદા જુદા માનવવંશ વિશે વિચારતો હતો. સામાન્ય રીતે માનવવંશની ઓળખ તેની ચામડીના રંગ જેવા કે પીળી, કાળી, સફેદ અને ભૂખરી પરથી થાય છે. હવે એવી જાણકારી મળી છે કે માનવવંશની ઉત્ક્રાંતિ જુદી રીતે થઈ નથી. અર્વાચીન વર્ષોનાં પુરાવા પરથી એ સ્પષ્ટ થયું છે કે માનવની એક જ જાતિ હોમોસેપીઅન છે. સંશોધન દ્વારા એ સ્થાપિત થયું છે કે આપણે હજારો વર્ષોથી જાણીએ છીએ. આપણે બધા આફ્રિકાથી આવ્યા છીએ. આપણા જનિનીક પગલાંના નિશાન આપણા આફ્રિકાના ઉદ્ગમસ્થાન સાથે સંબંધ જોડાયેલ છે. સેંકડો હજારો વર્ષ અગાઉ આપણા કેટલાક પૂર્વજોએ આફ્રિકા છોડ્યું અને કેટલાક ત્યાં જ રહ્યા. જેમણે આફ્રિકા છોડ્યું તે ધીમે ધીમે પૃથ્વી પર ફેલાયા, આફ્રિકાથી પશ્ચિમ એશિયા, મધ્ય એશિયા, ઇયુરેશિયા, દક્ષિણ એશિયા અને પૂર્વ એશિયા. તેમનું સ્થળાંતર ઈન્ડોનેશિયાના ટાપુ અને ફિલિપાઈન્સથી ઓસ્ટ્રેલિયા અને તેઓ અમેરિકા પહોંચ્યા. તેઓ સમૂહમાં ગયા, કેટલીકવાર એકબીજાથી છૂટા પડ્યા અને એકબીજા સાથે ભળી ગયા, એકસાથે આફ્રિકાની અંદર અને બહાર સ્થળાંતર કરતા રહ્યા. પૃથ્વી પરથી બીજી જાતિઓની જેમ, તેઓ પણ ઉત્ક્રાંતિના અકસ્માત બન્યા.

તમે શું શીખ્યા ?

પ્રજનનનાં ક્ષમતાને લીધે દરેક સજીવ નવી પેઢીની સંતતિને ઉત્પન્ન કરે છે, જે પિતૃ પેઢીને મળતી આવે છે. તેમ છતાં સતત અને ધીમા ફેરફારોની પ્રક્રિયાને લીધે, જીવંત સજીવો વિશાળ વિવિધતા દર્શાવવા ઉત્પન્ન થયા. અર્ધસૂત્રણ દરમિયાન, જનીનો વચ્ચે વ્યતિકરણ થતાં, નવા જોડાણ બને છે, જેના અંતિમ પરિણામ રૂપે એક જ જાતિના વ્યક્તિઓની લાક્ષણિકતામાં ભિન્નતાઓ ઉત્પન્ન થાય છે. આનુવંશિકતા એટલે એક પેઢીમાંથી બીજી પેઢીમાં લક્ષણોનું સાતત્ય. આનુવંશિકતા અને ભિન્નતાઓ વિજ્ઞાનનાં અગત્યનાં પાસા છે, જેનો અભ્યાસ જનીનશાસ્ત્રમાં થાય છે. મેન્ડલે પીસમ સેટીવમ (બગીચાના વટાણા) પર પ્રયોગો કરી આનુવંશિકતાના કેટલાક નિયમો બનાવ્યા. મેન્ડલે આનુવંશિકતાના અભ્યાસ માટે કેટલાક જોડમાં આવેલા વિરોધીભાસી લક્ષણો જેવા કે ઊંચા અને વામન છોડ, સફેદ અને જાંબલી ફૂલો, ગોળ અને ખરબચડા બીજ, ફૂલોના સ્થાન અક્ષીય અને અગ્રસ્થ જેવા લક્ષણો વિશે પ્રયોગો કર્યા. જનીન આનુવંશિકતાનો એકમ છે. જનીનો DNA પર શ્રેણીબદ્ધ રીતે રેખામાં ગોઠવાયેલા હોય છે. દરેક જનીન વિશિષ્ટ પ્રોટીનનું સંશ્લેષણ કરવાનું કામ કરે છે, જે લાક્ષણિકતાની અભિવ્યક્તિ માટે જવાબદાર છે. વ્યક્તિની જાતિના નિશ્ચયનની ક્રિયાવિધિને લિંગનિશ્ચયન કહે છે. માનવમાં લિંગનિશ્ચિયન જનીનો દ્વારા થાય છે, જે રંગસૂત્રોના ચોક્કસ સ્થાન પર આવેલા છે, જે પિતૃ તરફથી સંતતિમાં આનુવંશિક થાય છે.

ઉત્ક્રાંતિએ શ્રેણીબદ્ધ ફેરફારોનો ક્રમ છે જે પ્રાથમિક સજીવોમાં લાખો વર્ષો બાદ થઈ નવી જાતિમાં ઉદ્ભવે છે. સજીવોની લાક્ષણિકતા જે આનુવંશિક નથી પણ વાતાવરણની પ્રતિક્રિયારૂપે વિકાસ પામે છે તેને ઉપાર્જિત લાક્ષણિકતા કહે છે. જે પ્રક્રિયા દ્વારા નવી જાતિનો વિકાસ જીવંત જાતિમાં થાય છે તેને જાતિનિર્માણ કહે છે. અગત્યના કારકો જે નવી જાતિનું નિર્માણ કરે છે તે નીચે મુજબનાં છે :

(1) વસ્તીનું ભૌગોલિક અલગીકરણ (2) જીનેટીક ડ્રીફટ (3) ભિન્નતા કેટલાક અગત્યના ઉદ્‌ગમસ્થાન જે ઉત્ક્રાંતિ માટે પૂરાવાઓ પૂરા પાડે છે : (1) રચનાસદૃશ અંગો (2) કાર્યસદૃશ અંગો અને (3) અશ્મિઓ તબક્કા વાર ઉત્ક્રાંતિની સંભવિત સ્પષ્ટતા પીંછાંની ઉત્ક્રાંતિ અને ખેડૂતોએ વિકસાવેલી વિવિધ દેખાવવાળી શાકભાજી જેવી કે કોબીજ, બ્રોકોલી, ફ્લાવર, ક્લરબી અને કેલે જેની ઉત્ક્રાંતિ કૃત્રિમ પસંદગી દ્વારા થઈ છે.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

1. સરખી જાતિની વ્યક્તિઓમાં મળી આવતો તફાવત શેના કારણે છે ?

(A) સંક્રાન્તિ (B) ભિન્નતા (C) વિકાસ (D) ઉત્ક્રાંતિ

2. લક્ષણોનું એક પેઢીથી બીજી પેઢીમાં સાતત્ય શું કહેવાય ?

(A) ઉત્ક્રાંતિ (B) વિકૃતિ (C) આનુવંશિક્તા (D) પેઢી

3. મેન્ડલે નીચે જણાવેલ છોડની જાતિમાંથી શેના પર કાર્ય કર્યું હતું.

(A) ઝિયા મેઝ (B) પીસમ સેટીવમ (C) કેશિયા ટોરા (D) ફેસીઓ મુન્ગો

4. જ્યારે મેન્ડલે ઊંચા છોડનું વામન છોડ સાથે સંકરણ કર્યું ત્યારે F_2 પેઢીમાં વામન છોડનું પ્રમાણ કેટલું હતું ?

(A) 75 % (B) 25 % (C) 60 % (D) C 40 %

5. માનવમાં લિંગનું નિશ્ચયન કોના દ્વારા થાય છે ?

(A) કોષ (B) પેશી (C) જનીનો (D) અંગિકાઓ

6. માનવજાતિનું જનનીક ઉદ્‌ગમસ્થાન છે.

(A) ભારત (B) અમેરિકા (C) આફ્રિકા (D) ઓસ્ટ્રેલિયા

7. અંગો જુદા કાર્યો કરતા હોય પરંતુ પાયાની રચના સરખી હોય તેને – કહે છે.

(A) રચનાસદૃશ અંગ (B) કાર્યસદૃશ અંગો

(C) હોમોલાયટિક અંગો (D) એનાલાયટી અંગો

8. જો સજીવના અશ્મિઓ પૃથ્વીના ઊંડા સ્તરોમાંથી મળી આવે તો આપણે તેનું ભાવિકથન કહીએ છે.

(A) સજીવ લુપ્ત તાજેતરમાં થયો છે.

(B) સજીવ લુપ્ત થયાને હજારો વર્ષ વીતી ગયા છે.

(C) અશ્મિની પૃથ્વીના સ્તરમાં સ્થિતિને લુપ્ત થવાના સમય સાથે કોઈ સંબંધ નથી.

(D) લુપ્ત થવાના સમયનું નિશ્ચયન થતું નથી.

9. નવીજાતિનું નિર્માણ થાય જો

(i) જનનકોષોમાં DNAમાં અગત્યના ફેરફાર થાય.

(ii) જનન પદાર્થમાં કોઈ ફેરફાર થતો નથી.

(iii) તેઓમાં સંભોગની ક્રિયા થતી નથી.

(A) (i) અને (ii) (B) (i) અને (iii)

(C) (ii) અને (iii) (D) (i), (ii) અને (iii)

10. નીચે જણાવેલ પ્રકારના અંગો બે પ્રાણીમાં હાજર હોય પણ સૂચવે છે કે તેઓ સામાન્ય પૂર્વજમાંથી ઉદ્‌ભવતા નથી.

(A) રચનાસદૃશ અંગો (B) ઉત્સર્ગઅંગો

(C) કાર્યસદૃશ અંગો (D) પ્રજનનઅંગો

11. નીચે જણાવેલ પ્રાણીઅંગો રચનાસદશ અંગ નથી.

(A) માનવ અને ગરોળીમાં અગ્ર ઉપાંગ (B) ગરોળી અને દેડકોનીં અગ્રઉપાંગ

(C) પતંગિયા અને ચામાચીડિયામાં પાંખો (D) ચામાચીડિયા અને પક્ષીઓમાં પાંખ

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો.

(1) લિંગ નિશ્ચયનની વ્યાખ્યા આપો.

(2) વિવિધ પ્રાણીઓમાં લિંગનિશ્ચયન ક્રિયાવિધિ અથવા પદ્ધતિ કઈ છે ?

(3) નીચે જણાવેલના પૂર્વજના નામ આપો.

બ્રોકોલી, કલરબી, કેલે

(4) બે સજીવોના નામ આપો જે હાલમાં લુપ્ત થઈ ગયા છે અને તેમનો અભ્યાસ અશ્મિ પરથી થાય છે.

(5) જંગલી કોબીજમાંથી કૃત્રિમ પસંદગીની પ્રક્રિયાથી ઉત્પન્ન થયેલી પાંચ શાકભાજીના નામ આપો.

(6) નીચે જણાવેલમાંથી એક શબ્દ પસંદ કરો જેમાં બીજા ત્રણનો સમાવેશ થાય છે.

બ્રોકોલી, જંગલી કોબીજ, ફ્લાવર, કોબીજ

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો.

(1) અશ્મિઓ શું છે ? એક ઉદાહરણ આપો. અશ્મિઓ ઉત્ક્રાંતિના પુરાવા કેવી રીતે પૂરા પાડે છે તે સમજાવો.

(2) રચનાસદૃશ અંગો કઈ રીતે ઉત્ક્રાંતિના પુરાવા આપે છે.

(3) શું લિંગી પ્રજનન કરતા સજીવની નવી જાતિના નિર્માણમાં ભૌગોલિક અલગીકરણ મુખ્ય કારક છે ? તમારો જવાબ કારણો સહિત આપો.

(4) શું જાતિની ભૌગોલિક અલગીકરણ દ્વારા નવીજાતિનું નિર્માણ થાય છે ? તમારો જવાબ યોગ્ય સમજૂતી દ્વારા આપો.

(5) લક્ષણો કેવી રીતે આનુવંશિક થાય છે ?

(6) આનુંવશિકતા વિશે નોંધ લખો.

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો.

(1) (અ) કાર્યસદૃશ અંગો અને રચનાસદશ અંગો શબ્દોને ઉદાહરણ સહિત સમજાવો.

(બ) કાર્યસદૃશ અંગો કઈ રીતે ઉત્ક્રાંતિના પુરાવા પાડે છે ?

(2) (અ) જાતિનિર્માણની વ્યાખ્યા આપો અને જાતિનિર્માણ કેવી રીતે બને છે ?

(બ) શું ભૌગોલિક અલગીકરણ સ્વપરાગનયન વનસ્પતિની જાતિનિર્માણ માટેના મુખ્ય કારક છે ? તમારો જવાબ કારણો સહિત આપો.

(3) મેન્ડલના કાર્યો સમજાવો.

(4) માનવમાં લિંગનિશ્ચયન વર્ણવો.

એકમ

17

આપણું પર્યાવરણ (Our Environment)

વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ અને માનવજાત સહિત બધાં સજીવો અને તેમની સાથે સંકળાયેલ ભૌતિક પરિસરને પર્યાવરણ કહે છે. પર્યાવરણના બધાં જ જૈવિક અને અજૈવિક ઘટકો સમતુલાની જાળવણી માટે એકબીજા પર આધારિત છે. તેથી આપણે કહી શકીએ કે પર્યાવરણના જુદાં જુદાં ઘટકો આંતરસંલગ્ન અને એકબીજા પર આધારિત છે. આબોહવા, ભૂમિપ્રકાર અને ભૂતલીય પરિબળોની ભિન્નતાને લીધે પર્યાવરણ જુદા જુદા સ્થાને બદલાય છે. બધી જ વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ કે જેઓ જે પર્યાવરણમાં જન્મ્યાં છે અને રહે છે તે તેને અનુકૂલિત થાય છે. વાતાવરણના કોઈ પણ એક ઘટકમાં થતો ફેરફાર પ્રતિકૂળ છે અને સજીવોના સામાન્ય જીવનને અસરકર્તા છે. વાતાવરણમાંના વિવિધ પરિબળો એકબીજા સાથે કેવી રીતે સંકળાયેલા છે અને કેવી રીતે અસરકર્તા છે તેનો અભ્યાસ આપણે આ પ્રકરણમાં કરીશું.

17.1 પર્યાવરણમાં આપણે કચરો ઉમેરીએ તો શું થાય ?

(What Happens When We Add Our Waste to the Environment ?)

અનૈચ્છિક, બિનઉપયોગી વસ્તુઓ, વધારાની કે ઘરગથ્થું નકામી ચીજવસ્તુઓને આપણે કચરો કહીએ છીએ. આપણાં ઘરમાં રોજબરોજ આવો કચરો ઉત્પન્ન થાય છે. ઘન અને પ્રવાહી એમ બે મુખ્ય સ્વરૂપોમાં કચરાને વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. ઘન સ્વરૂપોની સરખામણીએ પ્રવાહી સ્વરૂપોની હેરફેર અને વ્યવસ્થાપન સરળતાથી થાય છે. રસોડાના કચરામાં શાકભાજી અને ફળ, છાલ, શલ્કા, હાડકાં, વગેરે તેમજ ધાતુ કચરો – કાચ, પ્લાસ્ટિક તથા પૉલિથિન જેવા ઘન કચરાનો સમાવેશ થાય છે. નકામાં કચરાને વિઘટિત કરવાની (સ્વરૂપ બદલી નાખવાની) જૈવવૈજ્ઞાનિક પ્રક્રિયાને જૈવિક વિઘટન કહે છે. દા.ત., શાકભાજી અને ફળ. જ્યારે કાચ, પ્લાસ્ટિક અને પૉલિથિન વગેરે જૈવ વૈજ્ઞાનિક પ્રક્રિયાથી વિઘટિત કરી શકાતા નથી (સ્વરૂપ બદલી શકાતું નથી, જે પ્રક્રિયાને અજૈવિક વિઘટન કહે છે.) તેમનું જૈવિક રીતે વિઘટન થઈ શકતું નથી.

પ્રવૃત્તિઓ

- તમારા ઘરમાંથી કચરો ભેગો કરો. આ કચરામાં બાફેલો ખોરાક, શાકભાજીના ટુકડાઓ, ઉપયોગ કરેલી ચા, મીણિયાની કોથળીઓ, દૂધની કોથળીઓ, ખાલી શીશીઓ, ફાટેલાં કપડાં, વધારાના કાગળ અને ખાલી ખોખાંનો સમાવેશ થાય છે.
- સ્કૂલના બગીચામાં આ ચીજવસ્તુઓને ખાડામાં દબાવી દો.

- આ ચીજવસ્તુઓને ભીની રાખી અને એક મહિના પછી નિરીક્ષણ કરો.
- તમે જોશો કે આમાંની કેટલીક ચીજવસ્તુઓ જેવી કે બાફેલો ખોરાક, શાકભાજીના ટુકડા, ઉપયોગ કરેલી ચા, ફાટેલાં કપડાં, વધારાના કાગળ અને ખાલી ખોખાં વગેરેના આકાર અને બંધારણમાં થતો ફેરફાર વિઘટન પ્રક્રિયાને કારણે છે, જે તમે પારખી શકો છો.
- આમાંની કેટલીક ચીજવસ્તુઓ જેવી કે મીણિયાની કોથળીઓ, દૂધની કોથળીઓ અને ખાલી શીશીઓના આકાર અને બંધારણમાં ફેરફાર જોઈ શકાતો નથી એટલે કે તેમનું જૈવિક વિઘટન થતું નથી.
- જૈવિક રીતે વિઘટન ન પામતી ચીજવસ્તુઓ વાતાવરણમાં ઘણા લાંબા સમય સુધી એમને એમ જ નકામી રહેવા પામે છે અને નિવસનતંત્રના વિવિધ ઘટકોને નુકસાનકારક થઈ શકે છે. આ ચીજવસ્તુઓ કિમતી ભૂમિમાં ભળે છે અને તે રોગોના મુખ્ય સ્રોત હોઈ શકે છે. જો કે અમુક કિલો કચરો કે નકામી વસ્તુઓ ગંભીર રોગ ઉત્પન્ન કરી શકે છે.

17.2 નિવસનતંત્ર (Ecosystem)

નિવસનતંત્રમાં વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ, સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ અને માનવજાતિ જેવા બધા જ સજીવો તેમજ ભૌતિક પરિસર એકબીજા સાથે આંતરક્રિયા કરે છે અને પ્રકૃતિમાં સંતુલન જાળવે છે. બીજા શબ્દોમાં જૈવિક સમુદાય અને તેમની સાથે સંકળાયેલ ભૌતિક પર્યાવરણ મળીને આંતરક્રિયા તંત્ર બનાવે છે જેને નિવસનતંત્ર કહે છે.

નિવસનતંત્ર કદમાં નાનું કે મોટું હોઈ શકે છે. વસવાટના માધ્યમને આધારે નિવસનતંત્ર જલજ અને સ્થળજ હોય છે. જંગલ, તૃણભૂમિ અને રણ એ સ્થળજ નિવસનતંત્રમાં સમાવિષ્ટ છે. મીઠા પાણીનાં નિવસનતંત્ર જેવા કે નદી, ઝરણાં, સરોવર અને તળાવ અને એવી જ રીતે દરિયાઈ ખારા પાણીનું નિવસનતંત્ર જલજ નિવસનતંત્ર છે. દરેક નિવસનતંત્ર સામાન્ય રીતે એકબીજામાં પૂરક હોય છે. દરેક નિવસનતંત્ર વિશિષ્ટ બંધારણ ધરાવે છે અને ચોક્કસ કાર્ય કરે છે.

નિવસનતંત્રના ઘટકો :

દરેક નિવસનતંત્ર બે મુખ્ય ઘટકો ધરાવે છે : જૈવિક ઘટકો અને અજૈવિક ઘટકો. બધા સજીવો જૈવિક ઘટકોમાં સમાવિષ્ટ છે. દા.ત., ઉત્પાદકો, ઉપભોગીઓ અને વિઘટકો. જ્યારે અજૈવિક ઘટકોમાં બધાં જ અજૈવિક પરિબળો જેવાં કે ભૂમિ, પાણી, પ્રકાશ, તાપમાન, પવન, ભેજ, વરસાદ, અકાર્બનિક પોષક તત્ત્વો અને મૃત કાર્બનિક પદાર્થયુક્ત પ્રોટીન, લિપિડ અને કાર્બોદિતોનો સમાવેશ થાય છે.

(1) જૈવિક ઘટકો : નિવસનતંત્રમાં રહેતાં બધાં જ સજીવોને બે પ્રકારમાં વિભાજિત કરી શકાય : ઉત્પાદક સજીવો અને ઉપભોક્તા સજીવો.

(i) ઉત્પાદક સજીવો : આ સજીવો સ્વયંપોષી છે. તેઓ નીલરસ ધરાવે છે અને પ્રકાશસંશ્લેષણથી પોતાના માટે અને અન્ય સજીવો માટે ખોરાક તૈયાર કરે છે. સ્થળજ નિવસનતંત્રમાં લીલી વનસ્પતિઓ ઉત્પાદકો છે. જલજ નિવસનતંત્રમાં વિવિધ પ્રકારની લીલ ઉત્પાદકો તરીકે ભાગ ભજવે છે.

(ii) ઉપભોક્તા સજીવો : આ સજીવો આપમેળે પોતાના ખોરાકનું સંશ્લેષણ કરી શકતા નથી અને તેથી પોતાના ખોરાક માટે તેઓ અન્ય સજીવો કે તેમની નીપજોનો ઉપયોગ કરે છે. તેઓ વિષમપોષી છે. ઉપભોકતાઓને નીચેની ચાર કક્ષાઓમાં વિભાજિત કરી શકાય છે :

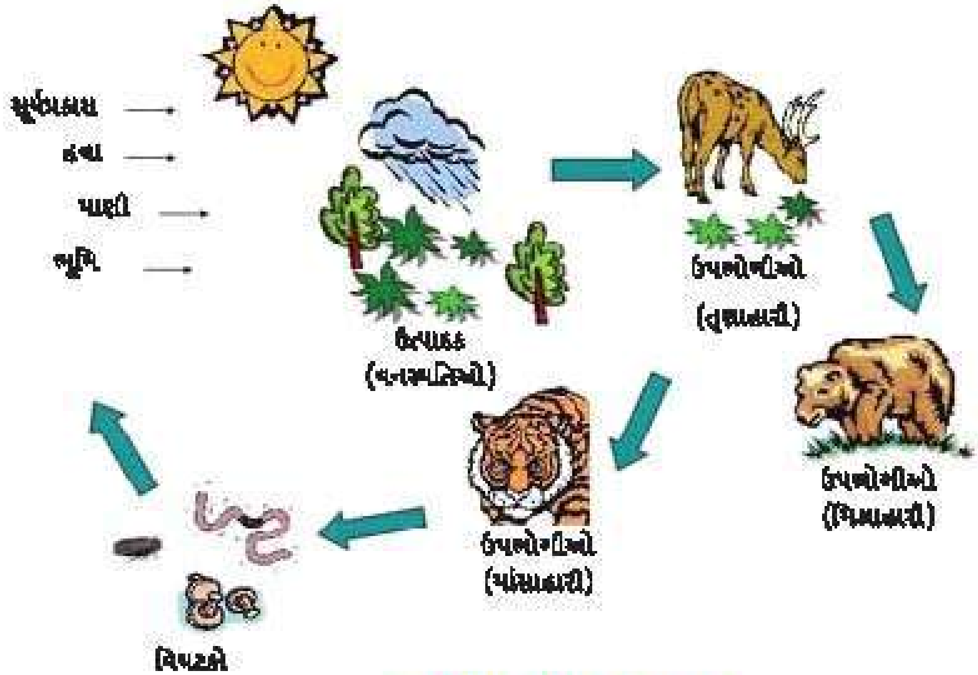
(અ) તૃણાહારી કે પ્રથમ કક્ષાના ઉપભોગીઓ : તેઓ લીલી વનસ્પતિઓનો ઉપયોગ કરે છે અને તેમાંથી ખોરાક મેળવે છે.

(બ) માંસાહારી કે દ્વિતીય કક્ષાના અને તેનાથી ઊંચી કક્ષાના ઉપભોક્તાઓ : તેઓ તૃણાહારી અને અન્ય માંસાહારી પ્રાણીઓનું ભક્ષણ કરી ખોરાક મેળવે છે. તૃણાહારીઓનો ઉપયોગ કરતાં માંસાહારીઓને દ્વિતીય કક્ષાના ઉપભોગીઓ કહે છે. અન્ય માંસાહારી પ્રાણીઓનો ઉપયોગ કરતાં માંસાહારીઓને તૃતીય અને ઉચ્ચ કક્ષાના ઉપભોગીઓ કહે છે.

(ક) મિશ્રાહારી સજીવો : તેઓ પોતાના ખોરાક માટે વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓનો ઉપયોગ કરે છે.

(ડ) વિઘટકો : તેઓ વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓના વિઘટીત મૃત શરીર દ્વારા પોતાની પોષક જરૂરિયાત પૂરી કરે છે. તેઓ જટિલ કાર્બનિક પદાર્થોને સરળ કાર્બનિક ઘટકોમાં ફેરવે છે અને ત્યારબાદ અકાર્બનિક ઘટકોમાં તેનું રૂપાંતર કરે છે.

(II) અજૈવિક ઘટકો : નિવસનતંત્રના બધા જ નિર્જીવ ઘટકો અજૈવિક ઘટકોમાં સમાવિષ્ટ છે. ખૂબ જ મહત્ત્વના અજૈવિક ઘટકોને બે કક્ષામાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે : (1) આબોહવાકીય પરિબળો અને (2) ભૂમીય પરિબળો.

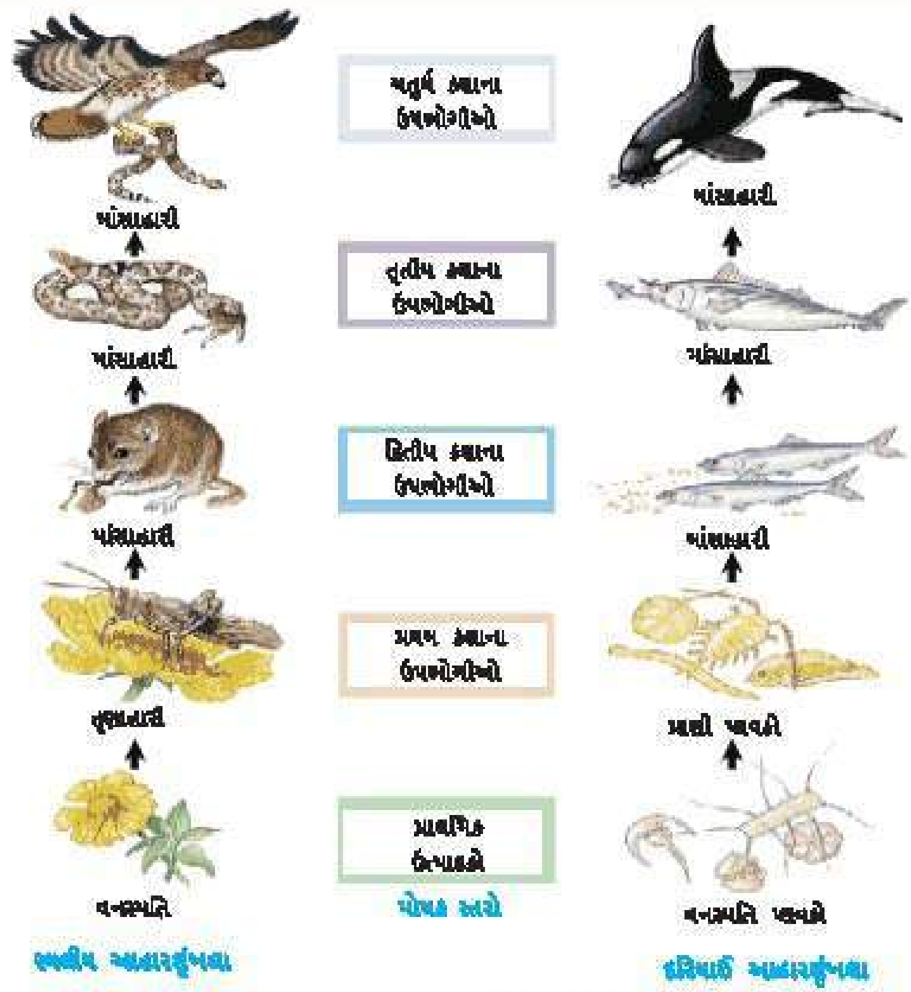


આકૃતિ 17.1 નિવસનતંત્રના ઘટકો

તાપમાન, પાણી, પ્રકાશ, પવન, ખનીજ દ્રવ્યો, ભૂતલ અને વરસાદ આબોહવાકીય પરિબળોમાં સમાવિષ્ટ છે. જ્યારે જમીનની રચના અને બંધારણ ભૂમીય પરિબળોમાં સમાવિષ્ટ છે.

આહારશૃંખલા અને આહારજાળ :

સજીવો પોતાના ખોરાકની જરૂરિયાત માટે એકબીજા પર આધારિત હોય છે અને શૃંખલા બનાવે છે તેને આહાર-સાંકળ કે આહારશૃંખલા કહે છે. આહારશૃંખલાના દરેક પગથિયાં કે સ્તર પોષક સ્તર સ્વરૂપે છે. આથી ઉત્પાદકો પ્રથમ પોષક સ્તર, તૃણાહારીઓ દ્વિતીય પોષક સ્તર અને માંસાહારીઓ તૃતીય પોષક સ્તર સ્વરૂપે છે. ઉદાહરણ તરીકે તૃણ કે ઘાસ પર તીતીઘોડા નભે છે કે જેના પર ઉંદરો નભે છે અને સમડી કે બાજ દ્વારા તેઓ પણ ભક્ષાય છે. આથી આહારશૃંખલા પ્રાથમિક ઉત્પાદકોથી શરૂ થઈ માંસાહારીથી અંત પામે છે.



આકૃતિ 17.2 : આહારશૃંખલાના પોષકસ્તરો

આહારશૃંખલા :

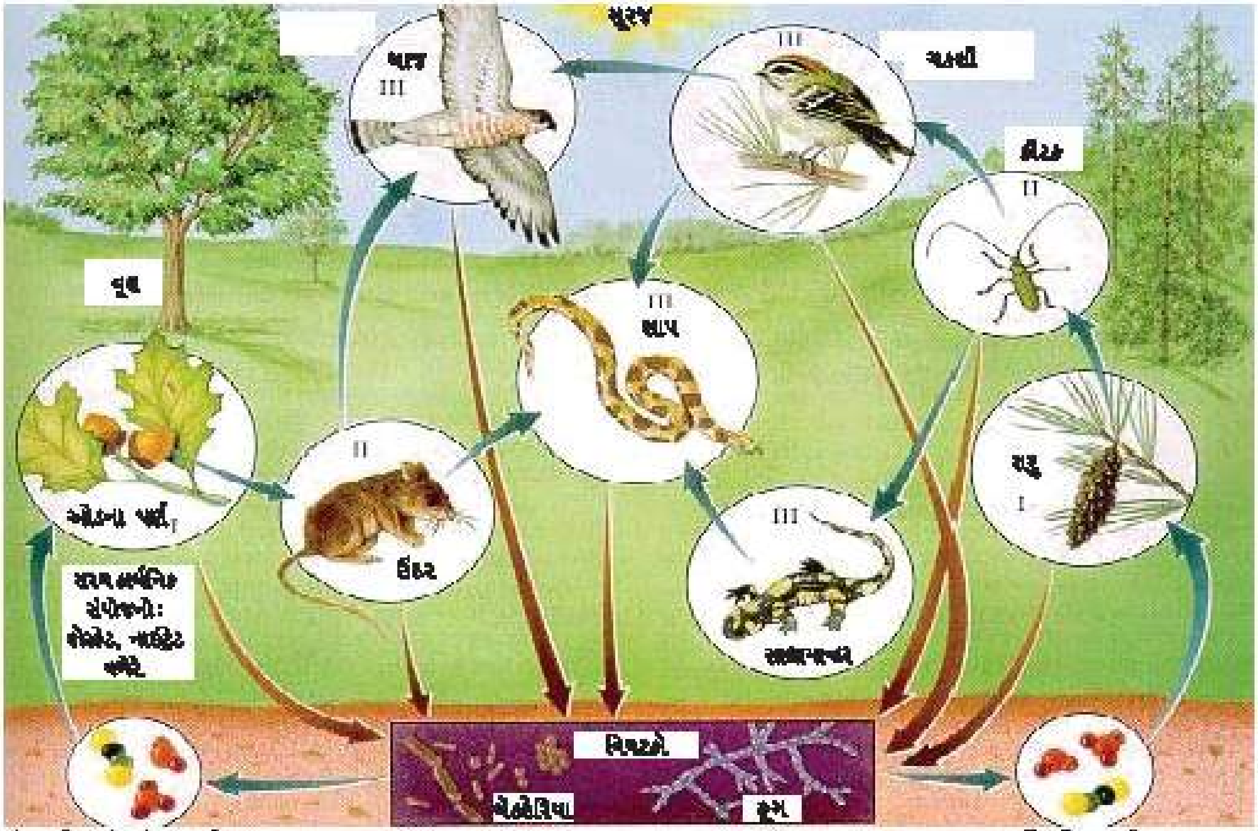
આહારશૃંખલા બે પ્રકારની છે : (1) સજીવ આહારશૃંખલા અને (2) મૃત આહારશૃંખલા. સજીવ આહારશૃંખલા નીલરસ ધરાવતા ઉત્પાદકોથી શરૂ થઈ તૃણાહારીઓ, માંસાહારીઓ અને વિઘટકો દ્વારા વિસ્તરીત થાય છે. મૃત આહારશૃંખલા વિઘટકોથી શરૂ થાય છે જે કાર્બનિક પદાર્થ પર નભે છે અને મૃત સડતા પદાર્થ પર નભતા સજીવોમાંથી પસાર થઈ મૃતભક્ષી તરીકે છે.

આહારશૃંખલા નિવસનતંત્રમાં શક્તિ અને પોષક દ્રવ્યનું વહન કેવી રીતે થાય છે તે દર્શાવે છે. પ્રથમ પોષક સ્તરે સ્વયંપોષી કે ઉત્પાદકો છે જેઓ શક્તિનું ઉત્પાદન કરે છે. પછી આ શક્તિ તૃણાહારીઓ જેવા ઉચ્ચ સ્તરના સજીવોમાં વહન પામે છે. ત્યારબાદ જ્યારે માંસાહારીઓ તૃણાહારીઓને ખાય છે ત્યારે શક્તિ એકમાંથી બીજામાં રૂપાંતરિત થાય છે. આથી લીલી વનસ્પતિઓ શક્તિનો એકમાત્ર સ્રોત છે કે જેઓ સૂર્યપ્રકાશમાં રહેલી શક્તિ મેળવીને તેનું રાસાયણિક શક્તિમાં પરિવર્તન કરે છે. જીવંત વિશ્વની બધી જ ક્રિયાઓને આ શક્તિ મદદરૂપ છે. નિવસનતંત્રમાં શક્તિનો પ્રવાહ હંમેશાં એકમાર્ગી છે. લીલી વનસ્પતિઓ દ્વારા મેળવાયેલ શક્તિ સૂર્ય તરફ પાછી ફરતી નથી અને તૃણાહારીઓ દ્વારા મેળવાયેલ શક્તિ સ્વાવલંબીઓ તરફ જતી નથી. આ રીતે તે વિવિધ પોષક સ્તરોમાં ક્રમશઃ વહન પામતી હોવાથી અગાઉના પોષક સ્તરો માટે લાંબા સમય સુધી પ્રાપ્ય થતી નથી.

રોગો કે જંતુઓથી પાકોના રક્ષણ માટે જંતુનાશકો અને અન્ય રસાયણોના અનિયંત્રિત ઉપયોગ દ્વારા જમીન અને પાણીમાં આ રસાયણોનું પ્રમાણ વધે છે. જમીન કે પાણીમાંથી તેઓ વનસ્પતિઓના દેહમાં પ્રવેશી ત્યારબાદ તૃણાહારીઓ અને

માંસાહારીઓમાં પ્રવેશે છે. આ રસાયણો વિઘટન પામતા નથી, તેઓ દરેક પોષક સ્તરે પ્રગતિકારક રીતે સંચિત થાય છે. આ ઘટના જૈવિક વિશાલન તરીકે જાણીતી છે.

કુદરતમાં પ્રાણીઓ પ્રાણીઓ વચ્ચેના આહાર સંબંધો સીધી સાંકળના સ્વરૂપે સમજાવી શકાતા નથી. વિવિધ નિવસનતંત્રો પૈકી લગભગ દરેકને પોતાની નિશ્ચિત આહાર શૃંખલા હોય છે. તેમાં ભાગ લેતા ઘણાં સજીવો અન્ય નિવસનતંત્રોની આહારશૃંખલા સાથે પણ સંકળાયેલ હોય છે. આમ આહારશૃંખલાઓ સ્વતંત્ર ન રહેતાં પરસ્પર ગૂંથાયેલી જાળ જેવી રચના કરે છે, જેને આહાર-જાળ કહે છે.



વિઘટકો - વિઘટિત દ્રવ્યો

વિઘટિત દ્રવ્યો

આકૃતિ 17.3 : આહારજાળ

17.3 વૈશ્વિક સમસ્યાઓ (Global Problems)

વૈશ્વિક સમસ્યાઓ વ્યક્તિને સીધી અસરકર્તા અગત્યની સમસ્યાઓ નથી પરંતુ તેઓ એવી સમસ્યાઓ છે કે જે સમગ્ર ગ્રહ અને તેની પર રહેતાં સમગ્ર લોકોને અસરકર્તા છે.

આબોહવાકીય ફેરફાર તેનું ઉત્તમ ઉદાહરણ છે. તે માનવસર્જિત ફેરફારનું પરિણામ છે. વૈશ્વિક ઉષ્ણતામાન અને ઓઝોનના સ્તરમાં ઘટાડો, જૈવવિવિધતા અને નિવસનતંત્રને નુકસાન, મત્સ્ય ઉદ્યોગમાં ઘટાડો, વનકટાઈ, પાણીની અછત, કચરાનો નિકાલ, દરિયાઈ સુરક્ષા અને પ્રદૂષણ વગેરે સજીવો દ્વારા સામનો કરાતી કેટલીક વૈશ્વિક સમસ્યાઓ છે. આ પ્રકરણમાં આપણે ઓઝોન સ્તરમાં ઘટાડો અને કચરાનો નિકાલ આ બે પર્યાવરણીય સમસ્યાઓને વિસ્તૃતમાં જોઈએ.

17.4 ઓઝોન સ્તર અને તેમાં ઘટાડો (Ozone Layer and Its Depletion)

પૃથ્વીનું વાતાવરણ સ્તરીય છે. પૃથ્વીની નજીક ટ્રોપોસ્ફિયર છે. લગભગ 50 કિમી ઊંચાઈએ સ્ટ્રેટોસ્ફિયર છે જેમાં ઓઝોન સ્તર રહેલું છે. આ સ્તર સૂર્યના પારજાંબલી (UV) વિકિરણો શોષી લઈ તેને પૃથ્વી સુધી પહોંચતાં અટકાવે છે.

જ્યારે ઑક્સિજન અણુ પારજાંબલી પ્રકાશ કણોને શોષીને પ્રકાશ વિભંજન કે પ્રકાશ વિભંજન તરીકે જાણીતી રાસાયણિક પ્રક્રિયામાંથી પસાર થાય ત્યારે ઑક્સિજનનો એક અણુ તૂટી બે પરમાણુ બને છે. પછી મુક્ત ઑક્સિજન પરમાણુ (O) એ ઑક્સિજન અણુ (O_2) સાથે જોડાઈ ઓઝોન (O_3)નો અણુ બનાવે છે.

$$O_2 \longrightarrow O + O$$

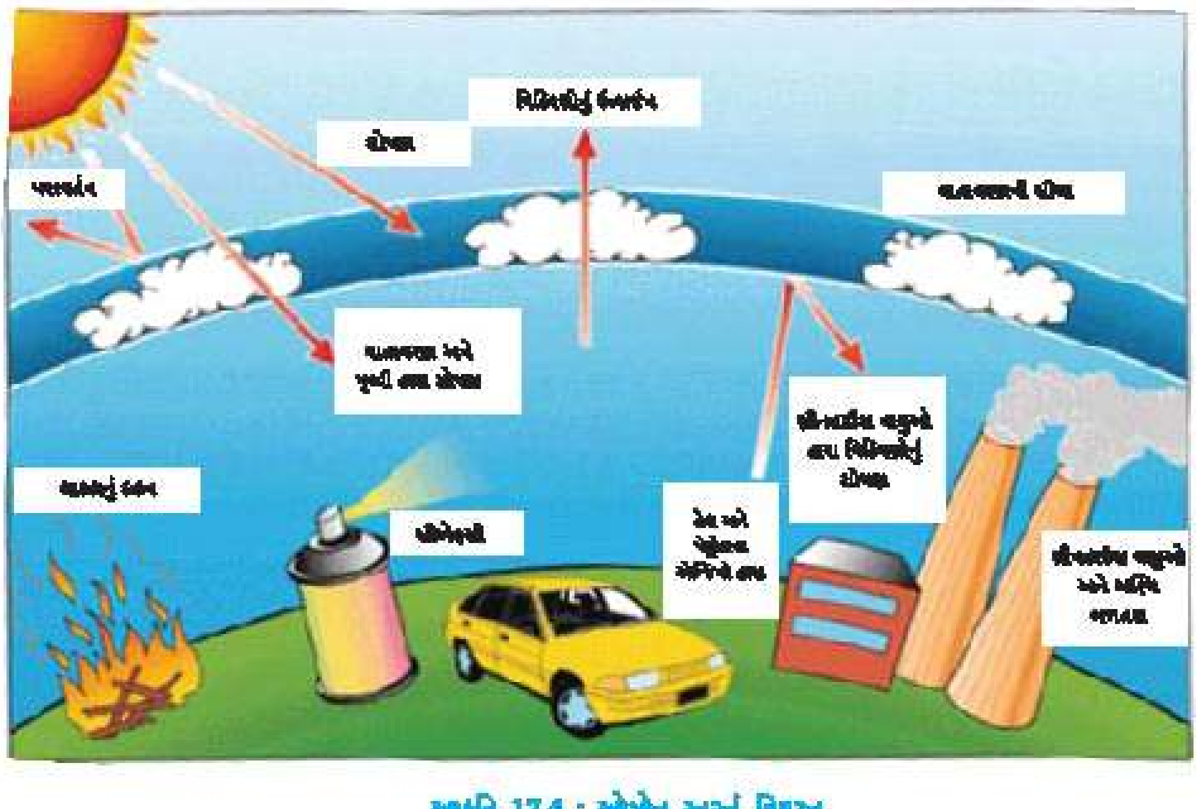
$$O + O_2 \longrightarrow O_3$$

ઓઝોન

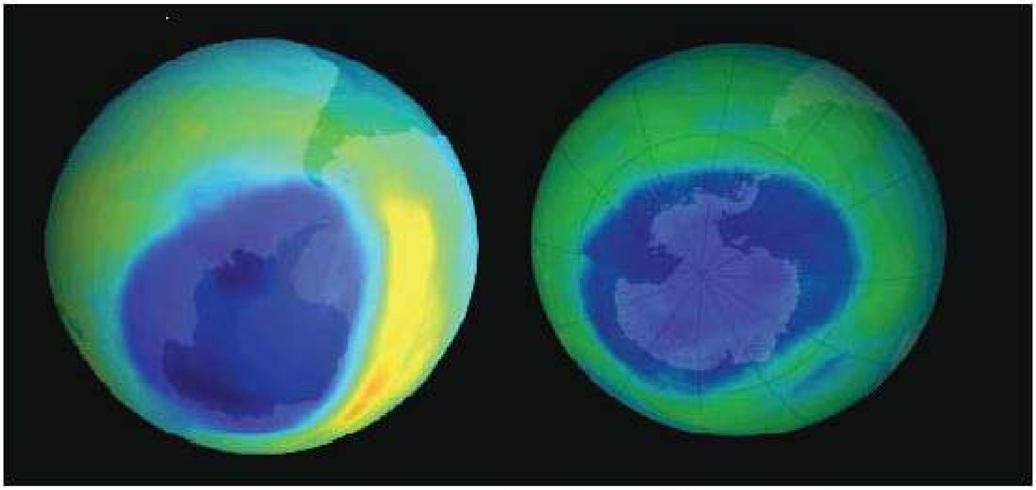
ઓઝોન અણુ 310થી 200 નેનોમીટર તરંગલંબાઈ ધરાવતાં પારજાંબલી કિરણોને શોષીને આ હાનિકારક વિકિરણોને પૃથ્વીના વાતાવરણમાં પ્રવેશતાં અટકાવે છે.

સ્ટ્રેટોસ્ફિયરમાં રહેલાં ઓઝોન સ્તરનો ઘટાડો ગંભીર સમસ્યામાં પરિણમે છે. જે સૌપ્રથમ 1980ના વર્ષમાં નોંધાયેલ છે. ઓઝોન સ્તરનું ગંગાણ આખી પૃથ્વી ફરતે નોંધાયેલ છે. દક્ષિણ ધ્રુવ વિસ્તારમાં ઓઝોન સ્તરનું ગંગાણ 40 થી 50 % ઘટેલું છે, આ પ્રકારની વિશાળ ઘટનાને ઓઝોન છિદ્ર (ઓઝોન હોલ) કહે છે. આવા ઓઝોન છિદ્રો ઉત્તર ધ્રુવ વિસ્તારમાં પણ નોંધાયા છે. માનવ રહેઠાણવાળા વિસ્તારમાં પણ ઓઝોન છિદ્રોના ફેલાવાની સંભવિતતા અસ્તિત્વમાં છે. આમ થશે કે નહીં તેનો આધાર વાયુ આબોહવાકીય પરિસ્થિતિ અને વાતાવરણમાં તરતી અશુદ્ધિઓના અસ્તિત્વ પર છે.

વાતાવરણમાં Clનું ઉમેરણ એ ઓઝોન સ્તરના ગંગાણ માટે મુખ્ય જવાબદાર પરિબળ છે. ક્લોરિન પરમાણુની ઓઝોન સાથે પ્રક્રિયાથી ઑક્સિજનના એક પછી એક પરમાણુ દૂર થાય છે. આ વિભંજનમાં ક્લોરિનનો એક પરમાણુ ઓઝોનના 100,000 અણુઓનું વિભંજન કરે છે. સ્ટ્રેટોસ્ફિયરમાં રહેલાં ઓઝોનના કુલ ઘટાડાના 80 % ઘટાડો કરતું મુખ્ય અગત્યનું સંયોજન CFC (ક્લોરો ફ્લોરો કાર્બન) મનાય છે. રેફ્રિજરેટર અને એરકંડિશનરમાં ઉપયોગી ફ્રેઓન આમાંનો એક પદાર્થ છે.



આકૃતિ 17.4 : ઓઝોન સ્તરનું વિઘટન



આકૃતિ 17.5 : ઓઝોન ગર્ત

17.5 ઘરવપરાશના કચરાનું વ્યવસ્થાપન (Household Waste Management)

કચરો એ અનૈચ્છિક, બિનઉપયોગી વસ્તુઓ કે ઘરવપરાશની નકામી ચીજવસ્તુઓ છે. આપણા ઘરમાં જમા થતા કચરાને ઘન અને પ્રવાહી એમ બે મુખ્ય સ્વરૂપોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. પ્રવાહી સ્વરૂપોનું સરળતાથી હેરફેર અને વ્યવસ્થાપન થઈ શકે છે. તેઓને તેમના સ્રોતથી શોષખાડા સાથે જોડી શકાય છે. તેમની સરખામણીએ ઘન કચરાનું વ્યવસ્થાપન જુદું છે.

શહેરી વિસ્તારની દરેક વ્યક્તિ દરરોજ અડધો કિલોગ્રામ નકામો કચરો પેદા કરે છે તેવું એક અભ્યાસ પરથી તારણ છે. આ નકામો કચરો ઉપજાઉ ભૂમિને બગાડે છે અને તે મોટાભાગના રોગોનો સ્રોત છે. આમાંથી થોડાઘણા કોહવાટ કે નકામા કચરાથી સર્વત્ર ગંભીર રોગ ફેલાય છે. જો આપણે આજ દરે નકામા કચરાને સંચિત કરીશું તો આપણે ભવિષ્યમાં આપણાં બાળકો અને પૌત્ર-પૌત્રીઓની ગુણવત્તાસભર (તંદુરસ્તીસભર) જિંદગીની આશા ધરાવવાના નથી. આથી આપણાં દ્વારા ઓછામાં ઓછા પ્રમાણમાં કચરો ઉદ્‌ભવે તે અગત્યનું છે. જે માટે આપણે નીચે પ્રમાણે કરી શકીએ :

- પેકિંગને ટાળવા માટે છૂટા ફળો અને શાકભાજી ખરીદવા.
- રેઝર અને પેન જેવી એક વાર ઉપયોગ કરી ફેંકી દેવાય તેવી વસ્તુઓ ખરીદવી નહી.
- પુનઃઉપયોગ કરી શકાય તેવાં બાળોતિયાં (નેપીપેડ) વાપરવા.
- બજારમાંથી પુનઃ વપરાશમાં લઈ શકાય તેવી જ વસ્તુઓ ભરવાની થેલીઓ ખરીદવી.
- પુનઃ રીચાર્જ કરી શકાય તેવી બેટરી ખરીદવી.
- જૂનાં કપડાં અને બૂટ ફેંકી ન દેતાં દાનમાં આપી દેવા.
- કાગળના ટુકડાઓ કે કાગળની પાછળની બાજુનો પુનઃ ઉપયોગ કરવો.
- રસોડામાં જેવો કચરો ઉદ્‌ભવે કે તરત જ તેને થેલીઓમાં ભરી દેવો કે કચરાપેટીની અંદર મૂકી દેવો અને કચરાપેટી ભરાઈ જાય કે તરત જ તેને યોજનાગત જગ્યાએ નિકાલ કરવો.

અનૈચ્છિક રીતે આપણાં ઘરમાં કચરાનું પણ યોગ્ય વ્યવસ્થાપન થાય તો વધારાની આવકનો સ્રોત બની શકે છે.

તમે શું શીખ્યા ?

વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ અને માનવ સહિત બધાં સજીવો અને ભૌતિક પરિસર કે જેની સાથે તેઓ આંતરક્રિયા કરે છે તેને પર્યાવરણ કહે છે. વાતાવરણના કોઈ પણ એક ઘટકમાં થતો ફેરફાર પ્રતિકૂળતા અને સજીવોના સામાન્ય જીવનને અસરકર્તા છે.

અનૈચ્છિક, બિનઉપયોગી વસ્તુઓ, વધારાની કે ઘરગથ્થુ નકામી ચીજવસ્તુઓને કચરો કહે છે. કચરાને બે સ્વરૂપમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે : ઘન અને પ્રવાહી. નકામા કચરાને વિઘટિત કરવાની જૈવવૈજ્ઞાનિક પ્રક્રિયાને જૈવિક વિઘટન કહે છે અને જેઓ જૈવવૈજ્ઞાનિક પ્રક્રિયાથી વિઘટિત કરી શકાતા નથી તેને અજૈવિક વિઘટન કહે છે.

જૈવિક સમુદાય અને તેની સાથે સંકળાયેલ ભૌતિક પર્યાવરણ મળીને બનતા આંતરક્રિયા તંત્રને નિવસનતંત્ર કહે છે. વસવાટના માધ્યમને આધારે નિવસનતંત્ર જલજ અને સ્થળજ હોય છે. જલજ નિવસનતંત્ર મીઠા પાણીનું કે ખારા પાણીનું હોય છે. દરેક નિવસનતંત્ર જૈવિક અને અજૈવિક ઘટકો ધરાવે છે. જૈવિક ઘટકો તરીકે ઉત્પાદકો કે ઉપભોક્તાઓ હોય છે. જ્યારે અજૈવિક ઘટકોમાં જમીન, પાણી, પ્રકાશ, હવા તાપમાન, પવન, વરસાદ, ભેજ, અકાર્બનિક પોષક દ્રવ્યો અને મૃત કાર્બનિક ઘટકોનો સમાવેશ થાય છે.

સજીવો પોતાના ખોરાકની જરૂરિયાત માટે એકબીજા પર આધારિત છે અને તે પોષણ શૃંખલા રચે છે, જેને આહારશૃંખલા કહે છે. આહારશૃંખલાઓ નિવસનતંત્રમાં શક્તિ અને પોષક દ્રવ્યોનું વહન કેવી રીતે થાય છે તે વર્ણવે છે. પ્રાણીઓ વચ્ચેના આહાર સંબંધો આવી સાંકળના સ્વરૂપે સમજાવી શકાતા નથી. વિવિધ નિવસનતંત્રો પૈકી લગભગ દરેકને પોતાની નિશ્ચિત આહારશૃંખલા હોય છે. તેમાં ભાગ લેવા ઘણાં સજીવો અન્ય નિવસનતંત્રોની આહારશૃંખલા સાથે પણ સંકળાયેલા હોય છે. આ રીતે આહારશૃંખલાઓ સ્વતંત્ર ન રહેતાં પરસ્પર ગૂંથાયેલી જાળની રચના કરે છે, જેને આહારજાળ કહે છે.

વૈશ્વિક ઉષ્ણતામાન અને ઓઝોન સ્તરનો ઘટાડો, જૈવ વિવિધતા અને નિવસનતંત્રને નુકસાન, મત્સ્ય ઉદ્યોગમાં ઘટાડો, વનકટાઈ, પાણીની અછત, કચરાનો નિકાલ અને પ્રદૂષણ વગેરે સજીવો દ્વારા સામનો કરાતી વૈશ્વિક સમસ્યાઓ છે.

સ્ટ્રેટોસ્ફિયરમાં ઓઝોનનું સ્તર આવેલું છે. આ સ્તર સૂર્યનાં પારજાંબલી (UV) વિકિરણો શોષી લઈ તેને પૃથ્વી સુધી પહોંચતાં અટકાવે છે. ઓઝોન સ્તરનું ભંગાણ આખી પૃથ્વીની ફરતે નોંધાયેલું છે. ઓઝોન સ્તરના ઘટાડા માટે મુખ્ય જવાબદાર પરિબળ Cl (ક્લોરિન)નો વાતાવરણમાં ઘટાડો છે.

આપણાથી ઓછામાં ઓછા પ્રમાણમાં કચરો ઉદ્ભવે તે અગત્યનું છે, જે નીચે પ્રમાણે કરી શકાય :

- પૅકિંગને ટાળવા માટે છૂટાં ફળો અને શાકભાજી ખરીદવાં. રેઝર અને પેન જેવી ઉપયોગ કરી ફેંકી દેવાય તેવી વસ્તુઓ ખરીદવી નહીં, પુનઃ ઉપયોગ કરી શકાય તેવા લંગોટ વાપરવા. બજારમાંથી પુનઃ વપરાશ કરી શકાય તેવી જ વસ્તુઓ ભરવાની થેલીઓ ખરીદવી, પુનઃ રીચાર્જ કરી શકાય તેવા પાવર કે બૅટરી ખરીદવાં, જૂનાં કપડાં કે બૂટ ફેંકી ન દેતાં દાનમાં આપવા. કાગળના ટુકડાઓ અને કાગળની પાછળની બાજુનો પુનઃ ઉપયોગ કરવો અને રસોડામાં જેવો કચરો ઉદ્ભવે તે તરત જ તેને થેલીમાં ભરી દેવો કે કચરાપેટીની અંદર મૂકી દેવો અને કચરાપેટી ભરાઈ જાય કે તરત જ તેનો યોજનાગત જગ્યાએ નિકાલ કરવો.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) નીચેનામાંથી જૈવિક રીતે વિઘટન પામતા કચરાનું ઉદાહરણ કયું છે ?

(A) શાકભાજી (B) કાચ (C) પ્લાસ્ટિક (D) ધાતુ

(2) નીચેનામાંથી જૈવિક રીતે વિઘટન ન પામતા કચરાનું ઉદાહરણ કયું છે ?

(A) ફળો (B) શાકભાજી (C) કાગળ (D) પૉલિથિન

(3) નિવસનતંત્ર કઈ આંતરક્રિયાતંત્રનું બનેલું છે ?

(A) સજીવો અને તેમનું ભૌતિક પરિસર (B) ઉત્પાદકો અને ઉપભોગીઓ

(C) ઉત્પાદકો અને તેમનું ભૌતિક પરિસર (D) ઉપભોગીઓ અને તેમનું ભૌતિક પરિસર

(4) પર્યાવરણના રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક એકમ તરીકે જાણીતું છે.

(A) આહારશૃંખલા (B) આહારજાળ (C) નિવસનતંત્ર (D) આમાંથી એક પણ નહિ

(5) પ્રથમ કક્ષાના ઉપભોગીઓ છે.

(A) માંસાહારીઓ (B) તૃણાહારીઓ (C) વિઘટકો (D) મિશ્રાહારીઓ

(6) મિશ્રાહારી સજીવો ઉપભોગ કરે છે.

(A) ફક્ત વનસ્પતિઓનો (B) ફક્ત પ્રાણીઓનો

(C) વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓનો (D) સૂક્ષ્મ જીવાણુઓનો

(7) ભૂમિય પરિબળો સમાવિષ્ટ છે.

(A) અજૈવિક ઘટકોમાં (B) જૈવિક ઘટકોમાં (C) ઉત્પાદકોમાં (D) ઉપભોક્તાઓમાં

(8) ક્લોરિનનો એક પરમાણુ ઓઝોનના કેટલા અણુઓનું વિખંડન કરે છે ?

(A) 10,000 (B) 1,00,000 (C) 1,000,000 (D) 1000

(9) ઓઝોનસ્તરના ઘટાડામાં 80 % ભંગાણ કરતું અગત્યનું મુખ્ય સંયોજન છે.

(A) ક્લોરાઈડ આયન (B) સલ્ફર આયન

(C) ક્લોરો ફ્લોરો કાર્બન (D) મૅગ્નેશિયમ આયન

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) પર્યાવરણ એટલે શું ?

(2) નિવસનતંત્રને વ્યાખ્યાયિત કરો.

(3) આહારશૃંખલા અને આહારજાળની વ્યાખ્યા આપો.

(4) ઘન કચરાનું ઉદાહરણ આપો.

(5) જૈવિક રીતે વિઘટન પામતા કચરાનો અર્થ સમજાવો.

(6) જૈવિક રીતે વિઘટન ન પામતા કચરાનું ઉદાહરણ આપો.

(7) ઓઝોન કેવી રીતે નિર્માણ પામે છે ?

(8) ઓઝોનસ્તરના ભંગાણ માટે જવાબદાર સંયોજનનું નામ આપો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :

(1) નકામા કચરાના પ્રકારો વર્ણવો.

(2) નિવસનતંત્રના ઘટકો સમજાવો.

(3) યોગ્ય ઉદાહરણ આપી આહારશૃંખલા સમજાવો.

(4) યોગ્ય ઉદાહરણ આપી આહારજાળ સમજાવો.

(5) વૈશ્વિક સમસ્યાઓ કઈ કઈ છે ?

(6) ઘરગથ્થુ કચરાનું પ્રમાણ કેવી રીતે ઘટાડી શકાય ?

4. નીચેના પ્રશ્નોના મુદ્દાસર ઉત્તર આપો :

(1) સમજાવો : આહારશૃંખલા (આકૃતિ દોરવી જરૂરી)

(2) સમજાવો : આહારજાળ (આકૃતિ દોરવી જરૂરી)

એકમ

18

નૈસર્ગિક સ્રોતોની જાળવણી
(Management of Natural Resources)

માનવીની જરૂરિયાતો કુદરત પર આધારિત છે. હજારો વર્ષોથી આપણી મૂળભૂત જરૂરિયાતો જેવી કે હવા, પાણી, પ્રકાશ, વસવાટ, ખોરાક અને વસ્ત્ર આપણને પૃથ્વી પરથી પરિપૂર્ણ થાય છે. સાંસ્કૃતિક વિકાસ અને કૃષિવિકાસ સાથે તેમજ તક્નિકી વિકાસ સાથે આપણી વધતી જતી ઊર્જાની માંગ પણ પૃથ્વી જ પૂરી પાડે છે.

માનવ દ્વારા સર્જિત ન કરી શકાતા અને કુદરતી રીતે બનતા સ્રોતોને આપણી કુદરતી સંપત્તિ કહેવાય છે. નૈસર્ગિક એટલે વાતાવરણ, જલાવરણ, મૃદાવરણનાં ઘટકો જેવા કે જમીન, પાણી, જંગલ, ખનીજો, વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ વગેરે કે જેનો ઉપયોગ બધા જ સજીવોમાં જીવન ટકાવી રાખવા માટે થતો હોય છે તેને નૈસર્ગિક સ્રોતો કહેવાય છે.

ધોરણ 9માં આપણે કેટલાક કુદરતી સ્રોતો અને કુદરતમાં વિવિધ ઘટકોનું વારંવાર વહન કેવી રીતે થાય છે તેનો અભ્યાસ કર્યો છે. આ પ્રકરણમાં જંગલ, વન્યજીવો, કોલસો અને પેટ્રોલિયમ જેવા કેટલાંક નૈસર્ગિક સ્રોતોની જાળવણી કેવી રીતે કરવી તેનો અભ્યાસ કરીશું.

18.1 આપણે કેવી રીતે નૈસર્ગિક સ્રોતોનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ ?
(How we should make use of natural resources ?)

આ પૃથ્વી પર માનવી મુખ્ય વિકસિત સજીવ છે. વાક્યો બોલવા માટે, વંચાય તેવું લખવા અને કુતૂહલ ઉદ્ભવે તેવી નવી વસ્તુ જાણવા માટે તે સક્ષમ છે. ભોગવિલાસી અને આરામદાયક જીવન બનાવવા માટે માનવીએ ઉદ્યોગો સ્થાપ્યા અને રસ્તા, કૅનાલ (નહેરો), બંધ, ઉપગ્રહો, કાર, મોટર, જહાજ, વિમાન, સબમરીન, મિસાઇલ, રૉકેટ વગેરે બનાવવાની શરૂઆત કરી. તેનો હેતુ સિદ્ધ થયા પછી માણસે પ્રકૃતિનો વિનાશ કરી વધુને વધુ હદ વટાવી કુદરતી પેદાશો અને વાતાવરણનો પણ વિનાશ કર્યો. માણસે ખેતી, રહેઠાણ, કારખાનાં, ગ્રામ્યવિકાસ અને શહેરો માટે જંગલો અને જમીન પરની વનસ્પતિઓ કાપી. નૈસર્ગિક પરિસરમાં તેણે વિવિધ સાધનો, કૌશલ્યો અને બુદ્ધિમત્તાનો ઉપયોગ કરી આગળ સામાજિક અને સાંસ્કૃતિક વાતાવરણ ઊભું કર્યું. આ બધી પ્રવૃત્તિઓથી પર્યાવરણમાં અસમતુલા ઉત્પન્ન થઈ. જો માનવી એમ જ માન્યા કરે કે તેના માટે જરૂરી એવા આ નૈસર્ગિક સંપત્તિના સ્રોત અખૂટ છે અને તે તેમનો ધારે તેટલો અને ધારે એવો ઉપયોગ કરી શકે છે, તો તેની આ મોટી ભૂલ છે. નૈસર્ગિક સંપત્તિનો બેફામ અને અવિચારી ઉપયોગ માનવસંસ્કૃતિ અને તેની હયાતી માટે મોટાં જોખમ ઊભાં કરી રહ્યો છે.

પૃથ્વી પર પ્રાણી, વૃક્ષો, ખનીજો અને અન્ય કુદરતી સ્રોતોનો જથ્થો મર્યાદિત છે. જ્યારે આ સ્રોતોનો ઉપયોગ કરનાર લોકોની સંખ્યા ઝડપથી વધી રહી છે. ખરેખર તો લોકોની સંખ્યા એ સમસ્યા નથી. સમસ્યા એ છે કે આ નૈસર્ગિક સંપત્તિનો

ઉપયોગ કેવી રીતે કરવો. જ્યારે એક વ્યક્તિ કે વ્યક્તિસમુદાય આ સ્રોતોનો ગજા બહારનો વધુપડતો (બેફામ) ઉપયોગ કરે અથવા તો પ્રદૂષણમાં વધારો કરે તો આ અસંતુલિતતા અન્ય માટે પર્યાવરણીય સ્વાસ્થ્ય સમસ્યાઓ ઊભી કરી શકે છે. આથી નૈસર્ગિક સંપત્તિનો બુદ્ધિવિષયક અને સમજણથી ઉપયોગ કરવાની જરૂર છે.

18.2 પર્યાવરણ બચાવવાની અમલવારી (Applications to Save Environment)

તમે પર્યાવરણને બચાવવા માટેના ત્રણ 'R' વિશે જાણતા હશો. જે Reduce (ઓછું કરવું), Recycle (પુનઃચક્રીયતા), અને Reuse (પુનઃઉપયોગિતા) છે.

(A) ઓછું કરવું (Reduce) : જે નૈસર્ગિક સ્રોતોના ઓછામાં ઓછા ઉપયોગનું સૂચન કરે છે. જરૂરિયાત વગરની લાઇટ અને પંખાની સ્વિચ બંધ કરીને વીજળીનો બચાવ કરી શકાય. પાણીનો દુરુપયોગ અટકાવી શકાય. કાણાંવાળી નળીઓને સાવધાનીથી સમારિત કરી કે ઉપલબ્ધ પાણીના વિતરણનું યોગ્ય વ્યવસ્થાપન કરી પાણીને બચાવી શકાય. પ્રવાહીકૃત પેટ્રોલિયમ વાયુ(લિકવીફાઇડ પેટ્રોલિયમ ગૅસ – L.P.G.)નો ઓછો ઉપયોગ કરી ખોરાક રાંધવા માટે સૂર્યશક્તિથી ચાલતા વાસણો-સાધનોનો ઉપયોગ કરી શકાય. જો ખનીજ સ્રોતોનો સમજણપૂર્વક અને વારંવાર પુનઃઉપયોગ કરાય તો તેમને શોધવા માટે ખાણ-ખોદાણ ઘટાડી શકાય.

(B) પુનઃચક્રીયતા (Recycle) : ઉદ્યોગો દ્વારા ખાસ ઉદ્ભવતા મીણિયા, કાગળ, કાચ, ધાતુઓના ટુકડાઓને યોગ્ય અને ઉચિત તાપમાને ગરમ કરી, ગાળણ કરી તેમાંથી નવી ચીજવસ્તુઓ ઉત્પન્ન કરી શકાય તે પ્રક્રિયા પુનઃચક્રીયકરણ તરીકે જાણીતી છે. પુનઃચક્રીયતા કરતાં પહેલાં આપણે કચરાને યોગ્ય રીતે અલગ કરવાની જરૂર પડે છે, જેથી પુનઃચક્રીયકરણ માટેની ચીજવસ્તુઓ ફેંકાઈ ન જાય.

(C) પુનઃઉપયોગિતા (Reuse) : પુનઃચક્રીયકરણની પ્રક્રિયા ઊર્જાનો ઉપયોગ કરતી હોવાથી પુનઃઉપયોગની પદ્ધતિ હંમેશાં ઉત્તમ ગણાય છે. રંગબેરંગી કાચના ટુકડાઓ, ચીનાઈ માટીમાંથી બનતા કપ અને ડિશ-રકાબી, રાસાયણિક ટાઇલ્સ વગેરેના ઉપયોગથી દીવાલો શણગારી શકાય. વિવિધ ખાદ્યસામગ્રી જેવી કે મુરબ્બો કે અથાણાં માટે ખરીદાયેલી પ્લાસ્ટિકની બૉટલોનો રસોડામાં મીઠું, ખાંડ, ચા, કઠોળ વગેરેના સંગ્રહ માટે ઉપયોગ કરી શકાય.

18.3 આપણે નૈસર્ગિક સ્રોતોની જાળવણી શા માટે કરવાની જરૂર છે ?

(Why Do We Need to Manage Our Resources)

ખોરાક, કપડાં, રાચરચીલું, બળતણ, સાધનો, પાણી વગેરે જેવી બધી જ વસ્તુઓનો ઉપયોગ આપણે આ પૃથ્વી પરથી મેળવાયેલા સ્રોતોમાંથી કરીએ છીએ. પૃથ્વી પરના સ્રોતોનો જથ્થો મર્યાદિત છે. જ્યારે મોટા પ્રમાણમાં થતા માનવવસ્તી વધારાથી સ્રોતોની જરૂરિયાત દિવસે-દિવસે વધતી જાય છે. આથી એવા યોગ્ય વ્યવસ્થાપનની જરૂરિયાત છે કે જે નૈસર્ગિક સ્રોતોનો ઉપયોગ સમજણપૂર્વક થાય તેની ખાતરી આપી શકે. યોગ્ય વ્યવસ્થાપન નૈસર્ગિક સ્રોતોના સરખા વિતરણની ખાતરી આપી શકે જેથી લોકો આ સ્રોતોના વિકાસમાંથી વધુ લાભ લઈ શકે.

કુદરતી સ્રોતોના ઉપયોગ દરમિયાન વાતાવરણમાં થતા નુકસાનના યોગ્ય વ્યવસ્થાપનનું સૂચન કે નિર્દેશન કરવું જોઈએ અને ઓછામાં ઓછું નુકસાન થાય તેવો રસ્તો શોધવો જોઈએ. દા.ત., કેટલાંક કારણ માટે જો કેટલાંક વૃક્ષોને કાપવા પડે તો કાપેલા વૃક્ષોની જગ્યામાં વૃક્ષારોપણ દ્વારા નવા છોડવાઓ ઉગાડવાથી પર્યાવરણમાં થતા નુકસાનને ઓછું કરી શકાય છે.

18.4 જંગલ અને વન્યજીવન (Forest and Wild Life)

(1) જંગલો : આપણે બધા જાણીએ છીએ કે જંગલો આપણા ખૂબ જ કિંમતી સ્રોત છે. જંગલમાંથી આપણે ખોરાક, ઘાસચારો, રેસાઓ, ઇમારતી લાકડું, બળતણ, દવાઓ, રેઝીન અને વાંસ મેળવીએ છીએ. વાંસનો મુખ્ય ઉપયોગ ઝૂંપડીના ટેકા અને વસ્તુઓના સંગ્રહ માટેની ટોપલી બનાવવામાં થાય છે. છતાં પણ માનવજાતિના વધતા વસવાટ સાથે જંગલો કાપવામાં આવે છે. પ્રવર્તમાન પરિસ્થિતિમાં જંગલ વિસ્તાર અને તેની ગુણવત્તા નોંધનીય રીતે ઘટી રહી છે. આપણા દેશમાં ફક્ત 768436 ચો કિમી જંગલ વિસ્તારો છે, જે કુલ જંગલ વિસ્તારના 23.38 % જ છે. ગુજરાતમાં કુલ 18999 ચો કિમી જંગલ વિસ્તાર છે, જે કુલ જમીન વિસ્તારના 9.69 % જ છે.

દુનિયામાં જંગલોનું આવરણ ઝડપથી ઘટી રહ્યું છે. વિકસિત દેશોમાં તો તે ખૂબ જ ત્વરિત છે. તેના કારણે ઝડપથી વધી રહેલો વસ્તીવધારો, ઔદ્યોગિકરણ અને શહેરીકરણ છે. જંગલોનો વિનાશ ખૂબ જ ઝડપથી થઈ રહ્યો છે. ખાસ કરીને ઉષ્ણ કટિબંધ વિસ્તારોમાં વનકટાઈની ગંભીર અસરો થાય છે. વનકટાઈ એ પ્રાદેશિક અને વૈશ્વિક આબોહવાકીય ફેરફારો પ્રેરે છે. વનોના નાશથી વરસાદનું પ્રમાણ ઘટે છે. વન આવરણ દૂર થવાથી ત્યાંની ભૂમિનું ધોવાણ વધે છે. જમીનની ફળદ્રુપતા ઘટે છે. વાતાવરણમાં CO_2નું પ્રમાણ વધે છે અને વિશ્વના તાપમાનમાં વધારો થાય છે, પરિણામે ગ્રીનહાઉસ અસર સર્જાય છે.

આપણા દેશમાં વનકટાઈનો દર ખૂબ જ ઊંચો છે. જો આ દરે વનકટાઈ સતત ચાલુ રહેશે તો આપણે જીવનજરૂરી બધી ચીજવસ્તુઓ કે જે જંગલોમાંથી મેળવીએ છીએ તેની અછત સર્જાવાના દિવસો હવે દૂર નથી. આથી આપણે નીચે પ્રમાણે વન-સંરક્ષણ કરવું જોઈએ :

- જંગલો કાપવા માટે વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિઓ અપનાવવી જોઈએ.
- યોગ્ય દરે દિશાસૂચક વનીકરણ અને વનકટાઈ માટે વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિઓ અપનાવવી જોઈએ.
- આગથી જંગલોને બચાવવા જોઈએ.
- અવૈધિક થતી વૃક્ષોની કાપણી અટકાવવી જોઈએ.
- ઝડપી વૃદ્ધિ પામતા વૃક્ષો ઉછેરવા જોઈએ. દા.ત. નીલગીરી, ગરમાળો, ગુલમહોર, જાંબુડો.
- સામાજિક વનીકરણ અપનાવવું જોઈએ. બળતણ, ઘાસચારો, ઇમારતી લાકડું, ફળો વગેરે મેળવવા માટે લોકોએ ઝડપી વૃદ્ધિ પામતા વૃક્ષો ખેતરની ફરતે, સડક અને રેલવે-રસ્તાની બંને બાજુએ, નહેરોની આસપાસ વિકસાવવા જોઈએ.

આપણાં દેશમાં વંશપરંપરાગત રીતે જંગલોના સંરક્ષણ માટે કામ કરતા સ્થાનિક લોકોના ઉદાહરણો જોવા મળે છે. દા.ત. રાજસ્થાનામાં બીશ્નોઈ સમુદાય જંગલો અને વન્ય સજીવોના સંરક્ષણ માટેની ધાર્મિક માન્યતા ધરાવે છે. રાજસ્થાનમાં જોધપુર નજીક ખેજરાલી ગામમાં ખેજરી વૃક્ષોના રક્ષણ માટે 1731માં અમૃતાદેવીએ અન્ય 363 વ્યક્તિઓ સાથે જીવનનું બલિદાન આપ્યું હતું. ભારત સરકારે તાજેતરમાં અમૃતાદેવી બીશ્નોઈની યાદમાં વન્યજીવોના સંરક્ષણ માટે 'અમૃતાદેવી બીશ્નોઈ નૅશનલ અવૉર્ડ'ની ઘોષણા કરી છે.

(2) વન્યજીવ : સામાન્ય રીતે વન્યજીવ તરીકે આપણે હાથી, વાઘ, સિંહ, અજગર, મગર, જેવાં ભયાનક પ્રાણીઓની જ કલ્પના કરીએ છીએ. પરંતુ વન્યજીવની વ્યાખ્યામાં જે પાલતુ ન હોય તેવા બધાં જ પ્રાણીઓ અને જેની ખેતીવાડી ન થતી હોય તેવી બધી જ વનસ્પતિઓ તથા સૂક્ષ્મજીવોનો પણ સમાવેશ થાય છે. આપણો દેશ વન્યજીવોની વિવિધતા અને વિપુલતાની દૃષ્ટિએ અતિ સમૃદ્ધ વિસ્તારો પૈકીનો એક છે.

વન્યજીવ આર્થિક રીતે લાભદાયક હોવા ઉપરાંત નિવસનતંત્રમાં આહારજાળની એક અગત્યની કડી છે. તેથી તે નિવસનતંત્રનું સંતુલન જાળવવામાં મદદરૂપ છે. વન્યજીવનું સૌથી વધુ મહત્ત્વ, તેની જનીનબૅન્કની સફળતા છે. માણસે તેનો ઉપયોગ ખેતીવાડી, પશુપાલન, મત્સ્યોદ્યોગ વગેરેમાં વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓની ઘણી જાતિઓ વિકસાવવામાં કર્યો છે.

જે વનસ્પતિ કે પ્રાણી જાતિઓ તેમના વિનાશને આરે ઊભી હોય તેવા જીવોને નાશપ્રાયઃ વન્યજીવ કહે છે. દા.ત. રીંછ, હાથી, વાઘ, સિંહ, ગેંડો, બર્ફીલો દીપડો, ઘુડખર, સાગરધેનુ, હિંગુલ, બારશિંગા નામનું હરણ તથા મણિપુરનું હરણ, પક્ષીઓ પૈકી મોનાલ નામનો વનમોર, ધોરાડ, ખડમોર, ચિલોત્રો વગેરે નાશપ્રાયઃ છે. જ્યારે સરિસૃપો પૈકી અજગર, ઘો, મગર, કેટલીક જાતના કાચબા વગેરે નાશપ્રાયઃ પ્રાણીઓ છે. ઘણી વનસ્પતિની જાતો પણ નાશપ્રાયઃ છે. વન્યજીવોની યાદી પ્રકાશિત કરતા પુસ્તકને **'રેડ ડેટા બુક'** કહે છે.

દુનિયાનાં દરેક દેશને વન્યજીવોની અગત્ય સમજાઈ છે. આપણા દેશમાં પર્યાવરણ અને વન્યજીવોનાં સંરક્ષણ માટે અનેક કાયદા ઘડાયા છે. જેમાં 1972માં ઘડવામાં આવેલો વન્યજીવ સંરક્ષણ ધારો મુખ્ય છે. વિસ્તારોને સંરક્ષણ મળે અને તેમની સંખ્યા વધે તે હેતુથી કેટલાક વિસ્તારોને રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાન અને કેટલાકને અભયારણ્ય તરીકે જાહેર કરાયા છે. રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાનમાં વન્યજીવો માનવીની કોઈ પણ પ્રકારની ખલેલ વિના જીવી શકે છે. અભયારણ્યમાં પણ વન્યજીવોને રક્ષણ અપાય છે. પરંતુ તે વિસ્તારમાં માણસને જરૂરી કેટલીક પ્રવૃત્તિઓ કરવા દેવામાં આવે છે. 2010ના અહેવાલ પ્રમાણે આપણા દેશમાં કુલ 88 રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાનો અને 441 અભયારણ્યો છે. જ્યારે ગુજરાતમાં 4 રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાનો અને 21 અભયારણ્યો છે.

સિંહ

બારાશિંગા

આકૃતિ : 18.1 નાશપ્રાયઃ વન્યજાતિઓ

18.5 જંગલને લગતી સંસ્થાઓ કે વ્યક્તિઓ (સ્ટૉકહોલ્ડર ઑફ ફૉરેસ્ટ) (Staikeholders of forest)

જ્યારે આપણે જંગલના સંરક્ષણને ધ્યાનમાં લઈએ ત્યારે નીચેના સહભાગીઓ વનવ્યવસ્થાપનમાં ભાગ લે છે :

1. જે લોકો જંગલમાં કે જંગલની આસપાસ રહે છે તેઓ તેમના જીવનના વિવિધ હેતુ માટે જંગલની પેદાશો પર આધાર રાખે છે. આ લોકો જંગલનાં વૃક્ષોમાંથી બળતણ મેળવે છે. તેઓ માત્ર શાખાઓ કાપે છે અને પર્ણો ચૂંટે છે પરંતુ આખા વૃક્ષને કાપતા નથી. તેઓ તેમની ઝૂંપડીઓ કે ટોપલીઓ બનાવવા માટે વાંસનો ઉપયોગ કરે છે. તેઓ ખેતીવાડીના સાધનો બનાવવા માટે લાકડાંનો ઉપયોગ કરે છે અને વનસ્પતિઓમાંથી ફળો, ઘાસચારો, દવાઓ ભેગી કરે છે. સાચે જ જંગલમાં કે તેની નજીક રહેતા લોકોએ જંગલના સ્રોતોના ટકાઉપણા માટે ખાતરીપૂર્વકની પદ્ધતિઓ વિકસાવવી છે.

2. સરકારની માલિકીપણાના જંગલોના સ્રોતોનું નિયંત્રણ વનવિભાગ કરે છે. જંગલો સરકાર માટે મહેસૂલનો સારો સ્રોત છે. ઈમારતી લાકડાં માટે વૃક્ષો કાપી વેચી તેમાંથી મોટાભાગની મહેસૂલ આવી શકે છે. ઈમારતી લાકડાંઓ માટે પાઈનસ, સાગ અને નિલગીરીના વૃક્ષો વાવવા માટે વનના મોટાભાગમાંથી વનસ્પતિઓ દૂર કરવામાં આવે છે. જેથી આ વિસ્તારમાં મોટા પ્રમાણમાં જૈવવિવિધતાનો નાશ થાય છે, જે પર્યાવરણને હાનિકર્તા છે. જંગલમાં બંધો બાંધવાથી તેમજ જંગલમાં રસ્તા બનાવવાથી પણ જંગલને નુકસાન થાય છે.

3. વિવિધ જંગલ પેદાશોનો ઉપયોગ કરતા ઉદ્યોગકારોએ વિચારવું જોઈએ કે તેમના ઉદ્યોગ માટે કાચા માલનો સ્રોત ફક્ત જંગલોમાં જ છે. ઈમારતી લાકડા ઉદ્યોગ, કાગળ બનાવતા ઉદ્યોગ, લાખ ઉદ્યોગ અને રમતગમતના સાધનો બનાવવાના ઉદ્યોગ મોટાભાગે જંગલો પર આધારિત છે. બીડીઓ બનાવવા માટે ટીમરું પાનનો ઉપયોગ થાય છે. ટીમરું પાનનો મુખ્ય સ્રોત જંગલો જ છે.

4. વન્યજીવન અને પ્રકૃતિ પ્રેમીઓ ચોખ્ખું અને દૂષિત ન હોય તેવા (મૂળભૂત સ્વરૂપનું) સ્વરૂપમાં પ્રકૃતિ સંરક્ષણ ઇચ્છે છે. આવા લોકો જંગલો પર આધારિત નથી. છતાં પણ તેઓ એવું ઇચ્છે છે કે પર્યાવરણને થતા નુકસાનને અટકાવવા માટે વન અને વન્યજીવનનું સંરક્ષણ થવું જોઈએ. 'ચિપકો આંદોલન' (વૃક્ષો બચાવવાની ચળવળ) જંગલ સંરક્ષણ માટેના પ્રકૃતિવિદોનું ઉદાહરણ છે. 1970ના વર્ષમાં ગઢવાલના અંતરિયાળ ગામ 'રૈની'ની ઘટનામાંથી આ આંદોલનની શરૂઆત થઈ. જ્યારે સ્થાનિક લોકો અને જંગલમાં વૃક્ષો કાપવા ગયેલા કોન્ટ્રાક્ટર વચ્ચે તકરાર થઈ. એક દિવસ ગામના પુરુષ લોકોની ગેરહાજરીમાં કોન્ટ્રાક્ટરના મજૂરો વૃક્ષો કાપવા જંગલમાં દેખાયા પરંતુ તરત જ ગામોમાંથી સ્ત્રીઓ જંગલમાં પહોંચી અને કપાતા વૃક્ષોને મજૂરોથી બચાવવા બાથ ભીડી આલિંગન આપ્યું. આ રીતે જંગલનાં વૃક્ષોનો બચાવ થયો.

આકૃતિ 18.2 : ચિપકો આંદોલન

18.6 પાણી (Water)

પાણી વિના જીવન અશક્ય છે. આબોહવાની પરિસ્થિતિના નિયંત્રણમાં પાણી ચાવીરૂપ ભાગ ભજવે છે. દરિયાનું પાણી ગરમી શોષીને કે મુક્ત કરીને તેને ઠંડું કે હૂંફાળું રાખીને વાતાવરણના તાપમાનની જાળવણીમાં મદદરૂપ છે. કૃષિ, ઉદ્યોગો અને વીજળીના ઉત્પાદન માટે પાણી ઉપયોગી છે. સામાન્ય રીતે માણસ મીઠા પાણી પર આધાર રાખે છે. મીઠા પાણીની માત્રા માટે પૃથ્વી મુખ્યત્વે વરસાદ પર આધારિત છે. વરસાદમાં થતી અનિયમિતતા પૂર કે શુષ્કતા જેવી આફત નોતરે છે. મીઠું પાણી એ માનવજીવન અને અન્ય સજીવોના જીવનમાં ચાવીરૂપ પરિબળ છે.

(1) પાણી બધા માટે : આપણા દેશનો કેટલોક ભાગ પાણીનો સારો સ્રોત ધરાવે છે. જ્યારે બીજા ભાગોમાં પાણીની અછત છે. જે વિસ્તારો સારા પ્રમાણમાં પાણીની ઉપલબ્ધતા ધરાવે છે તે આબાદ છે, કારણ કે ત્યાં સારા પાકો થાય છે પરંતુ પાણીની અછત ધરાવતા વિસ્તારો નિમ્ન ગુણવત્તાવાળા પાકોના કારણે ગરીબાઈનો સામનો કરે છે. આથી યોગ્ય વ્યવસ્થાપનતંત્ર ધરાવવું જરૂરી છે. જેથી બધાં વિસ્તારોમાં પાણીનું એકસરખું વિતરણ થઈ શકે.

મીઠા પાણીના ત્રણ સ્રોતો છે : વરસાદ, નદીના પ્રવાહો અને ભૂગર્ભ જળ.

વરસાદનું પાણી ફક્ત ચોમાસામાં પ્રાપ્ય છે અને વર્ષના કેટલાક જ મહિના ચોમાસાના હોય છે. તેમાં પણ થોડાક જ મહિના વરસાદ પડે છે. આ વરસાદથી સરોવર અને તળાવો ભરાય છે તથા નદીઓના વહેણ પણ ભરાય છે. વરસાદનું કેટલુંક પાણી જમીનમાં ઊતરે છે અને તે ભૂગર્ભ જળ તરીકે પ્રાપ્ય થાય છે. લાંબા સમયના પાણીના વપરાશ માટે સરોવરોમાં વરસાદના પાણીનો સંગ્રહ કરવામાં આવે છે. આપણા દેશમાં ઘણા કુદરતી સરોવરો છે. પરંતુ મીઠા પાણીની વધતી માંગને પહોંચી વળવા ઘણા કૃત્રિમ સરોવરો બનાવવામાં આવ્યાં છે.

નદીઓ પાણીનો બીજો મુખ્ય સ્રોત છે. આપણા દેશમાં જુદા જુદા વિસ્તારોમાં નદીઓ વહે છે. તે પૈકી કેટલીક નદીઓ વિશાળ છે અને પાણીથી કાયમી ભરેલી રહે છે. બરફના પહાડોની ઊંચાઈ પરથી, થીજેલા બરફના ઓગળવાથી, ઢોળાવ પરથી વહીને આવતા પાણીમાંથી નદીઓ પોતાનો પાણીનો પુરવઠો મેળવે છે.

ભૂતલમાં રહેલા જળને ભૂગર્ભીય જળ કહે છે. જંગલમાં ઊંડે ઉતરેલું આ જળ શુદ્ધ હોય છે. લગભગ 25 % જેટલું ભૂગર્ભ જળ હાલ આપણે વાપરીએ છીએ. તેમાંનું મોટાભાગનું ખેતીવાડીમાં વપરાય છે. વધુપડતા ઉપયોગથી તથા વિવિધ પ્રકારના ક્ષાર અને પ્રદૂષકોથી આ પાણીની પ્રાપ્તિનું પ્રમાણ ઘટતું જાય છે.

(2) પાણી સંબંધિત સમસ્યાઓ : પાણી વગર જીવન શક્ય નથી. આબોહવાની જાળવણી માટે પાણી અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. દરિયામાં રહેલ પાણી ઉષ્માનું શોષણ અને ઉત્સર્જન કરી વાતાવરણને ઠંડું કે ગરમ રાખી તેનું તાપમાન જાળવી રાખે છે. કેટલાક વિસ્તારોમાં પીવાના પાણી માટે, ખેતીવાડીમાં સિંચાઈ માટે તેમજ ઉદ્યોગો માટે પાણી મેળવવા માટે મોટા પ્રમાણમાં માનવસમય અને ધન વપરાઈ જાય છે. વધુપડતા વપરાશને કારણે નદી, સરોવરો અને તળાવો જેવા સપાટીય જળના સ્રોત માટે પાણીના સ્તર નીચાં ઉતરતા જાય છે. વળી, આની અસર ભેજયુક્ત (wetlands) કળણ પ્રદેશો પર પડે છે અને તે શુષ્ક બને છે. વધતી જતી જરૂરિયાતને પહોંચી વળવા વધુ મોટા પ્રમાણમાં ભૂગર્ભીય જળને ખેંચીને બહાર લાવવામાં આવે છે. આ જોતાં સ્વાભાવિક છે કે જળસંરક્ષણ અને જળવ્યવસ્થાપન તરફ ધ્યાન આપવાની તાકીદની જરૂરિયાત છે.

(3) જળવ્યવસ્થાપન : જળવ્યવસ્થાપન એટલે એવો કાર્યક્રમ કે જે પાણીના સ્રોતને કોઈ પણ જાતનું નુકસાન કર્યા વગર સારી ગુણવત્તાવાળા પાણીનો પૂરતા પ્રમાણમાં જથ્થો વિવિધ કાર્યો માટે પૂરો પાડે છે. જળવ્યવસ્થાપનના કેટલાક મુદ્દા નીચે પ્રમાણે છે :

(1) પર્વતીય વિસ્તારોમાં કે પૂર વિનાશિત વિસ્તારોમાં મોટા જળસંચયસ્થાનો, તળાવો કે બંધો બાંધવા કે જેથી વરસાદનું પાણી અને ઉપયોગ કરેલ પાણી સંગ્રહી શકાય. આ પાણી ધીરે ધીરે ઊંડે ઊતરે છે અને ભૂગર્ભ જળ બને છે.

(2) વધારાના પાણીવાળા વિસ્તારોમાંથી રણવિસ્તાર તરફની નહેરો બાંધવી જોઈએ.

(3) ઘરવપરાશ અને નગરપાલિકાઓમાં વપરાયેલા પાણીનું પુનઃચક્રીયકરણ કરી સિંચાઈ માટે ઉપયોગ કરવો જોઈએ.

(4) જળ શુદ્ધિકરણ દ્વારા દરિયાના પાણીમાં રહેલાં ક્ષારો દૂર કરવા જોઈએ, જેથી તે પીવાલાયક બનાવી શકાય. આ પ્રક્રિયા ભાવનગર ખાતે અપનાવાયેલી છે.

(5) બને ત્યાં સુધી પાણીનો વધુપડતો ઉપયોગ અને બગાડ અટકાવવો જોઈએ.

આકૃતિ 18.3 : નર્મદા કેનાલ

(4) ડેમ (બંધો) : પાણીના સંગ્રહ માટે નદીઓના પાણીના પ્રવાહમાં નાના કે મોટા બંધો બાંધી શકાય છે. આપણા દેશમાં ઘણી નદીઓ પર બંધો બાંધવામાં આવ્યા છે. બંધ એ પાણીના મોટા સંચયસ્થાન તરીકે પુષ્કળ પ્રમાણમાં પાણીનો સંગ્રહ કરે છે. આ સંચિત પાણી પછી ઇચ્છિત દરે નીચાણના (ઢોળાવવાળા) પ્રદેશોમાં છોડવામાં આવે છે. ગુજરાતમાં આવા બે ડેમ બાંધવામાં આવ્યા છે : (1) ધરોઈ ડેમ - સાબરમતી નદી પર, ધરોઈ ખાતે (2) સરદાર સરોવર - નર્મદા નદી પર, કેવડિયા ખાતે બાંધવામાં આવ્યા છે.

બંધો નીચે પ્રકારે સમાજને ઉપયોગી છે :

(1) બંધમાંનું પાણી નહેરો દ્વારા ખેતરોમાં સિંચાઈ માટે ઉપયોગી છે. બંધો આખા વર્ષ દરમિયાન ખાતરીપૂર્વક સિંચાઈ માટે પાણીનો પુરવઠો પૂરો પાડે છે.

(2) યોગ્ય માવજત પછી પાઇપલાઇન દ્વારા બંધોમાંથી નગરો અને શહેરોમાં લોકોને પાણી પૂરું પાડવામાં આવે છે.

(3) બંધોમાંથી પડતું પાણી (ધોધ) વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરવા માટે ઉપયોગી છે.

આકૃતિ 18.4 : સરદાર સરોવર બંધ

18.7 કોલસો અને પેટ્રોલિયમ (ખનીજતેલ) (Coal and Petroleum)

કોલસો અને પેટ્રોલિયમ અશ્મિ બળતણ છે. તેઓ આપણા માટે અગત્યના ઊર્જાના સ્રોત છે. ઔદ્યોગિક ક્રાંતિથી આપણી મૂળભૂત જરૂરિયાતો સંતોષવા અને આપણા જીવનનિર્વાહ આધારિત મોટાભાગના સંસાધનોની બનાવટમાં ઊર્જાની મોટાભાગની જરૂરિયાતો આપણે કોલસા અને પેટ્રોલિયમના સંચિત જથ્થાં દ્વારા પૂરી પાડીએ છીએ. કોલસો, પેટ્રોલિયમ અને તેઓના ઉત્પાદનોનો ઉપયોગ વૈશ્વિક અર્થવ્યવસ્થામાં મુખ્ય છે. કોલસો એ અગત્યનો બળતણ સ્રોત છે, કારણ કે તેની ઊર્જાને વીજળી, બાષ્પ અને કોલગેસ જેવા ઊર્જાના અન્ય સ્વરૂપોમાં રૂપાંતરિત કરી શકાય છે. તેનો ઉપયોગ ઘરોમાં બળતણ તરીકે અને ઉદ્યોગો કે થર્મલ પાવર પ્લાન્ટમાં વીજળી પેદા કરવા થાય છે.

સ્કૂટર, મોટરસાઇકલ, કાર, બસ, ટ્રક, ટ્રેન, જહાજો અને વિમાન વગેરે વાહનવ્યવહારમાં તેની ઈંધણ તરીકેના મહત્ત્વને લીધે પેટ્રોલિયમનો ઘણીવાર પ્રવાહી સોના તરીકે ઉલ્લેખ કરીએ છીએ. તેનો પેટ્રોલ, ડીઝલ, કેરોસીન, વાયુતેલ, ઊંજણતેલ વગેરેના સ્વરૂપમાં ઉપયોગ કરીએ છીએ. પેટ્રોલિયમ(ખનીજતેલ)માંથી મેળવવામાં આવતું કેરોસીન અને LPG (પ્રવાહી પેટ્રોલિયમ વાયુ)

ખોરાક રાંધવા માટે ઘરગથ્થુ બળતણ તરીકે ઉપયોગી છે. એકસો પચાસથી પણ વધારે પેટ્રોરસાયણોના સ્રોત તરીકે પેટ્રોલિયમનો ઉદ્યોગો અને ઉપભોગ અમલવારીમાં ઉપયોગ કરીએ છીએ. કોઈ પણ દેશની સમૃદ્ધિ તેના પેટ્રોલિયમના સંચિત જથ્થા પર આધારિત છે.

18.8 કોલસો અને પેટ્રોલિયમનું વ્યવસ્થાપન (Management of Coal and Petroleum)

આ પુનઃઅપ્રાપ્ય ઊર્જાસ્રોતોની જાળવણી આગળ ચર્ચા કરેલાં સ્રોતોની સરખામણીમાં રાજનીતિ અને તકૂનિકી સમસ્યાઓમાં જરાક અલગ રીતે અવલોકિત થાય છે. એક રીતે જોવા જઈએ તો આ સ્રોતોનું સંરક્ષણ અને જાળવણી એ હાલની તકૂનિકની અવેજીમાં એટલે કે હાઇડ્રોકાર્બન બળતણ વધુ કાર્યદક્ષ રીતે ઉપયોગી છે.

દા.ત. વધુ કાર્યદક્ષ માઈલેજ અને વાપરવાના લક્ષણો સાથે વ્હિકલનો ઉપયોગ એ બળતણની અવેજી છે. કારોમાં કેટલીક તકૂનિકથી અત્યારે આલ્કોહોલમિશ્રિત પેટ્રોલિયમ કે જૈવિક બળતણનો સંપૂર્ણ ઉપયોગ કરીએ છીએ. ગામડાંના વિસ્તારોમાં પ્રવાહી પેટ્રોલિયમની જગાએ જૈવિક વાયુ રાંધણ માટે વાપરી શકાય છે.

બિનપ્રણાલીગત અને પુનઃપ્રાપ્ય સ્રોતો દ્વારા પણ આ સ્રોતોનું સંરક્ષણ કરી શકાય છે. પવનચક્કીનો વિકાસ કરી, જલશક્તિ, ન્યુક્લિયર શક્તિ વગેરેનો વીજળી ઉત્પન્ન કરવા માટે ઉપયોગ કરી શકાય છે. ઊર્જા સર્જન તકનિકી (પાવર જનરેશન તકૂનિકી) આધારિત વરાળ ટર્બાઇન અને સૂર્ય ઊર્જાનો ઉપયોગ કરી શકવાથી હાઇડ્રોકાર્બન બળતણ આધારિતતાને ઘટાડી શકાય. ઊર્જા-સ્રોતના સંરક્ષણ માટે નીચેના પગલાં લેવા જોઈએ :

- જરૂર ન હોય ત્યારે લાઇટ, પંખા, ટેલિવિઝન અને અન્ય ઇલેક્ટ્રોનિક સંસાધનોની સ્વિચ બંધ કરીને.
- બેથી ત્રણ માળના મકાનમાં લિફ્ટની જગાએ પગથિયાંનો ઉપયોગ કરીને.
- પ્રેશરકૂકરના ઉપયોગથી બળતણ બચાવી શકાય.
- શહેરોમાં પબ્લિક ટ્રાન્સપોર્ટ સિસ્ટમ(લોકવહન તંત્ર)ની ઉપલબ્ધિ મળી રહેતી હોવાથી લોકો પોતાના અંગત વાહનનો ઉપયોગ ન કરી સહભાગી થઈ શકે.
- ટૂંકા અંતરે જવા માટે સાઇકલનો ઉપયોગ કરીને.

તમે શું શીખ્યા ?

માનવીની જરૂરિયાતો કુદરત પર આધારિત છે. માનવ દ્વારા સર્જિત ન કરી શકાય તેવા અને કુદરતી રીતે બનતા સ્રોતોને કુદરતી સંપત્તિ કહેવાય છે. દા.ત. પાણી, જમીન, જંગલ, ખનીજો, વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ.

જો માનવી એમ જ માન્યા કરશે કે તેના માટે જરૂરી એવા નૈસર્ગિક સંપત્તિના સ્રોતો અખૂટ છે અને તેમનો ધારે તેવો ઉપયોગ કરી શકે છે તો તે તેની મોટી ભૂલ છે. નૈસર્ગિક સંપત્તિનો બેફામ અને અવિચારી ઉપયોગ માનવ- સંસ્કૃતિ અને તેની હયાતી માટે મોટા જોખમ ઊભાં કરી રહ્યાં છે. આપણે ત્રણ 'R'ને ધ્યાનમાં રાખીને પર્યાવરણને બચાવી શકીએ ઓછું કરવું (Reduce), પુનઃચક્રીયતા (Recycle) અને પુનઃઉપયોગિતા (Reuse).

આપણે બધા જાણીએ છીએ કે જંગલો આપણા ખૂબ જ કિમતી સ્રોતો છે. પ્રવર્તમાન જંગલ વિસ્તાર અને તેની ગુણવત્તા નોંધનીય રીતે ઘટી રહી છે. આપણા દેશમાં ફક્ત 768436 ચો કિમી જંગલ વિસ્તાર છે, જે કુલ જંગલ વિસ્તારના 23.38 % જ છે. ગુજરાતમાં 18999 ચો કિમી જંગલ વિસ્તાર છે, જે કુલ જમીન વિસ્તારના 9.69 % જ છે. વનોના નાશથી વરસાદનું પ્રમાણ ઘટે છે. વન કે જંગલો દૂર થવાથી ત્યાંની ભૂમિનું ધોવાણ વધે છે. જમીનની ફળદ્રુપતા ઘટે છે. વાતાવરણમાં CO_2નું પ્રમાણ વધે છે અને પૃથ્વીના તાપમાનમાં વધારો થાય છે. આને કારણે ગ્રીનહાઉસ અસર સર્જાય છે.

જે પાલતુ ન હોય તેવા પ્રાણીઓ અને ખેતીવાડી ન થતી હોય તેવી બધી જ વનસ્પતિઓ તથા સૂક્ષ્મ જીવાણુઓનો વન્ય જીવો તરીકે ઉલ્લેખ કરીએ છીએ. જે વનસ્પતિ કે પ્રાણી જાતિઓ તેમના વિનાશના આરે ઊભી હોય તેવા જીવોને નાશપ્રાયઃ વન્યજીવો કે વન્ય જાતિઓ કહે છે. દુનિયાના દરેક દેશને વન્યજીવોની અગત્ય સમજાઈ છે. તેમના સંરક્ષણ માટે અનેક પ્રકારના કાયદા ઘડાયા છે. જેમાં 1972માં ઘડવામાં આવેલો વન્યજીવ સંરક્ષણધારો મુખ્ય છે.

(1) જંગલો કે તેની આસપાસ રહેતા લોકો (2) સરકારી વનવિભાગ (3) ઉદ્યોગકારો (4) વન્યજીવ અને પ્રકૃતિ પ્રત્યે સહાનુભૂતિ ધારકો - આ ચાર પ્રકારના સહભાગીઓ જંગલ સાથે સંકળાયેલ છે.

આબોહવાની પરિસ્થિતિના નિયંત્રણમાં પાણી ચાવીરૂપ ભાગ ભજવે છે. મીઠા પાણીની માત્રા માટે પૃથ્વી મુખ્યત્વે વરસાદ પર આધારિત છે. વરસાદમાં થતી અનિયમિતતા પૂર કે શુષ્કતા જેવી આફત નોતરે છે. મીઠુ પાણી એ માનવજીવન અને અન્ય સજીવોના જીવન માટે ચાવીરૂપ પરિબળ છે. મીઠા પાણીના ત્રણ સ્રોતો છે : વરસાદ, નદીના પ્રવાહો અને ભૂગર્ભ જળ. વિશ્વની વસ્તીના 40 ટકાથી પણ વધારે લોકો શુષ્ક અને અર્ધશુષ્ક વિસ્તારોમાં વસવાટ કરે છે. કેટલાક વિસ્તારોમાં પીવાના પાણી માટે, ખેતીવાડીમાં સિંચાઈ માટે તેમજ ઉદ્યોગો માટે પાણી મેળવવા મોટા પ્રમાણમાં માનવસમય અને ધન વપરાઈ જાય છે. વધુપડતા વપરાશને કારણે સપાટીય જળના સ્રોત નીચાં ઊતરતા જાય છે. વળી, આખી અસર કળણ પ્રદેશો પર પડે છે અને તે શુષ્ક બને છે. વધતી જતી જરૂરિયાતોને પહોંચી વળવા વધુ મોટા પ્રમાણમાં ભૂગર્ભીય જળને ખેંચીને બહાર લાવવામાં આવે છે. સ્વાભાવિક છે કે જળસંરક્ષણ એ જળ- વ્યવસ્થાપનની તાકીદની જરૂરિયાત છે.

વિશ્વની આર્થિકતા કોલસો અને પેટ્રોલિયમ તથા તેની નીપજો પર આધારિત છે. ઇલેક્ટ્રિસિટી, વરાળ અને કોલગૅસ જેવા શક્તિના સ્વરૂપોમાં તેની શક્તિ રૂપાંતરિત કરી શકાતી હોવાથી કોલસો ખૂબ જ અગત્યનો બળતણ સ્રોત છે. ઉદ્યોગોમાં તેના બળતણ તરીકેનો ઉપયોગ તથા થર્મલ પાવર પ્લાન્ટમાં વીજળી ઉત્પન્ન કરવા તે ઉપયોગી છે. સંરક્ષણ અને આ સ્રોતો મર્યાદિત છે. યોગ્ય રીતે તેમનું સંરક્ષણ અને જાળવણી થાય તે જરૂરી છે.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રત્યેક પ્રશ્ન માટે નીચે આપેલા બહુવિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો.

(1) સૂર્યશક્તિના ઉપયોગથી LPGના ઉપયોગમાં ઘટાડો થાય તેનું ઉદાહરણ છે.

(A) પુનઃચક્રીયતા (B) ઓછું કરવું (કમી કરવું.)

(C) પુનઃઉપયોગિતા (D) આમાંથી એક પણ નહિ

(2) આપણા દેશમાં જંગલ વિસ્તાર કેટલો છે ?

(A) 758330 ચો કિમી (B) 768436 ચો કિમી

(C) 750093 ચો કિમી (D) 749832 ચો કિમી

(3) ગુજરાતમાં કેટલો વિસ્તાર જંગલ આચ્છાદિત છે ?

(A) 9.32 % (B) 9.86 % (C) 9.69 % (D) 9.99 %

(4) ખેજરી વૃક્ષોના રક્ષણ માટે કયા વર્ષમાં અમૃતાદેવી બીશ્નોઈએ તેમના જીવનનું બલિદાન આપ્યુ હતું ?

(A) 1731 (B) 1763 (C) 1783 (D) 1973

(5) નાશપ્રાયઃ વનસ્પતિજાતિઓ શેમાં પ્રકાશિત થાય છે ?

(A) ગ્રીન ડેટા બુક (B) રેડ ડેટા બુક

(C) નાશપ્રાય જાતિ બુક (D) યલો ડેટા બુક

(6) ગુજરાતમાં કેટલાં રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાનો છે ?

(A) 5 (B) 4 (C) 21 (D) 24

(7) ગુજરાતમાં નીચેના પૈકી કયો બંધ બાંધવામાં આવ્યો છે ?

(A) નર્મદા બંધ (B) સરદાર બંધ

(C) સરદાર સરોવર બંધ (D) તાપી બંધ

(8) નીચેનામાંથી કયું એક પ્રવાહી સોના તરીકે ઉલ્લેખનીય છે ?

(A) કેરોસીન (B) ડીઝલ (C) પેટ્રોલિયમ (D) બળતણ તેલ

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર આપો :

(1) માનવની હયાતી અને તેની સંસ્કૃતિ માટે ગંભીર ખતરારૂપ શું છે ?

(2) પર્યાવરણ બચાવતા ત્રણ 'R' જણાવો.

(3) નૈસર્ગિક સ્રોતોની વ્યાખ્યા આપો.

(4) વન્યજીવની વ્યાખ્યા આપો.

(5) વનોના નાશ માટેના કારણો કયાં છે ?

(6) ગ્રીનહાઉસ અસર શાથી સર્જાય છે ?

(7) સામાજિક વનીકરણ એટલે શું ?

(8) નાશપ્રાયઃ જાતિઓ તરીકે પક્ષીઓની જાતિઓનાં નામ લખો.

(9) નાશપ્રાયઃ જાતિઓ તરીકે સરિસૃપોનાં નામ આપો.

(10) હાલમાં આપણા દેશમાં કેટલાં અભયારણ્યો અને રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાનો છે ?

(11) મીઠા પાણીના સ્રોતો જણાવો.

(12) બંધો સમાજને કેવી રીતે ઉપયોગી છે ?

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :

(1) આપણા નૈસર્ગિક સ્રોતોની જાળવણી શા માટે જરૂરી છે ?

(2) જો માનવી સતત એમ જ માન્યા કરે કે બધા નૈસર્ગિક સ્રોતો અમર્યાદિત છે, જે તેની મોટી ભૂલ છે. વર્ણવો.

(3) પુનઃચક્રીયતાથી પર્યાવરણ કેવી રીતે બચાવી શકાય ?

(4) સ્થાનિક લોકો દ્વારા વંશપરંપરાગત રીતે જંગલ સંરક્ષણ માટેનું સૂચિત ઉદાહરણ આપો.

(5) વન આચ્છાદન ઘટવાથી કઈ કઈ સમસ્યાઓ ઊભી થાય ?

(6) અભયારણ્યો અને રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાનો વચ્ચેનો તફાવત શું છે ?

(7) જંગલના સ્ટૉકહોલ્ડર કોણ છે ? (સંબંધિત વ્યક્તિ કે સંસ્થાઓ)

(8) ચિપકો આંદોલનની અગત્ય આપો.

(9) જળ સંબંધિત સમસ્યાઓ વર્ણવો.

(10) જળવ્યવસ્થાપનના મુદ્દા વર્ણવો.

(11) ઊર્જાસ્રોતોના સંરક્ષણ માટે કયા પગલાં લેવાં જોઈએ ?

પારિભાષિક શબ્દો

એકમ 1

મોટા કદના પદાર્થો	Bulk materials
અલ્પાકૃતિ, સૂક્ષ્મકૃતિ	Miniaturization
સ્થાન નિયંત્રિત	Positionally-controlled
પરિવહન ગુણધર્મો	Transport Properties
સંદેશાવ્યવહાર	Communication
મોટવણી	Magnification
સૂક્ષ્મદર્શક	Microscope
ઘનીકરણ	Condensation
પ્રક્રિયતા	Reactivity
સંશક્તિ	Cohesion
આશક્તિ	Adhesion
સંકર પદાર્થ	Hybrid Material
તાણક્ષમતા	Tensile Strength
દાબીય ક્ષમતા	Compressive Strength
અતિવાહકતા	Superconductivity
ઉષ્મીય વાહકતા	Thermal Conductivity
પિગલન બિંદુ	Melting Point
સંવેદકો	Sensors
પ્રવાહિતા	Fluidity

એકમ 2

પ્રકાશ	Light
કિરણ	Ray
પરાવર્તન	Reflection
કિરણપુંજ	Beam
વીજચુંબકીય	Electromagnetic
ઘટના	Phenomenon
કિરણાકૃતિ	Ray Diagram
વસ્તુ કાચ	Objective Lens
નેત્રકાચ	Eye Piece
શૂન્યાવકાશ	Vacuum
વિવર્તન	Diffraction
પારદર્શક	Transparent
વક્રીભવન	Refraction
વાસ્તવિક	Real
આભાસી	Virtual
સંજ્ઞા પ્રણાલી	Sign Convention
ઊગમબિંદુ	Origin
અરીસાનું સૂત્ર	Mirror Formula
મોટવણી	Magnification
ઊલટું (ઊંધું)	Inverted
નાનું	Diminished
ચત્તું (સીધું)	Erect
અંતર્ગોળ	Concave
બહિર્ગોળ	Convex
તરંગલંબાઈ	Wavelength
વક્રીભવનાંક	Refractive Index
નિરપેક્ષ	Absolute
સાપેક્ષ	Relative
પાતળું	Rarer
ઘટ્ટ	Denser
પ્રકાશીય	Optical
અભિસારી	Converging
અપસારી	Diverging
સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર	Microscope
દૂરબીન	Telescope
ખગોળીય	Astronomical
પ્રતિબિંબ	Image
વિસ્તૃત વસ્તુ	Extended Object
પરાવર્તનકોણ	Angle of Incidence
વક્રીભૂતકોણ	Angle of Refraction
ગોલીય	Spherical
અરીસા	Mirror
બિંદુવત્	Point Like
પાર્શ્વિય વ્યુત્ક્રમણ	Lateral Inversion
પાર્શ્વિય સ્થાનાંતર	Lateral Shift
વક્ર	Curve
કવચ	Shell
વક્રતાકેન્દ્ર	Centre of Curvature
વક્રતા ત્રિજ્યા	Radius of Curvature
ધ્રુવ	Pole
મુખ્યકેન્દ્ર	Focus
મુખ્ય અક્ષ	Principal Axis
દર્પણમુખ	Aperture
વ્યાસ	Diameter
કેન્દ્રલંબાઈ	Focal Length

એકમ 3

ઘટક રંગો	Constituent Colours
વિચલન	Deviation
પુનઃસંયોજન	Recombination
સંવેદન	Sensation
શોષણ	Absorption
વર્ણક	Pigment
સંમિશ્રિત	Composite
યૌગિક મિશ્રણ	Additive Mixture
વિયોગિક	Substractive
કનીનીકા	Cornea
આઈરિસ	Iris
કીકી	Pupil
નેત્રમણિ	Eyelens
નેત્રપટલ	Retina
સીલિયરી સ્નાયુ	Cilliary Muscles
સમાવેશ ક્ષમતા	Accomodation Power
નજીક બિંદુ	Near Point
દૂર બિંદુ	Far Point
લઘુ દૃષ્ટિ	Short Sightedness
ગુરુ દૃષ્ટિ	Far Sightednes
મોતિયો	Cataract
સૂક્ષ્મ ટીપાં	Droplets
મેઘધનુષ્ય	Rain bow
વાતાવરણીય	Atomospheric
ક્ષિતિજ	Horizon
ટમટમવું	Twinkling
મૃગજળ (મરીચીકા)	Mirage
પ્રકીર્ણન	Scattering
કલિલ કણો	Colloides
ક્રાંતિકોણ	Critical angle
પ્રકાશીય ભ્રમણ	Optical rotation

એકમ 4

વિદ્યુતભાર	Electric Charge
વિદ્યુતપ્રવાહ	Electric Current
વાહક	Conductor
અવાહક	Insulator
અતિવાહક	Super conductor
અર્ધવાહક	Semi conductor
વિદ્યુતસ્થિતિમાન	Electric Potential
વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત	Electric potential difference
રૈવાજિક	Conventional
અવરોધ	Resistance
વિદ્યુતપરિપથ	Electric Circuit
મિશ્રધાતુ	Alloy
શ્રેણી	Series
સમાંતર	Parellel
તાપીય અસર	Heating Effect
વિદ્યુત ઊર્જા	Electric Energy
વિદ્યુતપાવર	Electric Power
રાસાયણિક અસર	Chemical Effect
ઢોળ-પ્રક્રિયા	Electroplating
વિદ્યુત-પૃથક્કરણ	Electrolysis
વિદ્યુત-દ્રાવણ	Electrolyte
વિદ્યુત કોષ	Electric Cell

એકમ 5

ચુંબકીય અસર	Magnetic Effect
ચુંબક	Magnet
ગજિયો ચુંબક	Bar-magnet
ચુંબકીયક્ષેત્ર	Magnetic Field
રેખાઓ	Lines
ચુંબકીય સોય	Magnetic Needle
ગૂંચળું	Loop
સુરેખ વાહક	Linear Conductor
વિદ્યુત ચુંબકીય	Electromagnetic
ચુંબકીય પ્રેરણ	Induction
વિદ્યુત મોટર	Electric Motor
વિદ્યુત-જનરેટર	Electric Generator
વિદ્યુત ઊર્જા	Electric Energy
એકદિશ પ્રવાહ	Direct Current
ઊલટસૂલટ પ્રવાહ	Alternating Current
વિદ્યુત ચુંબકત્વ	Electromagnet
ચુંબકીય બળ	Magnetic Force
વિદ્યુત ઘંટડી	Electric Bell
અવાહક પડ	Insulation
આવૃત્તિ	Frequency

એકમ 6

ઊંચુ સ્થાન	Altitude
પ્રકાશીય ટેલિસ્કોપ	Optical Telescope
પારરક્ત	Infrared
પારજાંબલી	Ultraviolet
ખગોળશાસ્ત્ર, ખગોળ વિજ્ઞાન	Astronormy

તારા વિશ્વ	Galaxy
ખગોળવેત્તા	Astronomer
પૃથ્વી-કેન્દ્રિત	Geocentric
સૂર્ય-કેન્દ્રિત	Heliocentric
લંબવૃત્તીય	Elliptical
નાનો ગ્રહ	Dwarf Planet
અબજ	Billion
આણ્વિય	Molecular
તાપ ન્યુક્લિઅર સંલયન	Thermo Nuclear fussion
દ્રવ્યમાન કેન્દ્ર	Centre of Mass
જોડકું	Binary System
ખરતો તારો	Shooting Star
ઉલ્કાશિલા	Meteorite
ક્ષિતિજ	Horizon
ગુરુત્વાકર્ષીપતન	Gravitational Collapse
પ્રક્ષેપણ	Launch

એકમ 7

જૈવિકતંત્રો	Bological Systems
ક્રિયાત્મક	Operational
સંકલ્પનીય	Conceptual
આયનીકરણ	Ionisation
બિનજલીય	Non-aqueous
પ્રોટોનદાતા	Proton Donor
પ્રોટોનગ્રાહી	Proton Acceptor
સવર્ગ સહ-સંયોજકબંધ	Co-ordinate Covalent Bond
ઊભયધર્મી	Amphoteric
ઉમદા ધાતુ	Noble Metal
સાંદ્રતા	Concentration
દ્રાવ્ય	Solute
દ્રાવક	Solvent
દ્રાવણ	Solution
દળ	Mass
આણ્વિયદળ (અણુભાર)	Molecular Mass
પરમાણ્વિય દળ (પરમાણુભાર)	Atomic Mass
pH માપક્રમ	pH Scale
એસિડિકતા	Acidity
બેઝિકતા	Basicity
સાર્વત્રિક સૂચક	Universal Indicator
પ્રતિએસિડ પદાર્થ	Antacid
ગાળણપત્ર	Filter Paper
ક્ષારિત	Corroded
લુગદી	Paste
પ્રબળ	Strong
નિર્બળ	Weak
ખનિજ એસિડ	Mineral Acid
વિયોજન	Dissociation
જલીય	Aqueous
તટસ્થીકરણ	Neutralisation
ખનિજ દ્રવ્ય	Mineral
ખડક	Rock

એકમ 8

ધાતુ	Metal
પાણીરક્ષક	Waterproof
મૃદાવરણ	Lithosphere
જલાવરણ	Hydrosphere
વાતાવરણ	Atmosphere
પૃથ્વીનો પોપડો	Earth's Crust
ધાતુશાસ્ત્ર (ધાતુકર્મવિધિ)	Metallurgy
ભૂંજન	Roasting
પિગલન	Smelting
વિશુદ્ધીકરણ (શુદ્ધીકરણ)	Refining (Purification)
કાચી ધાતુ	Ore
ફીણ-પ્લવન પદ્ધતિ	Froth Floatation Method
ચુંબકીય અલગીકરણ	Magnetic Separation
કેન્દ્રગામી બળ	Cantnipetal Force
વિદ્યુત રાસાયણિક રિડક્શન	Electro-Chemical reduction
પ્રવાહીકરણ	Liquefaction
વિભાગીયકરણ	Fractionalisation
વિદ્યુતવિભાજન	Electrolysis
વિદ્યુત વિભાજ્ય	Electrolyte
જળવિભાજન	Hydrolysis
નિષ્કર્ષણ	Extraction
વાત ભઠ્ઠી	Blast Furnace
અગ્નિરોધક	Fireclay
ચૂનાનો પથ્થર	Lime Stone
ઉષ્માશોષક	Endothermic
ઉષ્માક્ષેપક	Exothermic
સક્રિય ધાતુ	Activemetal
મિશ્રધાતુ	Alloy
ગલનબિંદુ	Melting Point
ઉત્કલનબિંદુ	Boiling Point
ક્રિયાશીલતા	Reactivity
ક્ષારણ	Corrosion
ક્ષારણનો અટકાવ	Prevention of Corrosion
નિરોધકો	Inhibitors
રેણ	Soldering
ટીપનીય	Malleable

એકમ 9

અધાતુ	Non-metal
ઉત્સેચકો	Emzymes
સૂકો કોષ	Dry-cell
વીજધ્રુવ	Electrode
સજીવ સૃષ્ટિ	Living Kingdom
ઊન	Wool
ફૂગનાશક	Fungicide
બરડ	Brittle
ઇલેક્ટ્રોન ઋણમય	Electronegative
બાષ્પશીલ	Volatile
ભાગીદારી	Sharing
ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન	Industrial Manufacture
જળવાયુ	Water Gas
રંગવિહીન	Colourless
ગંધવિહીન	Odourless
સ્વાદવિહીન	Testless
સ્ફોટક મિશ્રણ	Explosive Mixture
બળતણ	Fuel
દહનપોષક	Combustibe
રિડક્શનકર્તા	Reducing Agent
ઓક્સિડેશન કર્તા	Oxidising Agent
વનસ્પતિ તેલ	Vegetable Oil
અધિશોષણ	Adsorption
પ્રદૂષણ	Pollution
ઊર્જાસ્રોત	Enrgey Source
ઉદ્દીપક	Catalyst
પ્રવર્ધકો	Promoters
ગુણધર્મો	Properties
અવક્ષેપ	Precipitate
સંકિર્ણ ક્ષાર	Complex Salt
ખાતરો	Fertilisers
ઇલેક્ટ્રોનીય રચના	Electronic Configuration
બહુરૂપો (અપરરૂપો)	Allotropes
સોયાકાર	Needle shaped
વલય	Ring
સ્નિગ્ધ	Viscous
શૃંખલા	Series
ઘટક	Component
ચેપનાશક	Antiseptic
રંગકો	Dyes
જંતુનાશકો	Pesticides
પ્રદૂષક	Pollutant
એસિડવર્ષા	Acid - rain
ગળુ રૂંધાય	Suffocating
દૂધિયું	Milky
પરિરક્ષક	Preservative
સાશ્લેષિત રેસા	Systenthic Fiber
લાકડાનો માવો	Pulp of Wood
સાબુ	Soap
ઝેરીકરણ	Poisoning
ધુમાયમાન	Fuming
ભેજશોષક પ્રક્રિયક	Dehydrating Agent
શર્કરા	Sugar
માંસપેશી	Muscle
અવશેષ	Residue
સ્ફટિક જળ	Water of Crystallisation
નિર્જળ	Anhydrous
વિસ્થાપન	Displacement

એકમ 10

ખનીજ કોલસો	Coal
પ્રાગૈતિહાસિક	Prehistorical
સંપત્તિ	Wealth
અર્ધ પ્રવાહી	Semiliquid
પ્રવાહિકૃત પેટ્રોલિયમ ગૅસ	Liquidfied Petroleum Gas (LPG)
ફાનસ	Lantern
કાર્બનિક સંયોજન	Organic Compound
અશ્મિબળતણ	Fossil Fuel
પુનઃઅપ્રાપ્ય ઊર્જા સ્રોત	Non-renewable Source of Energy
અકાર્બનિક	Inorganic

પ્રાથમિક અવસ્થા	Primary State
વિચ્છેદક નિસ્યંદન	Destructive Distillation
ઉષ્મા	Heat
પોલાદ	Steel
ભેજ	Moisture
ડામર	Tar
વિકસિત	Developed
દીવાસળી	Match Stick
છિદ્રાળુ	Porous
કુદરતી વાયુ	Nautral Gas
સૂક્ષ્મ જીવો	Microorganisms
તેલના કૂવા	Oil well
શારકામ	Drilling
તેલક્ષેત્રો	Oil Fields
ઉપશૃંખલા	Branched Chain
સરળશૃંખલા	Straight Chain
શાખીય	Branched
સંતૃપ્ત	Saturated
વ્યુત્પન્ન	Derivative
વિભાગીય સ્તંભ	Fractionating Column
છાજલીઓ	Shelves
મીણ	Wax
ઓક્ટેન આંક	Octane Number
અંતર્દહન	Internal combustion
અપસ્ફોટન	Knocking
પ્રમાણભૂત	Standard
પ્રાકૃત	Virgin (Natural)
નવલીકરણ	Reforming
ગુણવત્તા	Quality
નિર્વાતક વાયુ	Exhaust Gas
પેટ્રોરસાયણ	Petrochemical
સમઘટીકરણ	Isomerisation
ડિહાઇડ્રોજનનીકરણ	Dehydrogenation
ચતુઃસંયોજકતા	Tetravalency
રાંધણ ગેસ	Cooking Gas
સંશ્લેષણ	Synthesis
ઉત્તેજિત અવસ્થા	Excited State
બંધારણીય સૂત્ર	Structural Formula
બંધારણ	Configuration
વર્ગીકરણ	Classification
એકલબંધ	Single Bond
દ્વિ-બંધ	Double Bond
ત્રિ-બંધ	Triple Bond
શક્તિસ્તર	Energy Level
સંકરણ	Hybridisation
સંકરણ કક્ષકો	Hybrid Orbitals
અયુગ્મિત	Unpaired
યુગ્મિત	Paired
સમચતુષ્ફલકીય	Tetrahedral
બંધકોણ	Bond Angle
બંધલંબાઈ	Bond Length
સંમિશ્રણ	Overlapping
સમાનધર્મી શ્રેણી	Homologus Series
સભ્ય	Member
ક્રમિક	Successive
પૂર્વગ	Prefix
પ્રત્યય	Suffix

ઘનતા	Density
સામાન્ય સૂત્ર	General Formula
અધઃસ્થાનાંતર	Downward Displacement
જ્યોત	Flame
નિમ્ન હાઇડ્રોકાર્બન	Lower Hydrocarbon
નિર્જલીકરણ	Dehydration
લાલચોળ ગરમ	Red Hot
વાયુપાત્ર	Gas Jar
રાસાયણિકપ્રક્રિયા	Chemical Reaction
યોગશીલ પ્રક્રિયા	Addition Reaction
પ્રકાશહીન	Non- luminous

એકમ 11

ક્રિયાશીલ સમૂહ	Functional Group
અનુવર્તીય	Corresponding
ક્રિયાશીલતા	Reacitivity
આંતર આણ્વિય આકર્ષણ	Intermolecular Attraction
પ્રચલિત	Common
આથવણ	Fermentation
અજારક	Anerobic
એસ્ટરીકરણ	Esterification
પ્રવૃત્તિ	Activity
યકૃત	Liver
પોષણ	Absorption
હાનિકારક	Harmful
પુખ્ત વયના	Adult
રજતદર્પણ કસોટી	Silver Mirror Test
દીર્ઘતમ કાર્બન શૃંખલા	Longest Carbon Series
વિનેગાર	Vinegar
બહુલીકરણ	Polymerisation
દ્વિ-અણુ	Dimer
ત્રિ-અણુ	Trimer
ચતુઃ અણુ	Tetramer
પુનરાવર્તન	Repetition
આવર્તનીય એકમ	Repeating Unit
અર્ધ - સાંશ્લેષિત	Semisynthetic
સંઘનન	Condensation
માનવસર્જિત	Manmade
અવાહક	Insulator
ઉપકરણો	Instruments
સ્થિતિસ્થાપકતા	Elasticity
દુગ્ધ- કલિલમય રબર	Latex
અધ્રુવીય	Non-polar
પ્રતિરોધક	Resistant
નિષ્ક્રિયતા	Passivity
પર્યાવરણીય	Environmental
જૈવ અવિઘટનીય	Non-biodegradable
પ્રક્ષાલકો	Detergents
ચરબી	Fat
દીવેલ	Castor Oil
સાબુનીકરણ	Saponification
કઠિન પાણી	Hard Water
અધ્રુવીય પૂંછડી	Non-polar Tail
શીર્ષ	Head

એકમ 12

પોષણ	Nutration
શ્વસન	Respiration
પોષક દ્રવ્યો	Nutrients
સ્વયંપોષી	Autotrophic
પ્રકાશસંશ્લેષણ	Photosynthesis
વાયુરંધ્રો	Stomata
પરપોષી	Heterotrophic
મૃતોપજીવી	Saprophitic
પરોપજીવી	Parasitic
પ્રાણીસમ	Halozoic
તૃણાહારીઓ	Herbivores
માંસાહારીઓ	Carnivores
મિશ્રાહારીઓ	Omnivores
પાચન	Digestion
અભિશોષણ	Absorption
પરિપાચન / સ્વાંગીકરણ	Assimilation
ઉત્સર્ગદ્રવ્યનો ત્યાગ/ઉત્સર્જન	Excretion
જારક શ્વસન	Aerobic Respiration
અજારક શ્વસન	Anaerobic Respiration
શ્વાસનળી	Trachea
ઘાંટીઢાંકણ	Glottis
શ્વાસવાહિની	Bronchi
વાયુકોષ્ઠ	Alveoli

એકમ 13

વહન	Transportation
જલવાહક	Xylem
પ્રસરણ	Diffusion
અન્નવાહક	Phloem
ચાલની કોષો	Sieve Cells
ચાલની નલિકા	Sieve Tube
કર્ણક	Atrium
ક્ષેપક	Ventricle
પટલ	Septum
રુધિરવાહિની	Blood Vessel
લસિકાવાહિની	Lymph Vessel
ઉત્સર્જન	Excretion
પરિવહન	Circulation
મૂત્રપિંડ	Kidney
બાહ્યક	Cortex
મજ્જક	Medulla
નિતંબ	Pelvic
મૂત્રવાહિની	Ureter
નીકટવર્તી	Proximal
દૂરસ્થ	Distant
સંગ્રહણનલિકા	Collecting Tubule
રુધિરકેશિકાગુચ્છ	Glomerulus
કેશિકાઓ	Capillaries

એકમ 14

ઉત્તેજના	Stimulus
પ્રતિચાર	Response
સહનિયમન	Coordination
અંતઃસ્રાવ	Hormone
અંતઃસ્રાવીતંત્ર	Endocrine System
આવર્તન	Tropism
નેસ્ટિક હલનચલન	Nestism
ભૂઆવર્તન	Geotropism
રસાયણાનુવર્તન	Chemotropism
સ્પર્શાનું હલનચલન	Thigmonestry
શિખાતંતુઓ	Dendrites
અક્ષતંતુ	Axon
બૃહદ મસ્તિષ્ક	Cerebrum Corpora
ચતુષ્કકાય	Quadrigemina
અનુમસ્તિષ્ક	Cerebellum
લંબમજ્જા	Medulla Oblongata
અગ્રતરફ	Ascending
પશ્ચ તરફ	Descending
પરાવર્તી ક્રિયા	Reflex Action
ચેતાસ્રાવી કોષો	Neurosecretory Cells
સ્તનગ્રંથિ	Mammary Gland
ગર્ભાશય	Uteras

એકમ 15

પ્રજનન	Reproduction
રંગસૂત્ર	Chromosome
દ્વિભાજન	Fission
ભિન્નતા	Variation
જીવનપદ્ધતિ	Life Style
અવખંડન	Fragmentation
પુનઃસર્જન	Regeneration
કલિકાસર્જન	Budding
બીજાણુસર્જન	Spore Formation
વાનસ્પતિક પ્રજનન	Vegetative propogation
કલમ કરવી	Cutting
દાબ કલમ કરવી	Layering
આરોપણ	Grafting
લિંગી	Sexual
અલિંગી	Asexual
સ્ત્રીકેસર	Carpel
પુંકેસર	Stamen
ફલન	Fertilization
યુગ્મનજ (ફલિતાંડ)	Zygote
અંડક	Ovule
શુક્રપિંડો	Testes
વૃષણ કોથળી	Scortum
અધિવૃષણ નલિકા	Epidymis
શુક્રકોષ	Sperm
મૂત્રમાર્ગ	Uretra
મૂત્રાશય	Urinery Bladder
અંડકોષપાત્	Ovulation

એકમ 16

વિવિધતા	Diversity
જન્યુ	Gamete
આનુવંશિકતા	Heredity
(સંતતિ) પેઢી	Offsppring
વામનતા	Dwarfness
જનીન	Gene
ઉત્ક્રાંતિ	Evolution
જાતિનિર્માણ	Speciation
રચના સદેશ	Homologous
કાર્યસદેશ	Analogous
પૂર્વજ	Anceestor
અશ્મિ / જીવાવશેષ	Fossil

એકમ 17

ગૃહવપરાશનો કચરો	Household Garbage
જૈવ વિઘાતીય	Biodegradable
નિવસનતંત્ર	Ecosystem
ઉત્પાદકો	Producers
ઉપભોગી / ઉપભોક્તા	Consumers
વિઘટકો	Decomposers
આહારશૃંખલા	Food Chain
આહારજાળ	Food Web
બાજ	Hawk
સૂક્ષ્મ જીવો	Plankton
વિઘટન	Depletion
વનવિનાશ	Defoestation

એકમ 18

નૈસર્ગિક સ્રોતો	Natural Resources
જાતિ	Community
પશુપાલન	Animal Husbandry
મત્સ્યઉદ્યોગ	Fishery
રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાન	National Park
પર્યાવરણીય પરિસ્થિતિ	Climatic Condition
પૂર	Flood
અભિશોષણ	Overexploitation
જનીનનિધિ	Gene Bank
કૃષિવિદ્યા (ખેતીવાડી)	Agriculture
નદીનો પ્રવાહ	River Stream
વરસાદ / વર્ષાવૃષ્ટિ	Rainfall
ભીની જમીન	Wet land
શુષ્ક	Draught