એકમ

5

p-વિભાગનાં તત્ત્વો II

5.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

ધોરણ 11માં આપણે શીખી ગયા છીએ કે, સમૂહ 13થી 18માં આવેલાં તત્ત્વોમાં છેલ્લો ઇલેક્ટ્રૉન p-કક્ષકમાં ભરાય છે. તેથી આ તત્ત્વોને p-વિભાગનાં તત્ત્વો કહે છે. આ તત્ત્વોની બાહ્યતમ કક્ષાની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના ns^2np^{1-6} (He સિવાય, Heની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $1s^2$) છે. p-વિભાગનાં તત્ત્વોના ગુણધર્મો તેઓના પરમાણ્વિય કદ, આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી, ઇલેક્ટ્રૉન-પ્રાપ્તિ ઍન્થાલ્પી અને વિદ્યુતઋણતા જેવાં પરિબળો પર આધાર રાખે છે. બીજા આવર્તનાં તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં d-કક્ષકોની ગેરહાજરી અને ત્રીજાથી સાતમા આવર્તનાં તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં d- અને/અથવા અને f-કક્ષકોની હાજરીને કારણે p-વિભાગનાં તત્ત્વોના ગુણધર્મોમાં ખૂબ જ વિવિધતા જોવા મળે છે. આ ઉપરાંત આ વિભાગમાં ધાતુ, અધાતુ અને અર્ધ ધાતુ તત્ત્વોની હાજરીને કારણે પણ વિવિધતા જોવા મળે છે.

5.2 સમૂહ-15નાં તત્ત્વો (Elements of Group-15)

સમૂહ-15માં નાઇટ્રોજન, ફૉસ્ફરસ, આર્સેનિક, ઍન્ટિમની અને બિસ્મથનો સમાવેશ થાય છે. આ સમૂહનું પ્રથમ તત્ત્વ નાઇટ્રોજન હોવાથી આ સમૂહને **નાઇટ્રોજન સમૂહ** તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે. એક જ સમૂહનાં તત્ત્વોમાં ઉપરથી નીચે તરફ જઈએ તેમ અધાતુથી અર્ધ ધાતુ અને ત્યાર બાદ ધાત્વિક ગુણધર્મોમાં વધારો જોવા મળે છે. નાઇટ્રોજન અને ફૉસ્ફરસ અધાતુ તત્ત્વો, આર્સેનિક અને ઍન્ટિમની અર્ધ ધાતુ તત્ત્વો તથા બિસ્મથ ધાતુ તત્ત્વ છે. ડાયનાઇટ્રોજન વાયુ હવામાં કદથી આશરે 78 % જેટલો હાજર હોય છે. પૃથ્વીના પોપડામાંથી નાઇટ્રોજન તત્ત્વ સોડિયમ નાઇટ્રેટ-$NaNO_3$ (ચિલી સૉલ્ટપીટર) અને પોટૅશિયમ નાઇટ્રેટ-KNO_3 (ઇન્ડિયન સૉલ્ટપીટર) તરીકે મળી આવે છે. ફૉસ્ફરસ તત્ત્વ એપેટાઇટ ખનિજો $Ca_9(PO_4)_6 \cdot CaX_2$ (X = F, Cl, OH)માંથી મળી આવે છે. દા.ત., ફ્લોર એપેટાઇટ $Ca_9(PO_4)_6 \cdot CaF_2$. ફૉસ્ફરસ પ્રાણી અને વનસ્પતિના બંધારણમાં અગત્યનો ઘટક છે. તે સજીવકોષ તેમજ હાડકામાં હાજર હોય છે. ઈંડાં અને દૂધમાં ફૉસ્ફોપ્રોટીન હોય છે. આ સમૂહનાં તત્ત્વોના અગત્યના પરમાણ્વિય અને ભૌતિક ગુણધર્મો કોષ્ટક 5.1માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 5.1 સમૂહ-15નાં તત્ત્વોના પરમાણ્વિય અને ભૌતિક ગુણધર્મો

ગુણધર્મો	N	P	As	Sb	Bi
પરમાણ્વિય-ક્રમાંક	7	15	33	51	83
પરમાણ્વિય દળ (ગ્રામ મોલ$^{-1}$)	14.01	30.97	74.92	121.75	208.98
ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના	[He]$2s^2 2p^3$	[Ne]$3s^2 3p^3$	[Ar]$3d^{10} 4s^2 4p^3$	[Kr]$4d^{10} 5s^2 5p^3$	[Xe]$4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^3$
આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી (I)	1402	1012	947	834	703
($\Delta_i H$) (કિલોજૂલમોલ$^{-1}$) (II)	2856	1903	1798	1595	1610
(III)	4577	2910	2736	2443	2466
વિદ્યુતઋણતા	3.0	2.1	2.0	1.9	1.9
સહસંયોજક ત્રિજ્યા (pm)	70	110	121	141	148
આયનીય ત્રિજ્યા (pm)	171	212	222	76	103
ગલનબિંદુ (K)	63	317	1089	904	544
ઉત્કલનબિંદુ (K)	77.2	554	888	1860	1837
ઘનતા (ગ્રામ સેમી$^{-3}$) (298 K)	0.879	1.823	5.77	6.697	9.808

5.2.1 ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના, પ્રાપ્તિસ્થાન, ઑક્સિડેશન અવસ્થા (Electronic Configuration, Occurrence, Oxidation State) :

ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના : સમૂહ-15નાં તત્ત્વોની સંયોજકતા કક્ષાની ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના ns^2np^3 છે. આ તત્ત્વોની s-કક્ષક સંપૂર્ણ ભરાયેલી અને p-કક્ષકો અર્ધપૂર્ણ ભરાયેલી હોવાથી આ તત્ત્વો વિશેષ રીતે સ્થાયી છે.

પ્રાપ્તિસ્થાન : સમૂહ-15નાં તત્ત્વોની મુખ્ય ખનિજો કોષ્ટક 5.2માં દર્શાવેલી છે.

કોષ્ટક 5.2 સમૂહ-15નાં તત્ત્વોની મુખ્ય ખનિજો

તત્ત્વો	મુખ્ય ખનિજોનું બંધારણ અને નામ
નાઈટ્રોજન	મુક્ત વાયુરૂપે પૃથ્વીના વાતાવરણમાં લગભગ 78 %, વનસ્પતિજ અને પ્રાણીજન્ય પ્રોટીનમાં લગભગ 17 %, $NaNO_3$ ચિલી સૉલ્ટપીટર, KNO_3 સૂરોખાર (ઇન્ડિયન સૉલ્ટ પીટર)
ફૉસ્ફરસ	કેલ્શિયમ ફૉસ્ફેટ $Ca_3(PO_4)_2$ હાડકાં અને દાંતમાં લગભગ 60 %, $Ca_9(PO_4)_6 \cdot CaF_2$ ફ્લોરઍપેટાઇટ, $Ca_9(PO_4)_6 \cdot CaCl_2$ ક્લોરઍપેટાઇટ, $Ca_9(PO_4)_6 \cdot Ca(OH)_2$ હાઇડ્રૉક્સિઍપેટાઇટ
આર્સેનિક	As_4S_4 રીઅલ્ગાર (જ્વાળામુખી પ્રદેશોમાં), As_2S_3 ઓર્પીમેન્ટ, $FeAsS_2$ આર્સેનોપાયરાઇટ
ઍન્ટિમની	Sb_2S_3 સ્ટિબાઇન, Sb_2O_4 ઍન્ટિમની ઑર
બિસ્મથ	Bi_2S_3 બિસ્મુથાઇન, Bi_2O_3 બિસ્માઇટ, $(BiO)_2CO_3$ બિસ્મથસ્પાર

ઑક્સિડેશન અવસ્થા : સમૂહ-15નાં તત્ત્વોની સામાન્ય ઑક્સિડેશન અવસ્થા –3, +3 અને +5 છે. સમૂહમાં નીચે તરફ જતાં પરમાણ્વિય કદ અને ધાત્ત્વિક ગુણ વધવાને કારણે તત્ત્વોનું –3 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવવાનું વલણ ઘટે છે. તેવી જ રીતે +5 ઑક્સિડેશન અવસ્થાની સ્થાયીતા પણ સમૂહમાં નીચે તરફ જતાં ઘટે છે. નાઇટ્રોજન તત્ત્વ જ્યારે ઑક્સિડેશન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા કરે છે ત્યારે તે +1થી +5 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે. કેટલાક ઑક્સોઍસિડમાં ફૉસ્ફરસ +1, +3, +4, +5 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે. સમૂહ-15નાં તત્ત્વોની ઑક્સિડેશન અવસ્થા કોષ્ટક 5.3માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 5.3 સમૂહ-15નાં તત્ત્વોની ઑક્સિડેશન અવસ્થા

તત્ત્વો	N	P, As	Sb	Bi
ઑક્સિડેશન અવસ્થા	–3થી +5	–3, +3, +5	+3, +5	+3

5.2.2 ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા (Periodicity in Physical and Chemical Properties) :

(1) ભૌતિક ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા : કોષ્ટક 5.1ના આધારે કહી શકાય કે, સમૂહ-15નાં તત્ત્વોમાં પરમાણ્વિય ક્રમાંકના વધારા સાથે પરમાણ્વિય કદ વધવાનું, આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી ઘટવાનું તથા વિદ્યુતઋણતા ઘટવાનું સામાન્ય વલણ જોવા મળે છે. તેથી પરમાણ્વિય-ક્રમાંકના વધારા સાથે ધાત્ત્વિક ગુણ પણ વધે છે.

(i) પરમાણ્વિય અને આયનીય ત્રિજ્યા : સમૂહ-15માં ઉપરથી નીચે તરફ જઈએ તેમ પરમાણ્વિય અને આયનીય ત્રિજ્યા વધે છે. નાઇટ્રોજન તત્ત્વથી ફૉસ્ફરસ તત્ત્વ તરફ જતાં તેમની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યામાં નોંધપાત્ર વધારો થાય છે. પરંતુ Asથી Bi તરફ જતાં તેમની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યામાં થોડો વધારો થાય છે. આમ, થવાનું કારણ ભારે તત્ત્વોમાં સંપૂર્ણ ભરાયેલી d- અથવા/અને f-કક્ષકોની હાજરી છે. (કોષ્ટક 5.1)

(ii) આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી : સમૂહ-15માં ઉપરથી નીચે તરફ જઈએ તેમ પરમાણ્વિય કદ વધવાની સાથે આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઘટે છે. આ તત્ત્વોની પ્રથમ આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી ($\Delta_i H_1$), દ્વિતીય આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી ($\Delta_i H_2$) અને તૃતીય આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી ($\Delta_i H_3$)નો ક્રમ $\Delta_i H_1 < \Delta_i H_2 < \Delta_i H_3$ છે (કોષ્ટક 5.1). સમૂહ-15નાં તત્ત્વોમાં p-કક્ષકો અર્ધપૂર્ણ ભરાયેલી હોવાથી તેઓ વિશિષ્ટ સ્થાયીતા ધરાવે છે. તેથી આ તત્ત્વોમાંથી ઇલેક્ટ્રૉન સરળતાથી દૂર થતો નથી. આમ, એક જ આવર્તમાં સમૂહ-15ના તત્ત્વની આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય, સમૂહ-14ના તત્ત્વની આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીના મૂલ્ય કરતાં વધુ હોય છે.

(iii) વિદ્યુતઋણતા : સામાન્ય રીતે સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં પરમાણ્વિય-ક્રમાંક વધવાની સાથે પરમાણ્વિય કદ વધે છે. તેથી વિદ્યુતઋણતા ઘટે છે. ભારે તત્ત્વોમાં વિદ્યુતઋણતાનો તફાવત ઓછો જોવા મળે છે. (કોષ્ટક 5.1)

આ સમૂહનાં તત્ત્વો બહુપરમાણ્વિય છે. નાઇટ્રોજન અને બિસ્મથ તત્ત્વો સિવાયના આ સમૂહનાં બધાં તત્ત્વો અપરરૂપો ધરાવે છે.

(2) રાસાયણિક ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા :

(i) હાઇડ્રોજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા : સમૂહ-15નાં બધા તત્ત્વો હાઇડ્રોજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા કરી MH_3 (જ્યાં M = N, P, As, Sb અથવા Bi) પ્રકારના હાઇડ્રાઇડ બનાવે છે. સમૂહમાં NH_3થી BiH_3 તરફ જતાં હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોની સ્થાયીતા ઘટે છે, પરંતુ રિડક્શનકર્તા તરીકેનો ગુણધર્મ વધે છે. આ હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોની બેઝિકતાનો ક્રમ $NH_3 > PH_3 > AsH_3 > SbH_3 > BiH_3$ છે.

(ii) ઑક્સિજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા : સમૂહ-15નાં તત્ત્વો ઑક્સિજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા કરી બે પ્રકારના ઑક્સાઇડ M_2O_3 અને M_2O_5 બનાવે છે. ઊંચી ઑક્સિડેશન અવસ્થા ધરાવતાં તત્ત્વોના ઑક્સાઇડ, નીચી ઑક્સિડેશન અવસ્થા ધરાવતાં તત્ત્વો કરતાં વધુ ઍસિડિક હોય છે. સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં ઍસિડિક ગુણધર્મ ઘટે છે. નાઇટ્રોજન અને ફૉસ્ફરસના M_2O_3 પ્રકારના ઑક્સાઇડ ઍસિડિક, આર્સેનિક અને ઍન્ટિમનીના ઑક્સાઇડ ઊભયગુણી તથા બિસ્મથના ઑક્સાઇડ બેઝિક છે. આ સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં ધાતુ ગુણધર્મનો વિકાસ દર્શાવે છે.

(iii) હેલોજન તત્ત્વો સાથે પ્રક્રિયા : સમૂહ-15નાં તત્ત્વો હેલોજન સાથે પ્રક્રિયા કરી MX_3 અને MX_5 પ્રકારના હેલાઇડ સંયોજનો બનાવે છે. નાઇટ્રોજન પરમાણુની સંયોજકતા કક્ષામાં d-કક્ષકો ન હોવાથી તે પેન્ટાહેલાઇડ સંયોજન બનાવી શકતો નથી. ટ્રાયહેલાઇડ કરતાં પેન્ટાહેલાઇડ વધુ સહસંયોજક છે. નાઇટ્રોજન તત્ત્વ સિવાયનાં તત્ત્વોના બધા ટ્રાયહેલાઇડ સ્થાયી છે. જ્યારે નાઇટ્રોજન તત્ત્વનો ફક્ત એક જ ટ્રાયહેલાઇડ NF_3 સ્થાયી છે. BiF_3 સિવાયના ટ્રાયહેલાઇડ સંયોજનો સહસંયોજક છે.

(iv) ધાતુ તત્ત્વો સાથે પ્રક્રિયા : સમૂહ-15નાં બધાં તત્ત્વો, ધાતુ તત્ત્વો સાથે પ્રક્રિયા કરી Ca_3N_2 (કૅલ્શિયમ નાઇટ્રાઇડ), Ca_3P_2 (કૅલ્શિયમ ફૉસ્ફાઇડ), Na_3As (સોડિયમ આર્સેનાઇડ), Zn_3Sb_2 (ઝિંક ઍન્ટિમોનાઇડ) અને Mg_3Bi_2 (મૅગ્નેશિયમ બિસ્મુથાઇડ) દ્વિઅંગી સંયોજનો બનાવે છે. તેમાં N, P, As, Sb અને Biની ઑક્સિડેશન અવસ્થા (–3) છે.

5.3 નાઇટ્રોજન (Nitrogen)

5.3.1 ડાયનાઇટ્રોજન વાયુની બનાવટ, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો (Preparation, Properties and Uses of Dinitrogen Gas) :

(1) ડાયનાઇટ્રોજન વાયુની બનાવટ : વ્યાપારી ધોરણે ડાયનાઇટ્રોજન હવાના પ્રવાહીકરણ અને વિભાગીય નિસ્યંદનથી બનાવાય છે. પ્રવાહી ડાયનાઇટ્રોજનનું ઉત્કલનબિંદુ 77.2 K હોવાથી નિસ્યંદન દરમિયાન તે પ્રથમ મળે છે. જ્યારે પ્રવાહી ડાયઑક્સિજનનું ઉત્કલનબિંદુ 90 K હોવાથી તે પાત્રમાં બાકી રહે છે. પ્રયોગશાળામાં ડાયનાઇટ્રોજન વાયુ, જલીય એમોનિયમ ક્લોરાઇડની અને જલીય સોડિયમ નાઇટ્રાઇટ સાથેની પ્રક્રિયાથી બનાવી શકાય છે.

$$NH_4Cl(aq) + NaNO_2(aq) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(l) + NaCl(aq)$$

આ પ્રક્રિયા દરમિયાન થોડા પ્રમાણમાં NO અને HNO_3 પણ બને છે. તે દૂર કરવા માટે પ્રક્રિયા દરમિયાન ઉત્પન્ન થતા વાયુને પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટ અને જલીય સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના મિશ્રણમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે.

એમોનિયમ ડાયક્રોમેટના ઉષ્મીય વિઘટનથી પણ ડાયનાઇટ્રોજન વાયુ બનાવી શકાય છે.

$$(NH_4)_2Cr_2O_7(s) \xrightarrow{\Delta} N_2(g) + 4H_2O(l) + Cr_2O_3(s)$$

અતિશુદ્ધ ડાયનાઇટ્રોજન વાયુ સોડિયમ અથવા બેરિયમ એઝાઇડના ઉષ્મીય વિઘટનથી મેળવાય છે.

$$Ba(N_3)_2(s) \xrightarrow{\Delta} Ba(s) + 3N_2(g)$$

(2) ગુણધર્મો :

(i) ભૌતિક ગુણધર્મો :

- ડાયનાઇટ્રોજન વાયુ રંગવિહીન, સ્વાદવિહીન અને બિનઝેરી છે.
- તે બે સ્થાયી સમસ્થાનિકો ^{14}N અને ^{15}N ધરાવે છે.
- તે પાણીમાં અલ્પદ્રાવ્ય છે.
- ઓરડાના તાપમાને તે નિષ્ક્રિય હોય છે પરંતુ તાપમાન વધવાની સાથે તેની પ્રતિક્રિયાત્મકતા(Reactivity)માં વધારો થાય છે.

(ii) રાસાયણિક ગુણધર્મો : ઊંચા તાપમાને તે કેટલીક ધાતુઓ સાથે પ્રક્રિયા કરી આયનીય નાઇટ્રાઇડ અને અધાતુઓ સાથે પ્રક્રિયા કરી સહસંયોજક નાઇટ્રાઇડ બનાવે છે.

દા.ત.,

$$6Li(s) + N_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2Li_3N(s)$$

$$3Mg(s) + N_2(g) \xrightarrow{\Delta} Mg_3N_2(s)$$

$$2B(s) + N_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2BN(s)$$

તે ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ અને ડાયઑક્સિજન વાયુ સાથે પ્રક્રિયા કરી અનુક્રમે એમોનિયા વાયુ અને નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ વાયુ બનાવે છે.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightleftharpoons[\text{200 બાર દબાણ}]{\text{773 K}} 2NH_3(g)$$

[FeO]

$$N_2(g) + O_2(g) \xrightleftharpoons{\Delta} 2NO(g)$$

(3) ઉપયોગો :

- એમોનિયા વાયુના ઉત્પાદનમાં અને નાઇટ્રોજન તત્ત્વ ધરાવતાં અન્ય રસાયણોના ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે.
- કેટલીક ધાતુકર્મવિધિઓમાં નિષ્ક્રિય વાતાવરણ માટે વિદ્યુતગોળામાં, નાઇટ્રિક ઍસિડની બનાવટમાં તથા હવામાંના ઑક્સિજનની ક્રિયાશીલતા ડાયનાઇટ્રોજન વાયુની હાજરીને કારણે ઘટે છે. તેથી તે શ્વાસોચ્છવાસમાં ઉપયોગી બને છે.
- પ્રવાહી ડાયનાઇટ્રોજનનો ઉપયોગ જૈવિક પદાર્થો તથા ખાદ્યપદાર્થોની જાળવણી માટે શીતક તરીકે થાય છે.

5.3.2 સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વોથી અલગ પડવું (અનિયમિત વર્તણૂક) (Distinction from other Elements of Group (Anomalous Behaviour)) :

(i) નાઇટ્રોજનનો દ્વિપરમાણ્વિય અણુ - ડાયનાઇટ્રોજન (N_2) વાયુરૂપે છે જ્યારે અન્ય તત્ત્વો M_4 અણુ તરીકે ઘન સ્થિતિમાં હોય છે. (અપવાદ-Bi)

(ii) નાઇટ્રોજન તત્ત્વ અપરરૂપો ધરાવતાં નથી જ્યારે અન્ય તત્ત્વો અપરરૂપો ધરાવે છે.

(iii) નાઇટ્રોજનના ટ્રાયૉક્સાઇડ N_2O_3 અને પેન્ટૉક્સાઇડ N_2O_5 એક આણ્વિય છે જ્યારે અન્ય તત્ત્વોનાં ટ્રાયૉક્સાઇડ અને પેન્ટૉક્સાઇડ દ્વિઆણ્વિય છે.

દા.ત., P_4O_6, As_4O_6, P_4O_{10} અને As_4O_{10}

(iv) નાઇટ્રોજન તત્ત્વના ટ્રાયહાઇડ્રાઇડ (NH_3) બિનઝેરી છે જ્યારે અન્ય તત્ત્વોના ટ્રાયહાઇડ્રાઇડ ઝેરી છે. દા.ત., ફૉસ્ફિન (PH_3), આર્સિન (AsH_3) વગેરે.

(v) નાઇટ્રોજન અધાતુ હોવાથી તેનાં ઑક્સાઇડ સંયોજનો ઍસિડિક ગુણધર્મ ધરાવે છે.

(vi) NF_3 સિવાયના નાઇટ્રોજનના બીજા હેલાઇડ વિસ્ફોટક છે જ્યારે બીજાં તત્ત્વોના હેલાઇડ સ્થાયી છે.

(vii) નાઇટ્રોજન તત્ત્વના નાના કદ અને ઊંચી વિદ્યુતઋણતાના કારણે તેમાં $p\pi$–$p\pi$ બંધ બનાવવાનો વિશિષ્ટ ગુણ છે. જ્યારે સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વો આવા ગુણ ધરાવતા નથી. પરિણામે નાઇટ્રોજન તત્ત્વ ત્રિબંધ ધરાવતા $N{\equiv}N$ ડાયનાઇટ્રોજન વાયુ તરીકે અસ્તિત્વ ધરાવે છે. જ્યારે સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વો P–P, As–As અને Sb–Sb એકલબંધ ધરાવે છે. Bi ધાત્વિક બંધ રચે છે.

(viii) નાઇટ્રોજન તત્ત્વની સંયોજકતા કક્ષામાં d-કક્ષકો પ્રાપ્ય નથી તેથી નાઇટ્રોજનની મહત્તમ બંધન-ક્ષમતા 4 છે. પરિણામે નાઇટ્રોજન તત્ત્વ $d\pi$–$p\pi$ બંધ રચી શકતું નથી. આ સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વો આ બંધ રચી શકે છે. દા.ત., $R_3P = O$ અથવા $R_3P = CH_2$ જ્યાં R = આલ્કાઇલ સમૂહ છે. ફૉસ્ફરસ અને આર્સેનિક તત્ત્વો, સંક્રાંતિ ધાતુ તત્ત્વો સાથે $d\pi$–$d\pi$ બંધ પણ બનાવે છે, જેમાં ફૉસ્ફરસ અને આર્સેનિકનાં સંયોજનો– $P(C_2H_5)_3$ અને $As(C_6H_5)_3$ લિગાન્ડ તરીકે વર્તે છે.

5.3.3 નાઇટ્રોજન તત્ત્વનાં સંયોજનો (Compounds of Nitrogen Element) :

(1) એમોનિયા (NH_3) :

(i) બનાવટ : હવામાં અલ્પ પ્રમાણમાં એમોનિયા વાયુ રહેલો છે. આ ઉપરાંત યૂરિયા જેવા નાઇટ્રોજનયુક્ત કાર્બનિક પદાર્થોના ક્ષયન (decay)થી પણ એમોનિયા વાયુ બને છે.

$$NH_2CONH_2(s) + H_2O(l) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + CO_2(g)$$

એમોનિયમ ક્ષારની સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ કે કેલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ સાથેની પ્રક્રિયાથી પણ એમોનિયા વાયુ મેળવી શકાય છે.

$$(NH_4)_2SO_4(s) + 2NaOH(aq) \rightarrow 2NH_3(g) + 2H_2O(l) + Na_2SO_4(aq)$$

$$2NH_4Cl(s) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow 2NH_3(g) + 2H_2O(l) + CaCl_2(aq)$$

ઔદ્યોગિક રીતે એમોનિયા વાયુનું ઉત્પાદન હેબરવિધિથી થાય છે.

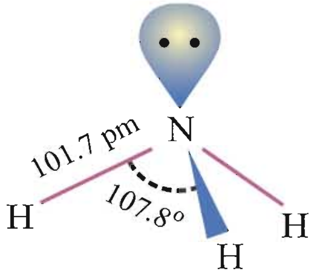
$$N_2(g) + 3H_2(g) \underset{773\ K,\ [FeO]}{\overset{200\ \text{બાર દબાણ}}{\rightleftharpoons}} 2NH_3(g) \quad \Delta_fH = -\ 46.1\ \text{કિલો જૂલ મોલ}^{-1}$$

લ-શેટેલિયરના સિદ્ધાંત મુજબ એમોનિયા વાયુના વધુ ઉત્પાદન માટે પ્રક્રિયાનું દબાણ 200 બાર, તાપમાન 773 K તથા ઉદ્દીપક તરીકે FeOની સાથે થોડા પ્રમાણમાં K_2O અને Al_2O_3નો પ્રવર્ધક (promoter) તરીકે ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. મૅગ્નેશિયમ નાઇટ્રાઇડનું જળવિભાજન કરવાથી પણ એમોનિયા વાયુ મળે છે.

$$Mg_3N_2(s) + 6H_2O(l) \rightarrow 3Mg(OH)_2(s) + 2NH_3(g)$$

(ii) ગુણધર્મો :

(A) ભૌતિક ગુણધર્મો :



- એમોનિયા રંગવિહીન તીવ્ર વાસવાળો વાયુ છે.
- તેના ઠારબિંદુ (freezing point) અને ઉત્કલનબિંદુ (boiling point) અનુક્રમે 198.4 K અને 239.7 K છે.
- એમોનિયા અણુ ટ્રાયગોનલ પીરામિડલ બંધારણ ધરાવે છે, જેમાં ત્રણ બંધકારક અને એક અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ રહેલા હોય છે.

(B) રાસાયણિક ગુણધર્મો :

- એમોનિયા વાયુ પાણીમાં દ્રાવ્ય થઈ એમોનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ બનાવે છે. જે નિર્બળ બેઇઝ તરીકે વર્તે છે.

$$NH_3(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

- એમોનિયા વાયુનું જલીય દ્રાવણ ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરી એમોનિયમ ક્ષાર બનાવે છે.

$$NH_4OH(aq) + HCl(aq) \rightleftharpoons NH_4Cl(aq) + H_2O(l)$$

- એમોનિયા વાયુનું જલીય દ્રાવણ, ધાતુક્ષારના જલીય દ્રાવણ સાથે પ્રક્રિયા કરી ધાતુના હાઇડ્રૉક્સાઇડ બનાવે છે.

$$NH_4OH(aq) + ZnSO_4(aq) \rightarrow Zn(OH)_2(s) + (NH_4)_2SO_4(aq)$$

- એમોનિયા અણુમાં નાઇટ્રોજન પરમાણુ પાસે અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ હોવાથી તે લુઈસ બેઇઝ તરીકે વર્તે છે. તે ધાતુઆયન સાથે સવર્ગ સહસંયોજક બંધ બનાવી સંકીર્ણ આયન બનાવે છે.

$$\underset{\text{(વાદળી)}}{Cu^{2+}(aq)} + 4NH_3(aq) \rightleftharpoons \underset{\text{(ઘેરો વાદળી)}}{[Cu(NH_3)_4]^{2+}(aq)}$$

(iii) ઉપયોગો :

- એમોનિયા વાયુ એમોનિયમ નાઇટ્રેટ, યૂરિયા, એમોનિયમ ફૉસ્ફેટ તથા એમોનિયમ સલ્ફેટ જેવા નાઇટ્રોજનયુક્ત ખાતરો બનાવવામાં ઉપયોગી છે.
- તે નાઇટ્રિક ઍસિડ જેવા કેટલાક અગત્યના અકાર્બનિક સંયોજનોની બનાવટમાં પણ ઉપયોગી છે.
- પ્રવાહી એમોનિયા શીતક (refrigerant) તરીકે ઉપયોગી છે.

(2) નાઇટ્રિક ઍસિડ (HNO_3) :

(i) બનાવટ : પ્રયોગશાળામાં નાઇટ્રિક ઍસિડ બનાવવા માટે કાચના રિટોર્ટમાં સોડિયમ નાઇટ્રેટ અથવા પોટૅશિયમ નાઇટ્રેટને સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે.

$$NaNO_3(s) + H_2SO_4(aq) \xrightarrow{\Delta} NaHSO_4(aq) + HNO_3(aq)$$

સાંદ્ર જલીય નાઇટ્રિક ઍસિડનું P_4O_{10}ની હાજરીમાં નિસ્યંદન કરવાથી નિર્જળ નાઇટ્રિક ઍસિડ પ્રાપ્ત થાય છે. નાઇટ્રિક ઍસિડનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન એમોનિયાના ઉદ્દીપકીય ઑક્સિડેશનથી કરવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિને ઓસ્વાલ્ડની પદ્ધતિ કહે છે, જેમાં નીચેની રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ સમાયેલી છે :

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \xrightarrow[\text{500 K, 9 બાર}]{[Pt\ (90\%) + Rh\ (10\%)]} 4NO(g) + 6H_2O(g)$$

$$2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$$

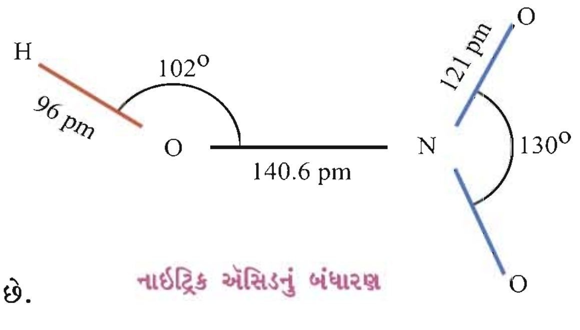
$$3NO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_3(aq) + NO(g)$$

આ રીતે પ્રાપ્ત થતાં જલીય નાઇટ્રિક ઍસિડનું નિસ્યંદન કરી વજનથી લગભગ 68.5 % સાંદ્રતાવાળો ઍસિડ મેળવી શકાય છે. 98 % સાંદ્રતાવાળો નાઇટ્રિક ઍસિડ મેળવવા તેનું સાંદ્ર H_2SO_4 વડે નિર્જળીકરણ કરવામાં આવે છે.

(ii) ગુણધર્મો :

(A) ભૌતિક ગુણધર્મો :

- નાઇટ્રિક ઍસિડ રંગવિહીન પ્રવાહી છે.
- તેના ઠારબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ અનુક્રમે 231.4 K અને 355.6 K છે.
- 298 K તાપમાને તેની ઘનતા 1.504 ગ્રામ મિલિ$^{-1}$ છે.



નાઇટ્રિક ઍસિડનું બંધારણ

- વાયુરૂપ અવસ્થામાં નાઇટ્રિક ઍસિડ સમતલીય બંધારણ ધરાવે છે.

(B) રાસાયણિક ગુણધર્મો :

- નાઇટ્રિક ઍસિડનું જલીય દ્રાવણ પ્રબળ ઍસિડ તરીકે વર્તે છે, જેમાં H_3O^+ અને NO_3^- આયનો હાજર હોય છે.

$$HNO_3(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

- સાંદ્ર નાઇટ્રિક ઍસિડ પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા છે. તે સોનું, પ્લેટિનમ જેવી ઉમદા ધાતુઓ સિવાયની અન્ય ધાતુઓ સાથે ત્વરિત પ્રક્રિયા કરે છે. Cr, Al જેવી ધાતુઓ સાંદ્ર નાઇટ્રિક ઍસિડમાં દ્રાવ્ય થતી નથી. કારણ કે પ્રક્રિયા દરમિયાન આ ધાતુઓ પર નિષ્ક્રિય ઑક્સાઇડ પડ રચાય છે. સામાન્ય રીતે ધાતુઓની નાઇટ્રિક ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયાથી ધાતુના નાઇટ્રેટ ક્ષાર બને છે. જો આ પ્રક્રિયામાં મંદ નાઇટ્રિક ઍસિડનો ઉપયોગ કરવામાં આવે, તો NO કે N_2O અને સાંદ્ર નાઇટ્રિક ઍસિડનો ઉપયોગ કરવામાં વાપરવામાં આવે તો NO_2 વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

$$4Cu(s) + 10HNO_3(\text{મંદ}, aq) \rightarrow 4Cu(NO_3)_2(aq) + N_2O(g) + 5H_2O(l)$$

$$3Cu(s) + 8HNO_3(10\text{-}30\ \%, aq) \rightarrow 3Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO(g) + 4H_2O(l)$$

$$Cu(s) + 4HNO_3(\text{સાંદ્ર}, aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

$$Zn(s) + 4HNO_3(\text{સાંદ્ર}, aq) \rightarrow Zn(NO_3)_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

- અધાતુ તત્ત્વોનાં સંયોજનોનું ઑક્સિડેશન સાંદ્ર HNO_3 વડે થાય છે.

$$I_2(s) + 10HNO_3(l) \rightarrow \underset{\text{આયોડિક ઍસિડ}}{2HIO_3(aq)} + 10NO_2(g) + 4H_2O(l)$$

$$C(s) + 4HNO_3(l) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) + 4NO_2(g)$$

$$S_8(s) + 48HNO_3(l) \rightarrow 8H_2SO_4(aq) + 48NO_2(g) + 16H_2O(l)$$

$$P_4(s) + 20HNO_3(l) \rightarrow 4H_3PO_4(aq) + 20NO_2(g) + 4H_2O(l)$$

- નાઇટ્રિક ઍસિડનું જલીય દ્રાવણ વીંટી કસોટી દર્શાવે છે. આ વીંટી કસોટી NO_3^- આયન ધરાવતું જલીય દ્રાવણ આપતું હોવાથી, HNO_3નું જલીય દ્રાવણ પણ આ કસોટી આપે છે.

વીંટી કસોટી : NO_3^- આયન ધરાવતા જલીય દ્રાવણમાં ફેરસ સલ્ફેટનું તાજું બનાવેલું દ્રાવણ ઉમેરવામાં આવે છે. ત્યાર બાદ ટેસ્ટટ્યૂબની અંદરની દીવાલ મારફતે સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડને તૈયાર થયેલા મિશ્રણમાં ધીમે ધીમે ઉમેરવામાં આવે છે (જરૂર પડે મિશ્રણને ઠંડું પાડવામાં આવે છે). **મિશ્ર દ્રાવણ અને સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની સપાટી જે સ્થાને ભેગા થાય ત્યાં કથ્થાઈ રંગની વીંટી (ring) નાઇટ્રોસો સંકીર્ણને કારણે જોવા મળે છે.** પ્રયોગશાળામાં અકાર્બનિક પદાર્થના ગુણદર્શક પૃથક્કરણ દરમિયાન NO_3^- આયનની હાજરી જાણવા આ વીંટી કસોટી કરવામાં આવે છે.

$$NO_3^-(aq) + 3Fe^{2+}(aq) + 4H^+(aq) \rightarrow NO(g) + 3Fe^{3+}(aq) + 2H_2O(l)$$

$$[Fe(H_2O)_6]^{3+}(aq) + NO(g) \rightarrow \underset{\text{(કથ્થાઈ)}}{[Fe(H_2O)_5(NO)]^{3+}(aq)} + H_2O(l)$$

(iii) ઉપયોગો :

- નાઇટ્રિક ઍસિડનો મુખ્ય ઉપયોગ એમોનિયમ નાઇટ્રેટ જેવા ખાતર તથા ટ્રાયનાઇટ્રો ટૉલ્યુઇન અને નાઇટ્રોગ્લિસરીન જેવા વિસ્ફોટક પદાર્થોની બનાવટમાં થાય છે.
- તે રૉકેટ બળતણમાં ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે પણ ઉપયોગી છે.

(3) નાઈટ્રોજનના ઑક્સાઈડ :

નાઈટ્રોજન ઑક્સાઈડ સંયોજનોની બનાવટ, બંધારણ અને ગુણધર્મો : નાઈટ્રોજન વિવિધ ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં ઘણાં ઑક્સાઈડ સંયોજનો બનાવે છે. નાઈટ્રોજન ઑક્સાઈડ સંયોજનોનાં નામ, આણ્વિયસૂત્ર, નાઈટ્રોજન તત્ત્વની ઑક્સિડેશન અવસ્થા, બનાવટ અને સામાન્ય ગુણધર્મો કોષ્ટક 5.4માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 5.4 નાઈટ્રોજનના ઑક્સાઈડ

નાઈટ્રોજનના ઑક્સાઈડનું નામ	આણ્વિય સૂત્ર	નાઈટ્રોજન તત્ત્વની ઑક્સિડેશન અવસ્થા	બનાવટની સામાન્ય પદ્ધતિ	ભૌતિક સ્થિતિ અને રાસાયણિક સ્વભાવ
ડાયનાઈટ્રોજન ઑક્સાઈડ [નાઈટ્રોજન(I)ઑક્સાઈડ]	N_2O	+ 1	$NH_4NO_3 \xrightarrow{\Delta} N_2O + 2H_2O$	રંગવિહીન વાયુ, તટસ્થ
નાઈટ્રોજન મૉનોક્સાઈડ [નાઈટ્રોજન(II)ઑક્સાઈડ]	NO	+ 2	$2NaNO_2 + 2FeSO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + NaHSO_4 + 2H_2O + 2NO$	રંગવિહીન વાયુ, તટસ્થ
ડાયનાઈટ્રોજન ટ્રાયૉક્સાઈડ [નાઈટ્રોજન(III)ઑક્સાઈડ]	N_2O_3	+ 3	$2NO + N_2O_4 \xrightarrow{250\ K} 2N_2O_3$	વાદળી રંગનો ઘન પદાર્થ, ઍસિડિક
નાઈટ્રોજન ડાયૉક્સાઈડ [નાઈટ્રોજન(IV)ઑક્સાઈડ]	NO_2	+ 4	$2Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{673\ K} 4NO_2 + 2PbO$	બદામી રંગનો વાયુ, ઍસિડિક
ડાયનાઈટ્રોજન ટેટ્રૉક્સાઈડ [નાઈટ્રોજન(IV)ઑક્સાઈડ]	N_2O_4	+ 4	$2NO_2 \underset{\text{ગરમ કરતાં}}{\overset{\text{ઠંડુ પાડતાં}}{\rightleftharpoons}} N_2O_4$	રંગવિહીન ઘન / પ્રવાહી, ઍસિડિક
ડાયનાઈટ્રોજન પેન્ટૉક્સાઈડ [નાઈટ્રોજન(V)ઑક્સાઈડ]	N_2O_5	+ 5	$4HNO_3 + P_4O_{10} \rightarrow 4HPO_3 + 2N_2O_5$	રંગવિહીન ઘન પદાર્થ, ઍસિડિક

નાઈટ્રિક ઑક્સાઈડ (NO)માં એક અયુગ્મિત ઈલેક્ટ્રૉનની હાજરીને કારણે પ્રવાહી સ્થિતિમાં તે આંશિક બહુલીકરણ પામે છે અને ઘન અવસ્થામાં દ્વિપરમાણ્વિય અણુ તરીકે વર્તે છે. નાઈટ્રિક ઑક્સાઈડ, ઑક્સિજન સાથે સંયોજાઈ નાઈટ્રોજન ડાયૉક્સાઈડ બનાવે છે.

$$2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$$

વાયુ અવસ્થામાં નાઈટ્રોજન ડાયૉક્સાઈડ દ્વિપરમાણ્વિય રચના ધરાવતું સંયોજન બનાવે છે, જે નીચે મુજબ સંતુલિત સ્થિતિ પ્રાપ્ત કરી N_2O_4 બનાવે છે.

$$\underset{\text{બદામી - અનુચુંબકીય}}{2NO_2(g)} \rightleftharpoons \underset{\text{રંગવિહીન - પ્રતિચુંબકીય}}{N_2O_4(g)} \text{ (ડાયનાઈટ્રોજન ટેટ્રૉક્સાઈડ)}$$

નાઈટ્રોજનના ઑક્સાઈડ, પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી નાઈટ્રોજનના ઑક્સોઍસિડ સંયોજનો બનાવે છે.

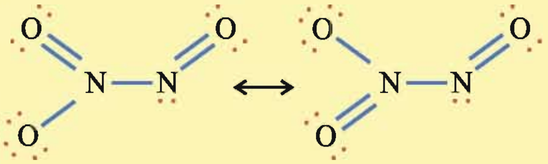
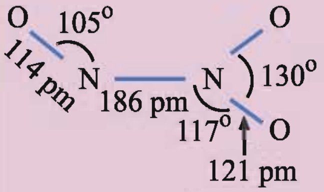
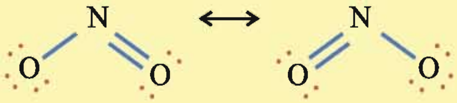
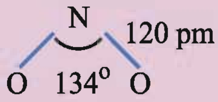
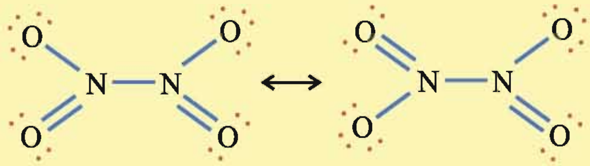
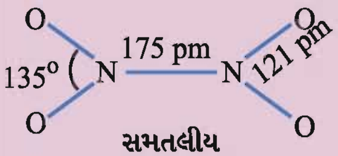
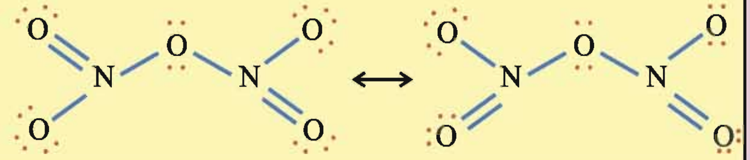
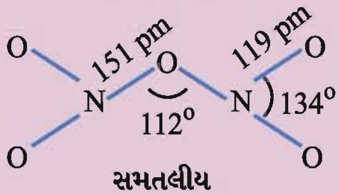
$$2NO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow HNO_2(aq) + HNO_3(aq)$$

$$N_2O_3(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons 2HNO_2(aq)$$

$$N_2O_5(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons 2HNO_3(aq)$$

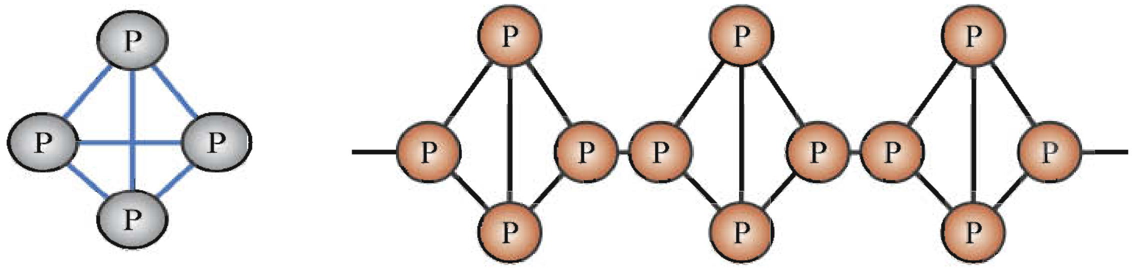
આથી જ N_2O_3 અને N_2O_5ને અનુક્રમે HNO_2 અને HNO_3 ના એનહાઇડ્રાઇડ કહે છે. કોષ્ટક 5.5માં નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડનાં સસ્પંદન સૂત્રો તથા તેમના બંધ વિશેની માહિતી રજૂ કરેલી છે.

કોષ્ટક 5.5 નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડનાં સસ્પંદન સૂત્રો

આણ્વિય સૂત્ર	સસ્પંદન સૂત્રો	બંધ અંગેની વિગત
N_2O	:N=N=O: ↔ :N≡N-O:	N – N – O 113 pm 119 pm રેખીય
NO	:N=O: ↔ :N=O:	N – O 115 pm
N_2O_3		 સમતલીય
NO_2		 કોણીય
N_2O_4		 સમતલીય
N_2O_5		 સમતલીય

5.4 ફૉસ્ફરસ (Phosphorus)

5.4.1 ફૉસ્ફરસનાં અપરરૂપો (Allotropes of Phosphorus) : ફૉસ્ફરસના જાણીતા અપરરૂપોમાં સફેદ (પીળો), રાતા અને કાળા ફૉસ્ફરસનો સમાવેશ થાય છે. ઔદ્યોગિક સંશ્લેષણથી બનાવાતો સફેદ ફૉસ્ફરસ ઝેરી, મીણ જેવો સફેદ ઘન પદાર્થ છે. જેમાં વિભિન્ન ચતુષ્ફલકીય P_4 અણુઓ હોય છે. રાતો ફૉસ્ફરસ બિનઝેરી છે તથા તે બહુલક સ્વરૂપમાં હોય છે. ફૉસ્ફરસનાં અપરરૂપોને આકૃતિ 5.1માં દર્શાવેલ છે.



(a) સફેદ (પીળો) ફૉસ્ફરસ (b) રાતો ફૉસ્ફરસ

આકૃતિ 5.1 ફૉસ્ફરસનાં અપરરૂપો

સફેદ ફૉસ્ફરસ પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે. પરંતુ કાર્બન ડાયસલ્ફાઇડ (CS_2) જેવા દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય છે. તે અંધારામાં ચળકે છે. નિષ્ક્રિય વાતાવરણમાં સફેદ ફૉસ્ફરસ ઉકળતા NaOHના દ્રાવણ સાથે રેડોક્ષ-પ્રક્રિયા કરી ફૉસ્ફીન (PH_3) બનાવે છે.

$$P_4(s) + 3NaOH(aq) + 3H_2O(l) \longrightarrow PH_3(g) + 3NaH_2PO_2(aq)$$
(સોડિયમ હાઇપો ફૉસ્ફાઇટ)

સફેદ ફૉસ્ફરસનું ગલનબિંદુ 317 K છે. તે અતિક્રિયાશીલ છે તથા હવામાં ખૂલ્લો રાખતા સળગી ઊઠે છે. આથી તેનો પાણીમાં સંગ્રહ કરવામાં આવે છે. સફેદ ફૉસ્ફરસને હવાની ગેરહાજરીમાં 573 K તાપમાને ગરમ કરવાથી તે વધુ સ્થાયી રાતા સ્વરૂપમાં ફેરવાય છે. રાતા ફૉસ્ફરસનું ગલનબિંદુ 873 K છે. સફેદ ફૉસ્ફરસની સરખામણીમાં તે CS_2 જેવા દ્રાવકમાં ઓછો દ્રાવ્ય અને ઓછો ક્રિયાશીલ છે. તેથી તે હવાના સંપર્કમાં સળગી ઊઠતો નથી. સફેદ ફૉસ્ફરસની વધુ ક્રિયાશીલતા તેનાં અસાધારણ બંધારણને લીધે છે. જેના કારણે P_4 અણુમાં તણાવ ઉત્પન્ન થાય છે. તેથી P_4ની ભૌમિતિક રચનામાં બંધકોણ 60^0 જેટલો હોય છે. જેના કારણે p-કક્ષકો સાથે શીર્ષ રીત મુજબ જોડાયેલી હોતી નથી. આથી p–p બંધ વળેલો હોય છે. જેથી આ બંધ નબળો અને ક્રિયાશીલ બને છે. પરિણામે સફેદ ફૉસ્ફરસ હવાના સંપર્કમાં આવતા તરત જ સળગી ઊઠે છે.

કાળા ફૉસ્ફરસનાં બે રૂપો જોવા મળે છે, α–કાળો ફૉસ્ફરસ અને β–કાળો ફૉસ્ફરસ. રાતા ફૉસ્ફરસને બંધ નળીમાં 803 K તાપમાને ગરમ કરવાથી α–કાળો ફૉસ્ફરસ મળે છે. β–કાળો ફૉસ્ફરસ મેળવવા માટે સફેદ ફૉસ્ફરસને ઊંચા દબાણે 473 K તાપમાને ગરમ કરવામાં આવે છે.

5.4.2 ફૉસ્ફરસનાં સંયોજનો (Compounds of Phosphorus) :

(1) ફૉસ્ફીન (PH_3) :

(i) બનાવટ : કેલ્શિયમ ફૉસ્ફાઇડની પાણી અથવા મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરતાં ફૉસ્ફીન મળે છે.

$$Ca_3P_2(s) + 6H_2O(l) \longrightarrow 3Ca(OH)_2(aq) + 2PH_3(g)$$

$$Ca_3P_2(s) + 6HCl(aq) \longrightarrow 3CaCl_2(aq) + 2PH_3(g)$$

પ્રયોગશાળામાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના નિષ્ક્રિય વાતાવરણમાં સફેદ ફૉસ્ફરસની સાંદ્ર NaOH સાથે પ્રક્રિયા કરી ફૉસ્ફીન બનાવાય છે.

$$P_4(s) + 3NaOH(aq) + 3H_2O(l) \longrightarrow PH_3(g) + 3NaH_2PO_2(aq)$$
સોડિયમ હાઈપોફૉસ્ફાઇટ

(ii) ગુણધર્મો :

(A) ભૌતિક ગુણધર્મો :

- ફૉસ્ફીન રંગવિહીન, સડેલી માછલી જેવી દુર્ગંધવાળો, અતિઝેરી વાયુ છે.
- તે પાણીમાં અલ્પદ્રાવ્ય છે.

(B) રાસાયણિક ગુણધર્મો :

- ફૉસ્ફીન HNO_3, Cl_2 અને Br_2 જેવા ઑક્સિડેશનકર્તા પદાર્થોના સંપર્કમાં આવે ત્યારે ધડાકો કરે છે.
- ફૉસ્ફીનને કૉપર સલ્ફેટ અથવા મરક્યુરિક ક્લોરાઇડના જલીય દ્રાવણમાં શોષવામાં આવે, તો તેને અનુરૂપ ફૉસ્ફાઇડ બને છે.

$$3CuSO_4(aq) + 2PH_3(g) \longrightarrow Cu_3P_2(g) + 3H_2SO_4(aq)$$

$$3HgCl_2(aq) + 2PH_3(g) \longrightarrow Hg_3P_2(g) + 6HCl(aq)$$

- ફૉસ્ફીન નિર્બળ બેઇઝ છે. તે HBr સાથે પ્રક્રિયા કરી ફૉસ્ફોનિયમ બ્રોમાઇડ (PH_4Br) આપે છે.

$$PH_3(g) + HBr(g) \longrightarrow PH_4Br(g)$$

(iii) ઉપયોગો :

- ફૉસ્ફીનના સ્વયંભૂ દહન થવાના ગુણધર્મને કારણે તેનો ઉપયોગ હોલ્મ્સ સિગ્નલ (Holme's Signals)માં થાય છે. કૅલ્શિયમ કાર્બાઇડ અને કૅલ્શિયમ ફૉસ્ફાઇડ ધરાવતા પાત્રમાં કાણું પાડીને દરિયામાં ફેંકતા ઉત્પન્ન થતો વાયુ સળગે છે, જે સિગ્નલનું કાર્ય કરે છે.
- તેનો ઉપયોગ ધૂમ્રપડદા (smoke screen) બનાવવામાં પણ થાય છે.

(2) ફૉસ્ફરસ ટ્રાયક્લોરાઇડ (PCl_3) :

(i) બનાવટ : સફેદ ફૉસ્ફરસ પર સૂકા (dry) ક્લોરિન વાયુને ઊંચા તાપમાને પસાર કરતાં ફૉસ્ફરસ ટ્રાયક્લોરાઇડ મળે છે.

$$P_4(s) + 6Cl_2(g) \xrightarrow{\Delta} 4PCl_3(l)$$

સફેદ ફૉસ્ફરસની થાયોનિલ ક્લોરાઇડ ($SOCl_2$) સાથેની પ્રક્રિયાથી પણ ફૉસ્ફરસ ટ્રાયક્લોરાઇડ મળે છે.

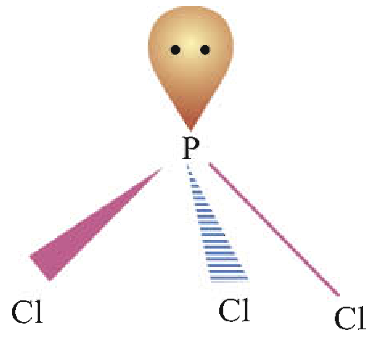
$$P_4(s) + 8SOCl_2(l) \rightarrow 4PCl_3(l) + 4SO_2(g) + \underset{\text{સલ્ફર ક્લોરાઇડ}}{2S_2Cl_2(g)}$$

(ii) ગુણધર્મો :

(A) ભૌતિક ગુણધર્મો :

- ફૉસ્ફરસ ટ્રાયક્લોરાઇડ રંગવિહીન, ધુમાયમાન પ્રવાહી (fuming liquid) છે.
- તેનું ઉત્કલનબિંદુ 349 K છે.
- તે બેન્ઝિન, ક્લોરોફૉર્મ, ઈથર, કાર્બન ડાયસલ્ફાઇડ જેવાં દ્રાવકોમાં દ્રાવ્ય થાય છે.
- તેનો આકાર પિરામિડલ છે.

(B) રાસાયણિક ગુણધર્મો :



ફૉસ્ફરસ ટ્રાયક્લોરાઇડ

- ફૉસ્ફરસ ટ્રાયક્લોરાઇડ હવા કે પાણીના સંપર્કમાં આવતાં ધુમાડો ઉત્પન્ન કરે છે. કારણ કે PCl_3માં રહેલા P–Cl બંધનું વિઘટન થઈ પરિણામી નીપજ ફૉસ્ફરસ ઍસિડ (H_3PO_3)માં પરિવર્તન પામે છે.

$$PCl_3(l) + 3H_2O(l) \longrightarrow H_3PO_3(aq) + 3HCl(aq)$$

- તે –OH ધરાવતા સમૂહવાળાં કાર્બનિક સંયોજનો જેવા કે CH_3COOH, C_2H_5OH સાથે નીચે મુજબ પ્રક્રિયા કરે છે :

$$3CH_3COOH(l) + PCl_3(l) \longrightarrow 3CH_3COCl(l) + H_3PO_3(l)$$

$$3C_2H_5OH(l) + PCl_3(l) \longrightarrow 3C_2H_5Cl(l) + H_3PO_3(l)$$

(3) ફૉસ્ફરસ પેન્ટાક્લોરાઇડ (PCl_5) :

(i) બનાવટ : સફેદ ફૉસ્ફરસની સૂકા ક્લોરિન વાયુ સાથે વધુ પ્રમાણમાં પ્રક્રિયા કરતાં ફૉસ્ફરસ પેન્ટાક્લોરાઇડ મળે છે.

$$P_4(s) + 10Cl_2(g) \longrightarrow 4PCl_5(s)$$

સફેદ ફૉસ્ફરસની સલ્ફ્યુરાઇલ ક્લોરાઇડ (SO_2Cl_2) સાથેની પ્રક્રિયાથી પણ ફૉસ્ફરસ પેન્ટાક્લોરાઇડ મળે છે.

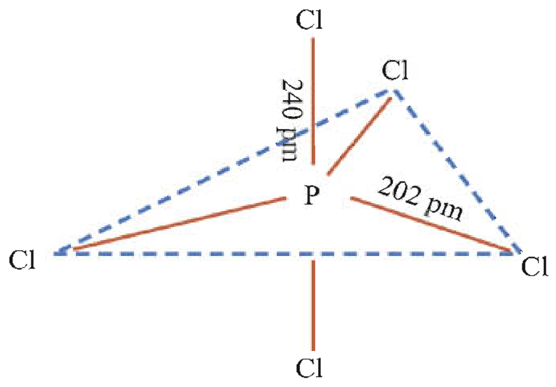
$$P_4(s) + 10SO_2Cl_2(l) \longrightarrow 4PCl_5(s) + 10SO_2(g)$$

(ii) ગુણધર્મો :

(A) ભૌતિક ગુણધર્મો :

- ફૉસ્ફરસ પેન્ટાક્લોરાઇડ પીળાશપડતો સફેદ રંગનો ઘન પદાર્થ છે.
- તેનું ગલનબિંદુ 440 K છે.
- પ્રવાહી અને વાયુમય સ્થિતિમાં PCl_5 ટ્રાયગોનલ બાયપિરામિડ આકાર ધરાવે છે.

(B) રાસાયણિક ગુણધર્મો :



પ્રવાહી કે વાયુમય ફૉસ્ફરસ પેન્ટાક્લોરાઇડનું બંધારણ

- ફૉસ્ફરસ પેન્ટાક્લોરાઇડ હવામાંના ભેજ સાથે જળવિભાજન પ્રક્રિયા કરી ફૉસ્ફરસ ઑક્સિક્લોરાઇડમાં રૂપાંતર થાય છે અને છેવટે ફૉસ્ફોરિક ઍસિડ બને છે.

$$PCl_5(s) + H_2O(g) \longrightarrow POCl_3(l) + 2HCl(g)$$

$$POCl_3(l) + 3H_2O(g) \longrightarrow H_3PO_4(aq) + 3HCl(aq)$$

- ફૉસ્ફરસ પેન્ટાક્લોરાઇડને ગરમ કરતાં તે ઊર્ધ્વપાતન પામે છે જ્યારે વધુ ગરમ કરતાં તે વિઘટન પામે છે.

$$PCl_5(s) \xrightarrow{\Delta} PCl_3(l) + Cl_2(g)$$

- તે –OH સમૂહ ધરાવતાં સમૂહવાળાં કાર્બનિક સંયોજનો સાથે પ્રક્રિયા કરી તેના ક્લોરો વ્યુત્પન્નો આપે છે.

$$CH_3COOH(l) + PCl_5(s) \longrightarrow CH_3COCl(l) + POCl_3(l) + HCl(l)$$

$$C_2H_5OH(l) + PCl_5(l) \longrightarrow C_2H_5Cl(l) + POCl_3(l) + HCl(l)$$

- ધાતુના ટુકડા સાથે PCl_5ને ગરમ કરતાં અનુવર્તી ધાતુ ક્લોરાઇડ બને છે.

$$2Ag(s) + PCl_5(s) \xrightarrow{\Delta} 2AgCl(s) + PCl_3(l)$$

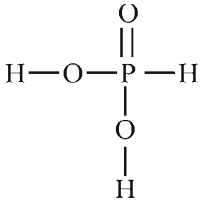
$$Sn(s) + 2PCl_5(s) \xrightarrow{\Delta} SnCl_4(s) + 2PCl_3(l)$$

(4) ફૉસ્ફરસનાં ઑક્સોઍસિડ : ફૉસ્ફરસના વિવિધ ઑક્સોઍસિડ ફૉસ્ફરસના ઑક્સાઇડની પાણી સાથેની પ્રક્રિયાથી મેળવાય છે.

$P_4O_6(s) + 6H_2O(l) \longrightarrow 4H_3PO_3(aq)$ ઑર્થોફૉસ્ફરસ ઍસિડ

$P_4O_{10}(s) + 6H_2O(l) \longrightarrow 4H_3PO_4(aq)$ ઑર્થોફૉસ્ફોરિક ઍસિડ

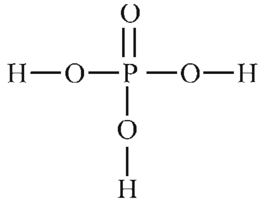
ઑર્થોફૉસ્ફરસ ઍસિડ (H_3PO_3) નિર્બળ ડાયપ્રોટિક ઍસિડ છે, કારણ કે તેના ત્રણ હાઇડ્રોજન પરમાણુમાંથી બે જ હાઇડ્રોજન પરમાણુ ઑક્સિજન પરમાણુ સાથે જોડાયેલા છે. ફૉસ્ફરસ સાથે સીધા જ જોડાયેલા હાઇડ્રોજન પરમાણુ ઍસિડિક નથી, કારણ કે P તથા H બંનેની વિદ્યુતઋણતા એકસરખી હોવાથી P–H બંધ અધ્રુવીય છે. ઑર્થોફૉસ્ફોરિક ઍસિડમાં ત્રણેય હાઇડ્રોજન પરમાણુ ઑક્સિજન પરમાણુ સાથે જોડાયેલા હોવાથી તે નિર્બળ ટ્રાઇપ્રોટિક ઍસિડ છે. આ બંને અણુમાં ફૉસ્ફરસ પરમાણુની આસપાસ અન્ય પરમાણુઓ સમચતુષ્ફલકીય આકારમાં ગોઠવાયેલા હોય છે. ઉપરાંત બંને અણુમાં ક્રમિક વિયોજન અચળાંક (successive dissociation constant) લગભગ 10^5ના ગુણકથી ઘટતો જાય છે.



ઑર્થોફૉસ્ફરસ ઍસિડ H_3PO_3

$Ka_1 = 1.0 \times 10^{-2}$

$Ka_2 = 2.6 \times 10^{-7}$



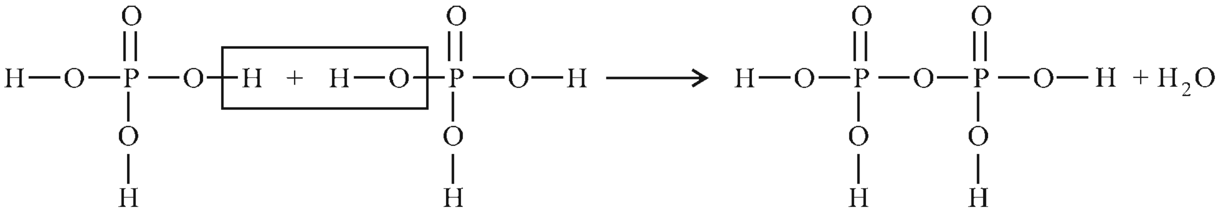
ઑર્થોફૉસ્ફોરિક ઍસિડ H_3PO_4

$Ka_1 = 7.5 \times 10^{-3}$

$Ka_2 = 6.2 \times 10^{-8}$

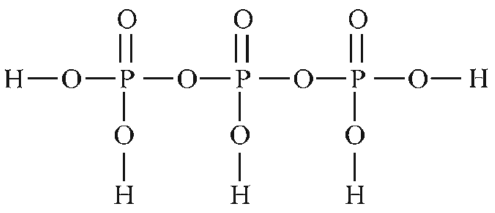
$Ka_3 = 4.8 \times 10^{-13}$

ડાયફૉસ્ફોરિક ઍસિડ ($H_4P_2O_7$)ને પાયરોફૉસ્ફોરિક ઍસિડ પણ કહે છે, જે બે H_3PO_4ના સંયોજન દરમિયાન પાણીનો એક અણુ દૂર થવાથી મળે છે.

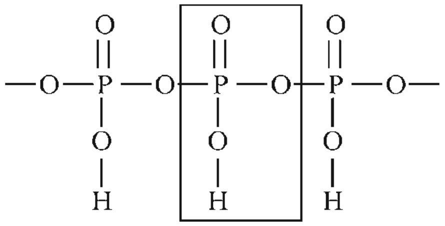


પાયરોફૉસ્ફોરિક ઍસિડ

ટ્રાયમેટાફૉસ્ફોરિક ઍસિડ $H_5P_3O_{10}$માં HPO_3 એકમ ત્રણ વખત પુનરાવર્તિત થાય છે. $(HPO_3)_n$ને પોલિમેટા ફૉસ્ફોરિક ઍસિડ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

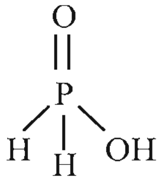


ટ્રાયમેટાફૉસ્ફોરિક ઍસિડ $H_5P_3O_{10}$



પોલિમેટાફૉસ્ફોરિક ઍસિડ HPO_3
એકમ પુનરાવર્તિત થાય છે

આ બધાં જ ઍસિડમાં ફૉસ્ફરસનો ઑક્સિડેશન આંક +5 છે. હાઈપોફૉસ્ફરસ ઍસિડને ફૉસ્ફોનિક ઍસિડ પણ કહે છે. તેનું સૂત્ર H_3PO_2 છે અને ફૉસ્ફરસનો ઑક્સિડેશનઆંક +1 છે.



H_3PO_2નું બંધારણીય સૂત્ર

5.5 સમૂહ-16નાં તત્ત્વો (Elements of Group-16)

સમૂહ-16માં ઑક્સિજન, સલ્ફર, સેલેનિયમ, ટેલુરિયમ અને પોલોનિયમ તત્ત્વોનો સમાવેશ થાય છે. આ તત્ત્વોને **ઑક્સિજન સમૂહનાં** તત્ત્વો અથવા **ચાલ્કોજન** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. આ સમૂહનાં તત્ત્વોના અગત્યના પરમાણ્વિય અને ભૌતિક ગુણધર્મો કોષ્ટક 5.6માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 5.6 સમૂહ-16નાં તત્ત્વોના પરમાણ્વિય અને ભૌતિક ગુણધર્મો

ગુણધર્મો	O	S	Se	Te	Po
પરમાણ્વિય-ક્રમાંક	8	16	34	52	84
પરમાણ્વિય દળ (ગ્રામ મોલ$^{-1}$)	16.00	32.06	78.96	127.60	210.00
ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના	$[He]2s^22p^4$	$[Ne]3s^23p^4$	$[Ar]3d^{10}4s^24p^4$	$[Kr]4d^{10}5s^25p^4$	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^4$
આયનીકરણ એન્થાલ્પી (Δ_iH_1) (કિલો જૂલ મોલ$^{-1}$)	1314	1000	941	869	813
વિદ્યુતઋણતા	3.50	2.44	2.48	2.01	1.76
સહસંયોજક ત્રિજ્યા (pm)	66	104	117	137	146
આયનીય ત્રિજ્યા (pm)	140	184	198	221	230
ગલનબિંદુ (K)	55	393	490	725	520
ઉત્કલનબિંદુ (K)	90	718	958	1260	1235
ઘનતા (ગ્રામ સેમી$^{-3}$) (298 K)	1.32	2.06	4.19	6.25	–

5.5.1 ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના, પ્રાપ્તિસ્થાન, ઑક્સિડેશન અવસ્થા (Electronic Configuration, Occurrence, Oxidation State) :

ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના : સમૂહ-16નાં તત્ત્વોની સંયોજકતા કક્ષાની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના ns^2np^4 છે.

પ્રાપ્તિસ્થાન : ઑક્સિજન પૃથ્વી પર સૌથી વધુ પ્રમાણમાં મળી આવતું તત્ત્વ છે. પૃથ્વીના પોપડાના દળના 46.6 % જેટલું ઑક્સિજન તત્ત્વ અસ્તિત્વ ધરાવે છે. સૂકી હવામાં કદથી 20.946 % જેટલું ઑક્સિજન તત્ત્વ હાજર છે. પૃથ્વીના પોપડામાં તેના દળના 0.03-0.1% જેટલા સલ્ફર રહેલો હોય છે. તે સંયોજિત સ્વરૂપે એટલે કે સલ્ફેટ સંયોજનો જેવા કે જિપ્સમ ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), ઇપ્સમ સૉલ્ટ ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), બેરાઇટ ($BaSO_4$) અને સલ્ફાઇડ સંયોજનો જેવા કે ગેલિના (PbS), ઝિંકબ્લૅન્ડ (ZnS), કૉપર પાઇરાઇટ્સ ($CuFeS_2$) સ્વરૂપે મળે છે. ઈંડાં, પ્રોટીન, લસણ, ડુંગળી, વાળ અને ઊનમાં રહેલા કાર્બનિક પદાર્થોમાં સલ્ફર રહેલો હોય છે. સેલેનિયમ અને ટેલુરિયમ, સેલેનાઇડ અને ટેલુરાઇડ સંયોજનો તરીકે મળી આવે છે. થોરિયમ અને યુરેનિયમના ખનિજના ક્ષય (decay) થવાથી પોલોનિયમ મળે છે.

ઑક્સિડેશન અવસ્થા : સમૂહ-16નાં તત્ત્વોની સંયોજકતા કક્ષામાં 6 ઇલેક્ટ્રૉન છે, એટલે કે અષ્ટકરચના પૂર્ણ કરવા બે ઇલેક્ટ્રૉન ઓછા છે. આથી આવાં તત્ત્વોની ઑક્સિડેશન અવસ્થા –2 છે. આ તત્ત્વોના (–2) ઑક્સિડેશન અવસ્થાની સ્થાયીતા સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં ઘટે છે. પોલોનિયમ (–2) ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવતું નથી. ઑક્સિજન તત્ત્વની વિદ્યુતઋણતા વધુ હોવાથી તે (–2) ઑક્સિડેશન અવસ્થા ધરાવે છે પણ OF_2માં તેની ઑક્સિડેશન અવસ્થા (+2) છે. આ સમૂહનાં તત્ત્વો +2, +4, +6 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે. સલ્ફર, સેલેનિયમ અને ટેલુરિયમ સામાન્ય રીતે ઑક્સિજન સાથેનાં સંયોજનોમાં +4 ઑક્સિડેશન અવસ્થા અને ફ્લોરિન સાથેનાં સંયોજનોમાં +6 ઑક્સિડેશન અવસ્થા ધરાવે છે. સમૂહ-16માં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં +6 ઑક્સિડેશન અવસ્થાની સ્થાયીતા ઘટે છે અને +4 ઑક્સિડેશન અવસ્થાની સ્થાયીતા વધે છે. સમૂહ-16નાં તત્ત્વોની ઑક્સિડેશન અવસ્થા કોષ્ટક 5.7માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 5.7 સમૂહ-16નાં તત્ત્વોની ઑક્સિડેશન અવસ્થા

તત્ત્વો	O	S	Se	Te	Po
ઑક્સિડેશન અવસ્થા	–2, –1, +1, +2	–2, +2, +4, +6	–2, +2, +4, +6	–2, +2, +4, +6	+2, +4

5.5.2 ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા (Periodicity in Physical and Chemical Properties) :

(1) ભૌતિક ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા : કોષ્ટક 5.6ના આધારે કહી શકાય કે સમૂહ-16નાં તત્ત્વોમાં પરમાણ્વિય-ક્રમાંકના વધારા સાથે પરમાણ્વિય કદ વધવાનું, આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી ઘટવાનું તથા વિદ્યુતઋણતા ઘટવાનું સામાન્ય વલણ જોવા મળે છે. તેથી પરમાણ્વિય-ક્રમાંકના વધારા સાથે ધાત્વિક ગુણ પણ વધે છે.

(i) પરમાણ્વિય અને આયનીય ત્રિજ્યા : સમૂહ-16માં ઉપરથી નીચે તરફ જઈએ તેમ તત્ત્વોમાં કક્ષાની સંખ્યામાં વધારો થવાથી પરમાણ્વિય અને આયનીય ત્રિજ્યા વધે છે. અપવાદ તરીકે ઑક્સિજન તત્ત્વની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા અને આયનીય ત્રિજ્યા સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વોની સરખામણીમાં ઓછી છે. (કોષ્ટક 5.6)

(ii) આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી : સમૂહ-16માં નીચે તરફ જઈએ તેમ પરમાણ્વિય કદ વધવાની સાથે આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઘટે છે. આ સમૂહનાં તત્ત્વોની આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય, સમૂહ-15ના અનુવર્તી આવર્તનાં તત્ત્વોની સરખામણીમાં ઓછું હોય છે. કારણ કે સમૂહ-15નાં તત્ત્વો અર્ધપૂર્ણ ભરાયેલ p કક્ષકોને કારણે વિશિષ્ટ સ્થાયીતા ધરાવે છે. (કોષ્ટક 5.6)

(iii) વિદ્યુતઋણતા : બધાં તત્ત્વોમાં ફ્લોરિન તત્ત્વ પછી ઑક્સિજન તત્ત્વની વિદ્યુતઋણતા સૌથી વધુ છે. સામાન્ય રીતે સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં પરમાણ્વિય-ક્રમાંક વધવાની સાથે પરમાણ્વિય કદ વધે છે. તેથી વિદ્યુતઋણતા ઘટે છે (કોષ્ટક 5.6).

(2) રાસાયણિક ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા :

(i) હાઇડ્રોજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા : સમૂહ-16નાં બધાં તત્ત્વો હાઇડ્રોજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા કરી H_2M (જ્યાં M = S, Se, Te, Po) પ્રકારના હાઇડ્રાઇડ બનાવે છે. સમૂહમાં H_2Oથી H_2Te તરફ જતાં હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોનો ઍસિડિક ગુણધર્મ વધતો જાય છે. કારણ કે સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં M–H બંધની વિયોજન ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઘટતું જાય છે.

(ii) ઑક્સિજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા : સમૂહ-16નાં બધાં તત્ત્વો ઑક્સિજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા કરી MO_2 અને MO_3 પ્રકારના ઑક્સાઇડ બનાવે છે (જ્યાં M = S, Se, Te, Po). ઓઝોન (O_3) અને સલ્ફરડાયૉક્સાઇડ (SO_2) વાયુસ્વરૂપે અને સેલેનિયમ ડાયૉક્સાઇડ (SeO_2) ઘન સ્વરૂપે હોય છે. આ ડાયૉક્સાઇડ સંયોજનોનો રિડક્શનકર્તા તરીકેનો ગુણધર્મ SO_2થી TeO_2 તરફ જતાં ઘટે છે. SO_2 રિડક્શનકર્તા છે; જ્યારે TeO_2 ઑક્સિડેશનકર્તા છે. આ બધા ઑક્સાઇડ ઍસિડિક સ્વભાવ ધરાવે છે.

(iii) હેલોજન તત્ત્વો સાથે પ્રક્રિયા : સમૂહ-16નાં તત્ત્વો હેલોજન સાથે પ્રક્રિયા કરી MX_6, MX_4 અને MX_2 પ્રકારનાં હેલાઇડ સંયોજનો બનાવે છે (જ્યાં M = સમૂહ-16નાં તત્ત્વો, X = હેલોજન તત્ત્વ). હેલાઇડ સંયોજનોની સ્થાયીતાનો ક્રમ $F^- > Cl^- > Br^- > I^-$ છે. હેક્ઝાહેલાઇડ સંયોજનો પૈકી માત્ર હેક્ઝાફ્લોરાઇડ સંયોજનો સ્થાયી માલૂમ પડ્યા છે.

5.6 ઑક્સિજન (Oxygen)

5.6.1 ડાયઑક્સિજન વાયુની બનાવટ, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો (Preparation, Properties and Uses of Dioxygen Gas) :

(1) ડાયઑક્સિજન વાયુની બનાવટ : પ્રયોગશાળામાં ડાયઑક્સિજન (O_2) વાયુ નીચેની રીતે બનાવાય છે :

(i) $KClO_3$ અને $KMnO_4$ જેવા ઑક્સિજનયુક્ત સંયોજનો ઉષ્મીય વિઘટન અથવા ઍસિડમય પાણીના વિદ્યુતવિભાજનથી મેળવાય છે.

$$2KClO_3(s) \xrightarrow[\text{[MnO}_2\text{]}]{\text{ગરમી}} 2KCl(s) + 3O_2(g)$$

$$2H_2O(l) \xrightarrow{\text{વિદ્યુતવિભાજન}} 2H_2(g) + O_2(g)$$

(ii) કેટલીક ધાતુઓના ઑક્સાઇડના ઉષ્મીય વિઘટનથી ડાયઑક્સિજન વાયુ મળે છે.

$$2Ag_2O(s) \xrightarrow{\Delta} 4Ag(s) + O_2(g)$$

$$2HgO(s) \xrightarrow{\Delta} 4Hg(l) + O_2(g)$$

$$2Pb_3O_4(s) \xrightarrow{\Delta} 6PbO(s) + O_2(g)$$

$$2PbO_2(s) \xrightarrow{\Delta} 2PbO(s) + O_2(g)$$

(iii) મૅંગેનીઝ ડાયૉક્સાઇડની હાજરીમાં H_2O_2નું વિઘટન થઈ ડાયઑક્સિજન વાયુ મળે છે.

$$2H_2O_2(l) \xrightarrow[\text{ગરમી}]{\text{[MnO}_2\text{]}} 2H_2O(l) + O_2(g)$$

ડાયઑક્સિજન વાયુના ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન માટે સૌપ્રથમ હવામાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણીની વરાળ દૂર કરવામાં આવે છે. ત્યાર બાદ બાકી રહેલા વાયુમિશ્રણના પ્રવાહીકરણ અને વિભાગીય નિસ્યંદનથી ડાયનાઇટ્રોજન અને ડાયઑક્સિજન વાયુ મળે છે.

(2) ગુણધર્મો :

(i) ભૌતિક ગુણધર્મો :

- ડાયઑક્સિજન રંગવિહીન અને ગંધવિહીન વાયુ છે.
- તે ત્રણ સ્થાયી સમસ્થાનિકો ^{16}O, ^{17}O અને ^{18}O ધરાવે છે.
- તે અનુચુંબકીય છે.
- 293 K તાપમાને 100 cm^3 પાણીમાં 3.08 cm^3 જેટલો ડાયઑક્સિજન વાયુ દ્રાવ્ય થાય છે, જે દરિયાઈ અને જલીય સજીવોના જીવન ટકાવી રાખવા પૂરતો છે.
- તે 90 K તાપમાને પ્રવાહીમાં તથા 55 K તાપમાને ઠંડું પડી ઘન સ્વરૂપમાં રૂપાંતર પામે છે.

(ii) રાસાયણિક ગુણધર્મો : ડાયઑક્સિજન વાયુ કેટલીક નિષ્ક્રિય ધાતુઓ (દા.ત., Au, Pt) અને ઉમદા વાયુતત્ત્વો સિવાયના મોટા ભાગનાં ધાતુ તત્ત્વો અને અધાતુ તત્ત્વો સાથે પ્રક્રિયા કરે છે. ડાયઑક્સિજન વાયુની કેટલાંક ધાતુ તત્ત્વો, અધાતુ તત્ત્વો અને અન્ય સંયોજનો સાથેની પ્રક્રિયાઓ નીચે દર્શાવેલ છે :

$$2Ca(s) + O_2(g) \rightarrow 2CaO(s)$$

$$4Al(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Al_2O_3(s)$$

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

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

$$2ZnS(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2ZnO(s) + 2SO_2(g)$$

$$CH_4(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

$$2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{[V_2O_5]} 2SO_3(g)$$

$$4HCl(g) + O_2(g) \xrightarrow{[CuCl_2]} 2Cl_2(g) + 2H_2O(g)$$

(3) ઉપયોગો :

- ડાયઑક્સિજન વાયુ શ્વસનક્રિયામાં તથા દહન-પ્રક્રિયામાં ઉપયોગી છે.
- સ્ટીલની બનાવટમાં ડાયઑક્સિજન વાયુ ઉપયોગી છે.
- ઑક્સિ એસિટિલિન જ્યોતમાં ડાયઑક્સિજન વાયુનો ઉપયોગ થાય છે. આ જ્યોતથી ખૂબ જ ઊંચું તાપમાન મેળવી શકાતું હોઈ તે ધાતુઓના વેલ્ડિંગ કાર્યમાં વપરાય છે.
- ડાયઑક્સિજન વાયુના સિલિન્ડર હૉસ્પિટલમાં દર્દીઓની સારવાર માટે તથા પર્વતારોહકો અને પાણીમાં ઊંડે જતા મરજીવાઓની તથા વિમાનમાં બેઠેલા યાત્રીઓની શ્વસનક્રિયા માટે ઉપયોગી છે.

5.6.2 સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વોથી અલગ પડવું (અનિયમિત વર્તણૂક) (Distinction from other Elements of Group (Anomalous Behaviour)) :

(i) ઓરડાના તાપમાને ઑક્સિજન વાયુ સ્વરૂપે છે જ્યારે સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વો ઘન સ્વરૂપે છે.

(ii) ઑક્સિજન દ્વિપરમાણ્વિય અણુ (O_2) તરીકે જ્યારે અન્ય તત્ત્વો બહુપરમાણ્વિય અણુ તરીકે અસ્તિત્વ ધરાવે છે.

(iii) ઑક્સિજન અધાતુ તત્ત્વ છે. સમૂહમાં પરમાણ્વિય-ક્રમાંક વધવાની સાથે તત્ત્વોનો ધાત્વિક ગુણ વધે છે.

(iv) ઑક્સિજન તત્ત્વની સંયોજકતા કક્ષામાં d-કક્ષકો પ્રાપ્ય નથી. તેથી તે નીચી ઑક્સિડેશન અવસ્થાઓ (–2, –1, 1, 2) ધરાવે છે. જ્યારે સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વોમાં d-કક્ષકો પ્રાપ્ય હોવાને કારણે સંયોજકતા કક્ષાનું વિસ્તરણ થઈ શકે છે. તેથી આ તત્ત્વો ઊંચી ઑક્સિડેશન અવસ્થાઓ (–2, 2, 4, 6) ધરાવે છે. (જુઓ કોષ્ટક 5.7.)

(v) ઑક્સિજન તત્ત્વ તેના નાના કદ અને વધુ વિદ્યુતઋણતાના કારણે પાણીમાં હાઇડ્રોજન પરમાણુ સાથે હાઇડ્રોજનબંધ રચે છે. તેથી H_2Oમાં જોવા મળતો પ્રબળ હાઇડ્રોજનબંધ H_2Sમાં જોવા મળતો નથી.

5.6.3 ઑક્સિજનનાં સંયોજનો (Compounds of Oxygen) :

(1) સાદા ઑક્સાઇડ : ઑક્સિજન બીજા તત્ત્વ સાથે સંયોજાઈ જે દ્વિઅંગી સંયોજન (Binary compound) બનાવે છે તેને ઑક્સાઇડ કહે છે. અગાઉ નોંધ્યું તેમ ઑક્સિજન તત્ત્વ આવર્તકોષ્ટકના મોટા ભાગનાં તત્ત્વો સાથે સંયોજાય છે. કેટલાંક તત્ત્વો ઑક્સિજન સાથે સંયોજાઈ એક કરતાં વધુ સંયોજનો બનાવે છે. ઑક્સિજન તત્ત્વ આયનીય તેમજ સહસંયોજક એમ બંને પ્રકારનાં સંયોજનો બનાવી શકે છે. સાદાં ઑક્સાઇડ સંયોજનોનું તેઓના ઍસિડિક, બેઝિક અને ઊભયગુણી ગુણધર્મોને આધારે વર્ગીકરણ કરાય છે.

જે ઑક્સાઇડ સંયોજનો પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી ઍસિડ આપે છે તેને ઍસિડિક ઑક્સાઇડ કહે છે. દા.ત., SO_2, Cl_2O_7, CO_2, N_2O_5 વગેરે.

$$SO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_3(aq)$$

સામાન્ય રીતે અધાતુના ઑક્સાઇડ ઍસિડિક હોય છે.

જે ઑક્સાઇડ સંયોજનો પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી બેઇઝ આપે છે તેને બેઝિક ઑક્સાઇડ કહે છે. દા.ત., Na_2O, CaO, BaO વગેરે.

$$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq)$$

સામાન્ય રીતે ધાતુઓના ઑક્સાઇડ બેઝિક હોય છે. કેટલાક ઑક્સાઇડ ઍસિડિક અને બેઝિક એમ બંને સ્વભાવ ધરાવતા હોય છે. આ ઑક્સાઇડને ઊભયગુણી ઑક્સાઇડ કહે છે. તેઓ ઍસિડ અને બેઇઝ બંને સાથે પ્રક્રિયા કરી શકે છે. કેટલાક ઑક્સાઇડ ઍસિડિક કે બેઝિક પૈકીનો એક પણ સ્વભાવ ધરાવતા નથી. આ ઑક્સાઇડને તટસ્થ ઑક્સાઇડ કહે છે. દા.ત., CO, NO અને N_2O. Al_2O_3 નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે ઍસિડ અને બેઇઝ બંને સાથે પ્રક્રિયા કરે છે, તેથી તે ઊભયગુણી ઑક્સાઇડ છે.

$$Al_2O_3(s) + 6HCl(aq) + 9H_2O(l) \rightarrow 2[Al(H_2O)_6]^{3+}(aq) + 6Cl^-(aq)$$

$$Al_2O_3(s) + 6NaOH(aq) + 3H_2O(l) \rightarrow 2Na_3[Al(OH)_6](aq)$$

(2) ઓઝોન : ઓઝોન ઑક્સિજનનું અપરરૂપ (allotrope) છે. દરિયાની સપાટીથી 20 કિલોમીટર ઊંચાઈએ સૂર્યપ્રકાશની હાજરીમાં વાતાવરણના ઑક્સિજનમાંથી ઓઝોન વાયુ બને છે. આ ઓઝોન વાયુનું સ્તર પારજાંબલી (ultraviolet) કિરણોની હાનિકારક અસરથી પૃથ્વીનું રક્ષણ કરે છે.

(i) બનાવટ : પ્રયોગશાળામાં સિમેન્સ (Siemens) અને બ્રોડી (Brodie)ના ઓઝોનાઇઝર સાધનનો ઉપયોગ કરી ઓઝોન વાયુ બનાવી શકાય છે. સિમેન્સના ઓઝોનાઇઝરમાં ઠંડા, શુષ્ક ઑક્સિજનને શાંત વિદ્યુત વીજભારની હાજરીમાં પસાર કરતાં ઓઝોન મળે છે.

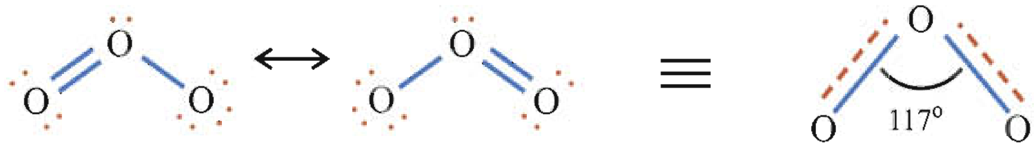
$$3O_2(g) \rightarrow 2O_3(g) \quad \Delta H = 142.7 \text{ કિલો જૂલ મોલ}^{-1}$$

ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન માટે સિમેન્સ અને હેલેસ્કેનું ઓઝોનાઇઝર વપરાય છે. જેમાં ઍલ્યુમિનિયમના સળિયાઓ વચ્ચે 8000થી 10,000 વૉલ્ટ વિદ્યુતદબાણ વપરાય છે. વિદ્યુતવિભાજન પદ્ધતિમાં ઍસિડિક પાણીમાં પ્લેટિનમ ધ્રુવોનો ઉપયોગ કરી ઍનોડ પર મળતા વાયુમાં 95 % ઓઝોન અને 5 % ઑક્સિજન વાયુ હોય છે.

(ii) ગુણધર્મો :

(A) ભૌતિક ગુણધર્મો :

- ઓઝોન વાયુ સ્વરૂપમાં આછો ભૂરો રંગ, પ્રવાહી સ્વરૂપમાં ઘેરો ભૂરો રંગ અને ઘન સ્વરૂપમાં ઘેરો જાંબલી રંગ ધરાવે છે.
- ઓઝોન લાક્ષણિક વાસ ધરાવે છે.
- ઓઝોનનું ઓછું પ્રમાણ નુકસાનકારક નથી. પરંતુ તેનું પ્રમાણ 100 ppm કરતાં વધી જાય તો શ્વાસ લેવામાં તકલીફ ઊભી થાય છે, તેને પરિણામે માથાનો દુખાવો અને ગૂંગળામણનો અનુભવ થાય છે.
- ઓઝોનના સસ્પંદનસૂત્રો નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે છે :



ઓઝોન અણુના સસ્પંદન સૂત્રો

(B) રાસાયણિક ગુણધર્મો :

- ઓઝોનના વિઘટનથી નવજાત ઑક્સિજન (O) છૂટો પડે છે. તેથી તે પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા છે.

$$O_3(g) \rightarrow O_2(g) + O(g)$$

તેથી ઓઝોન વાયુ લેડ સલ્ફાઇડનું લેડ સલ્ફેટમાં અને આયોડાઇડ આયનનું આયોડિનમાં ઑક્સિડેશન કરે છે.

$$PbS(s) + 4O_3(g) \rightarrow PbSO_4(s) + 4O_2(g)$$

$$2I^-(aq) + H_2O(l) + O_3(g) \rightarrow 2OH^-(aq) + I_2(s) + O_2(g)$$

- સુપરસોનિક જેટ વિમાનના ઍક્ઝોસ્ટ (exhaust) દ્વારા બહાર નીકળતા વાયુઓમાંના નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ સાથે ઓઝોન-પ્રક્રિયા કરીને નાઇટ્રોજન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ બનાવે છે.

$$NO(g) + O_3(g) \rightarrow NO_2(g) + O_2(g)$$

- આ જ પ્રમાણે ભેજયુક્ત સલ્ફર, ફૉસ્ફરસ અને આર્સેનિક સાથે ઑક્સિડેશન કરી ઑક્સિએસિડ સંયોજનો બનાવે છે.

$$S(s) + H_2O(l) + 3O_3(g) \rightarrow H_2SO_4(aq) + 3O_2(g)$$

$$2P(s) + 3H_2O(l) + 5O_3(g) \rightarrow 2H_3PO_4(aq) + 5O_2(g)$$

$$2As(s) + 3H_2O(l) + 5O_3(g) \rightarrow 2H_3AsO_4(aq) + 5O_2(g)$$

(iii) ઉપયોગો :

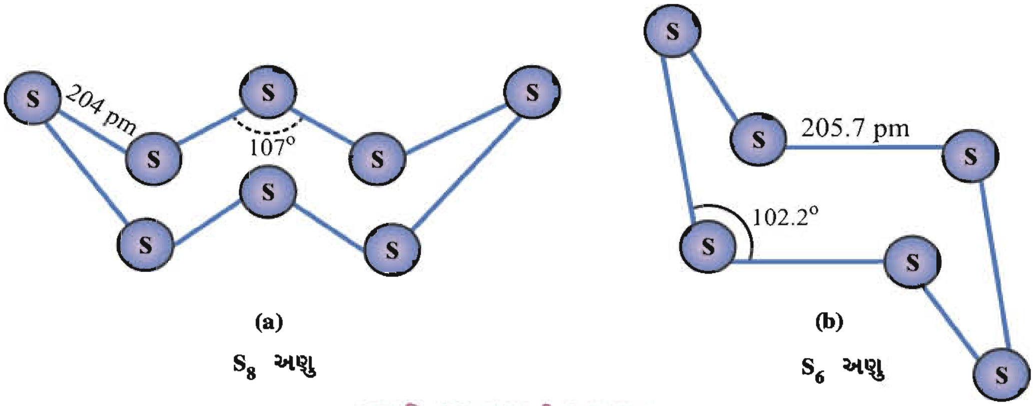
- પીવાના પાણીને જીવાણુમુક્ત કરવા ઓઝોન વાયુનો ઉપયોગ થાય છે.
- તે વિવિધ તેલ, લોટ (flour) અને સ્ટાર્ચની વિરંજન (bleaching) ક્રિયામાં વિરંજક (bleaching agent) તરીકે ઉપયોગી છે.
- તે પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટના ઉત્પાદનમાં ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે ઉપયોગી છે.

5.7 સલ્ફર (Sulphur)

5.7.1 સલ્ફરનાં અપરરૂપો (Allotropes of Sulphur) :

સલ્ફરનાં વિવિધ અપરરૂપોમાં રૂહોમ્બિક સલ્ફર (α-સલ્ફર) અને મોનોક્લિનિક સલ્ફર (β-સલ્ફર) સૌથી અગત્યના છે. ઓરડાના તાપમાને સલ્ફરનું સ્થાયી સ્વરૂપ રૂહોમ્બિક સલ્ફર છે, જ્યારે તેને 369 K તાપમાને ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે તે મોનોક્લિનિક સલ્ફરમાં રૂપાંતર પામે છે.

રૂહોમ્બિક સલ્ફર (α-સલ્ફર) : રૂહોમ્બિક સલ્ફર પીળા રંગનું હોય છે. તેનું ગલનબિંદુ 385.8 K છે. સલ્ફરના CS_2માં બનાવેલા દ્રાવણનું બાષ્પીભવન કરતાં રૂહોમ્બિક સલ્ફર મળે છે. તે પાણીમાં અદ્રાવ્ય પણ બેન્ઝિન, આલ્કોહૉલ જેવા કાર્બનિક દ્રાવકોમાં દ્રાવ્ય છે.



આકૃતિ 5.2 સલ્ફરની અણુરચના

મોનોક્લિનિક સલ્ફર (β-સલ્ફર) : મોનોક્લિનિક સલ્ફર CS_2માં દ્રાવ્ય છે. તેનું ગલનબિંદુ 393 K છે. રૂહોમ્બિક સલ્ફરને એક ડિશમાં પીગાળીને ઠંડું પાડતાં મોનોક્લિનિક સલ્ફર મળે છે. મોનોક્લિનિક સલ્ફર 369 K કરતા ઊંચા તાપમાને સ્થાયી છે અને તેનાથી નીચા તાપમાને રૂહોમ્બિક સલ્ફરમાં ફેરવાય છે. તેનાથી ઊલટું, રૂહોમ્બિક સલ્ફર 369 K કરતા નીચા તાપમાને સ્થાયી છે અને તેનાથી ઊંચા તાપમાને મોનોક્લિનિકમાં ફેરવાય છે. 369 K તાપમાને બંને અપરરૂપો સ્થાયી છે. આ તાપમાનને **સંક્રાંતિ તાપમાન (transition temperature)** પણ કહે છે. આ બંને અપરરૂપો S_8 અણુ ધરાવે છે. આ બંને સ્વરૂપોમાં S_8 અણુઓ ક્રાઉન (crown form – તાજ, મુગટ) સ્વરૂપે રહેલા હોય છે, જે આકૃતિ 5.2 (a) માં દર્શાવેલ છે. છેલ્લા બે દાયકામાં થયેલા સંશોધનના પરિણામરૂપ 6થી 20 પરમાણુ ધરાવતા સલ્ફરના અણુઓ બનાવી શકાય છે. S_6 અણુની ચક્રીય રચના ખુરશી સ્વરૂપ (Chair form)ની રચના ધરાવે છે, જે આકૃતિ 5.2 (b)માં દર્શાવેલ છે.

5.7.2 સલ્ફરનાં સંયોજનો (Compounds of Sulphur)

(1) સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ :

(i) બનાવટ : સલ્ફરનું જ્યારે હવા અથવા ઑક્સિજન વાયુ સાથે (6થી 8 % જેટલા સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ સાથે) દહન કરવામાં આવે છે ત્યારે સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ મળે છે.

$$S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$$

પ્રયોગશાળામાં સોડિયમ સલ્ફાઇટની હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયાથી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ મેળવી શકાય છે.

$$Na_2SO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow SO_2(g) + H_2O(l) + 2NaCl(aq)$$

ઉદ્યોગોમાં સલ્ફાઇડ ખનિજના ભૂંજન દરમિયાન સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ ઉપનીપજ તરીકે મળે છે.

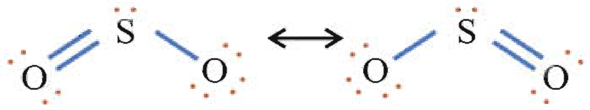
$$4FeS_2(s) + 11O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s) + 8SO_2(g)$$

આ રીતે મેળવેલા સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુને સૂકો (dry) કરી દબાણ હેઠળ પ્રવાહી સ્થિતિમાં લાવીને સ્ટીલના સિલિન્ડરમાં સંગ્રહ કરવામાં આવે છે.

(ii) ગુણધર્મો :

(A) ભૌતિક ગુણધર્મો :

- સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ રંગવિહીન તીવ્ર વાસવાળો અને દાહક અસર ઉપજાવતો વાયુ છે.
- તે પાણીમાં ખૂબ જ પ્રમાણમાં દ્રાવ્ય છે.
- ઓરડાના તાપમાને અને 2 બાર દબાણે તેનું પ્રવાહીકરણ થાય છે. તેનું ઉત્કલનબિંદુ 263 K છે.
- સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ અણુ કોણીય છે. તેનાં સસ્પંદન સૂત્રો નીચે પ્રમાણે છે :



SO_2 અણુના સસ્પંદન સૂત્રો

(B) રાસાયણિક ગુણધર્મો :

- સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડને પાણીમાં પસાર કરતાં સલ્ફ્યુરસ ઍસિડનું દ્રાવણ મળે છે.

$$SO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2SO_3(aq)$$

- તે NaOH સાથે પ્રક્રિયા કરી પ્રથમ તબક્કામાં સોડિયમ સલ્ફાઇટ બનાવે છે, જે વધુ પ્રમાણમાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ સાથે પ્રક્રિયા કરી સોડિયમ હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇટ બનાવે છે.

$$2NaOH(aq) + SO_2(g) \rightarrow Na_2SO_3(aq) + H_2O(l)$$

$$Na_2SO_3(aq) + H_2O(l) + SO_2(g) \rightarrow 2NaHSO_3(aq)$$

- ચારકોલ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ, ક્લોરિન વાયુ સાથે પ્રક્રિયા કરી સલ્ફ્યુરાઇલ ક્લોરાઇડ (SO_2Cl_2) બનાવે છે. વેનેડિયમ પેન્ટૉક્સાઇડ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ઑક્સિડેશન થતાં સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ બને છે.

$$SO_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow SO_2Cl_2(l)$$

$$2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{[V_2O_5]} 2SO_3(g)$$

ઍસિડિક $KMnO_4$ના દ્રાવણને રંગવિહીન કરે છે. આમ તે રિડક્શનકર્તા તરીકે વર્તે છે.

$$5SO_2(g) + 2MnO_4^-(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow 5SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2Mn^{2+}(aq)$$

(iii) ઉપયોગો :

- તે પેટ્રોલિયમ અને ખાંડના શુદ્ધીકરણમાં ઉપયોગી છે.
- ઊન અને રેશમને બ્લિચ કરવામાં પણ વપરાય છે.
- કેટલાક કાર્બનિક અને અકાર્બનિક પદાર્થોને દ્રાવ્ય કરવા માટે પ્રવાહી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ દ્રાવક તરીકે વપરાય છે.
- સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ, સોડિયમ હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇટ અને કૅલ્શિયમ હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇટના ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનમાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ ઉપયોગી છે.

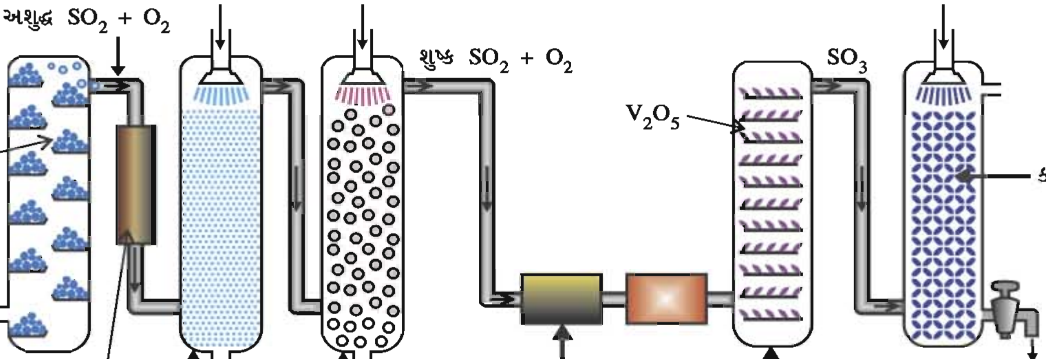
(2) સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (H_2SO_4) :

(i) ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન : સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ઉત્પાદનની સંપર્કવિધિમાં મુખ્યત્વે ત્રણ તબક્કાનો સમાવેશ થાય છે :

(1) સલ્ફર અથવા સલ્ફાઇડ ખનિજનું હવામાં દહન કરી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ મેળવવો.

(2) વેનેડિયમ પૅન્ટોક્સાઇડ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુનું સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ વાયુમાં ઑક્સિજનની મદદથી રૂપાંતર કરવું.

(3) આ રીતે પ્રાપ્ત થયેલા સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ વાયુને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં શોષી ધુમાયમાન સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અથવા ઑલિયમ ($H_2S_2O_7$) મેળવી શકાય છે.



આકૃતિ 5.3 સંપર્કવિધિ દ્વારા સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન

સૌપ્રથમ સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુમાંથી આર્સેનિક સંયોજનો અને બીજી અશુદ્ધિઓ દૂર કરી તેનું શુદ્ધીકરણ કરવામાં આવે છે. સંપર્કવિધિથી H_2SO_4નાં ઉત્પાદનનો અગત્યનો તબક્કો સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુનું વેનેડિયમ પૅન્ટોક્સાઇડ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ઉદ્દીપકીય ઑક્સિડેશન કરી સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ વાયુ બનાવવાનો છે.

$$2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{[V_2O_5]} 2SO_3(g)\ \Delta_rH = -\ 196.6 \text{ કિલો જૂલ મોલ}^{-1}$$

આ પ્રક્રિયા ઉષ્માક્ષેપક છે. પુરોગામી પ્રણાલીનું કદ ઘટે છે. તેથી લ-શેટેલિયરના સિદ્ધાંત પ્રમાણે વધુ નીપજ મેળવવા માટે નીચું તાપમાન અને ઊંચું દબાણ જરૂરી છે. પરંતુ ખૂબ જ નીચું તાપમાન રાખવાથી ઑક્સિડેશન-પ્રક્રિયાનો વેગ ઘટી જાય છે. વ્યવહારમાં આ પ્રક્રિયા 2 બાર દબાણે અને 720 K તાપમાને કરવામાં આવે છે. આ રીતે પ્રાપ્ત થયેલા સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ વાયુને સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં શોષી લેવામાં આવે છે. પરિણામે ધુમાયમાન સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અથવા ઑલિયમ ($H_2S_2O_7$) મળે છે. આ ઑલિયમનું પાણી વડે મંદન કરી જરૂરી સાંદ્રતાવાળો સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ મેળવી શકાય છે.

$$SO_3(g) + H_2SO_4(l) \rightarrow H_2S_2O_7(l) \text{ (ઑલિયમ)}$$

સંપર્કવિધિથી 96 થી 98 % શુદ્ધતાવાળો H_2SO_4 મેળવી શકાય છે.

(ii) ગુણધર્મો :

(A) ભૌતિક ગુણધર્મો :

- સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ રંગવિહીન ઘટ્ટ તૈલી પ્રવાહી છે.
- તેની વિશિષ્ટ ઘનતા 298 K તાપમાને 1.84 છે.
- તેનું ઠારબિંદુ 283 K અને ઉત્કલનબિંદુ 611 K છે.
- તે પાણીમાં દ્રાવ્ય થાય છે ત્યારે ઉષ્માનું ઉત્સર્જન કરે છે. તેથી સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના દ્રાવણની બનાવટ વખતે ખૂબ જ કાળજી રાખવી જરૂરી છે. આ માટે સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડને પાણીમાં ધીમે ધીમે સતત હલાવતા રહીને ઉમેરવામાં આવે છે અથવા પાત્રની આજુબાજુ બરફ રાખવામાં આવે છે.

(B) રાસાયણિક ગુણધર્મો :

- જલીય દ્રાવણમાં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું આયનીકરણ બે તબક્કામાં થાય છે.

$$H_2SO_4(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HSO_4^-(aq) \quad Ka_1 > 10 \text{ (ખૂબ જ ઊંચું મૂલ્ય)}$$

$$HSO_4^-(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) \quad Ka_2 = 1.2 \times 10^{-2}$$

- Ka_1નું ખૂબ જ ઊંચું મૂલ્ય સૂચવે છે કે તેનું વધુ પ્રમાણમાં આયનીકરણ થઈ H^+ અને HSO_4^- આયનો મળે છે. Kaનું ઊંચું મૂલ્ય, ઍસિડની વધુ પ્રબળતા સૂચવે છે.
- સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ આલ્કલી સાથે સામાન્ય સલ્ફેટ (દા.ત., Na_2SO_4, $CuSO_4$) અને ઍસિડ સલ્ફેટ અથવા બાય સલ્ફેટ અથવા સોડિયમ હાઇડ્રોજન સલ્ફેટ ($NaHSO_4$) એમ બે પ્રકારના ક્ષારો બનાવે છે.
- નીચી બાષ્પશીલતાને કારણે તે અન્ય ઍસિડની બનાવટમાં વપરાય છે.

$$2MX(s) + H_2SO_4(l) \rightarrow 2HX(l) + M_2SO_4(aq)$$

(જ્યાં M = ધાતુઆયન અને X = F^-, Cl^-, NO_3^-)

- સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ પ્રબળ ભેજશોષક પદાર્થ છે. ભેજવાળા વાયુઓને સાંદ્ર H_2SO_4માંથી પસાર કરતાં તે સૂકા (dry) બને છે. (આ વાયુઓ H_2SO_4 સાથે પ્રક્રિયા કરતા ન હોવા જોઈએ.) તે કાર્બનિક સંયોજનોમાંથી પાણી દૂર કરે છે. દા.ત.,

$$C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{H_2SO_4} 12C + 11H_2O$$

આ ચેરિંગ પ્રક્રિયાથી ખાંડ કાળી પડી જાય છે.

ગરમ સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે. ધાતુ અને અધાતુઓનું સાંદ્ર H_2SO_4 વડે ઑક્સિડેશન થાય છે અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું રિડક્શન થઈ SO_2માં રૂપાંતર થાય છે.

$$Cu(s) + 2H_2SO_4(\text{સાંદ્ર})(l) \rightarrow CuSO_4(aq) + SO_2(g) + 2H_2O(l)$$

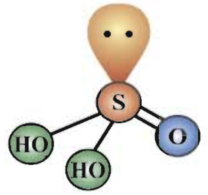
$$S(s) + 2H_2SO_4(\text{સાંદ્ર})(l) \rightarrow 3SO_2(g) + 2H_2O(l)$$

$$C(s) + 2H_2SO_4(\text{સાંદ્ર})(l) \rightarrow CO_2(g) + 2SO_2(g) + 2H_2O(l)$$

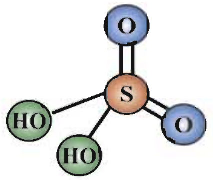
(ii) ઉપયોગો :

- સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ મહત્ત્વનું ઔદ્યોગિક રસાયણ છે.
- મોટા ભાગના રાસાયણિક પદાર્થો જેવા કે ખાતર, રંગ, સાંશ્લેષિત રેસા, સાબુ અને ડિટરજન્ટની બનાવટમાં તથા પેટ્રોલિયમ શુદ્ધીકરણ અને ધાતુકર્મવિધિ(Metallurgy)માં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ વિશેષ ઉપયોગી હોવાથી તેને **રસાયણોનો રાજા** કહેવામાં આવે છે.
- તે પ્રયોગશાળામાં પ્રક્રિયક તરીકે પણ વપરાય છે.

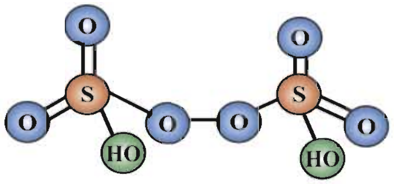
(3) સલ્ફરના ઑક્સોઍસિડ : સલ્ફરના વિવિધ પ્રકારનાં ઑક્સોઍસિડ H_2SO_3, $H_2S_2O_3$, $H_2S_2O_4$, $H_2S_2O_5$, $H_2S_xO_6$ (x = 2થી 5), H_2SO_4, $H_2S_2O_7$, H_2SO_5, $H_2S_2O_8$ જેવાં સંયોજનો બનાવે છે. અહીં આપણે આ પૈકીનાં કેટલાંક ઑક્સોઍસિડના માત્ર બંધારણ જ જોઈશું, જે નીચે દર્શાવ્યા છે :



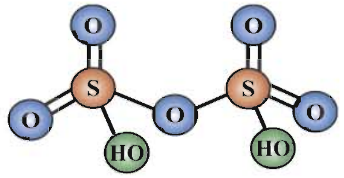
સલ્ફ્યુરસ ઍસિડ H_2SO_3



સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ H_2SO_4



પેરોક્સોડાયસલ્ફ્યુરિક ઍસિડ $H_2S_2O_8$



પાયરોસલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (ઑલિયમ) $H_2S_2O_7$

5.8 સમૂહ-17નાં તત્ત્વો (Elements of Group-17)

ફ્લોરિન, ક્લોરિન, બ્રોમિન, આયોડિન અને ઍસ્ટેટીન સમૂહ-17નાં તત્ત્વો છે. આ તત્ત્વોને સંયુક્ત રીતે હેલોજન તત્ત્વો તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. તેઓ સક્રિય અધાતુ તત્ત્વો છે. આ સમૂહનાં તત્ત્વોના ગુણધર્મોમાં એકંદરે વધુ સામ્યતા જોવા મળે છે. ઍસ્ટેટીન રેડિયોસક્રિય તત્ત્વ છે. આ સમૂહનાં તત્ત્વોના અગત્યના પરમાણ્વિય અને ભૌતિક ગુણધર્મો કોષ્ટક 5.8માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 5.8 સમૂહ-17નાં તત્ત્વોના પરમાણ્વિય અને ભૌતિક ગુણધર્મો

ગુણધર્મો	F	Cl	Br	I	At
પરમાણ્વિય-ક્રમાંક	9	17	35	53	85
પરમાણ્વિય દળ (ગ્રામ મોલ$^{-1}$)	19.00	35.45	79.90	126.90	210
ઇલેક્ટ્રોનીય રચના	$[He]2s^22p^5$	$[Ne]3s^23p^5$	$[Ar]3d^{10}4s^24p^5$	$[Kr]4d^{10}5s^25p^5$	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^5$
આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી (Δ_iH_1) (કિલો જૂલ મોલ$^{-1}$)	1680	1256	1142	1008	–
ઇલેક્ટ્રૉન-પ્રાપ્તિ ઍન્થાલ્પી (કિલો જૂલ મોલ$^{-1}$)	–328	–349	–325	–295	–
વિદ્યુતઋણતા	4.0	3.2	3.0	2.7	2.2
સહસંયોજક ત્રિજ્યા (pm)	64	99	114	133	–
આયનીય ત્રિજ્યા (pm)	133	184	196	220	–
	F_2	Cl_2	Br_2	I_2	–
ગલનબિંદુ (K)	54.4	172.0	265.8	386.6	–
ઉત્કલનબિંદુ (K)	84.9	239.0	332.5	458.2	–
ઘનતા (ગ્રામ સેમી$^{-3}$) (298 K)	1.5	1.66	3.19	4.94	–

5.8.1 ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના, પ્રાપ્તિસ્થાન, ઑક્સિડેશન અવસ્થા (Electronic Configuration, Occurrence, Oxidation State) :

ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના : સમૂહ-17નાં તત્ત્વોની સંયોજકતા કક્ષાની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના ns^2np^5 છે. આ તત્ત્વોને તેઓની નજીકનાં નિષ્ક્રિય વાયુતત્ત્વો જેવી ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના પ્રાપ્ત કરવા માટે એક ઇલેક્ટ્રૉન ખૂટે છે.

પ્રાપ્તિસ્થાન : સમૂહ-17નાં તત્ત્વોની મુખ્ય ખનીજો કોષ્ટક 5.9માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 5.9 સમૂહ-17નાં તત્ત્વોની મુખ્ય ખનીજો

તત્ત્વો	મુખ્ય ખનીજોનું બંધારણ અને નામ
ફ્લોરિન	CaF_2 – ફ્લૉસ્પાર, Na_3AlF_6 – ક્રાયોલાઇટ, $Ca_9(PO_4)_6CaF_2$ – ફ્લોર એપેટાઇટ
ક્લોરિન	NaCl – સોડિયમ ક્લોરાઇડ, KCl – પોટૅશિયમ ક્લોરાઇડ (દ્રાવ્ય ક્ષારરૂપે)
બ્રોમિન	NaBr – સોડિયમ બ્રોમાઇડ, KBr – પોટૅશિયમ બ્રોમાઇડ, $MgBr_2$ – મૅગ્નેશિયમ બ્રોમાઇડ (દ્રાવ્ય ક્ષારરૂપે)
આયોડિન	$NaIO_3$ – સોડિયમ આયોડેટ

ઑક્સિડેશન અવસ્થા : આ સમૂહનાં તત્ત્વોમાં ફ્લોરિન સૌથી વધુ વિદ્યુતઋણમય તત્ત્વ છે. પરિણામે તેનાં બધાં સંયોજનોમાં તેની ઑક્સિડેશન અવસ્થા (–1) છે. જોકે સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતા ધન ઑક્સિડેશન અવસ્થા પ્રાપ્ત કરવાની વૃત્તિ વધે છે. દા.ત., ક્લોરિનના ઑક્સોઍસિડ સંયોજનો. કેટલીક વાર ક્લોરિન બ્રોમિન અને આયોડિન તત્ત્વોનાં સંયોજનોમાં તેમની ઑક્સિડેશન અવસ્થા –1, +1, +3, +5, +7 જોવા મળે છે.

5.8.2 ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા (Periodicity in Physical and Chemical Properties) :

(1) ભૌતિક ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા : કોષ્ટક 5.9ના આધારે કહી શકાય કે, સમૂહ-17નાં તત્ત્વોમાં પરમાણ્વિય-ક્રમાંકના વધારા સાથે પરમાણ્વિય કદ વધવાનું, આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી ઘટવાનું તથા વિદ્યુતઋણતા ઘટવાનું સામાન્ય વલણ જોવા મળે છે.

(i) પરમાણ્વિય અને આયનીય ત્રિજ્યા : હેલોજન સમૂહનાં તત્ત્વોની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા તેના અનુવર્તી આવર્તમાં રહેલાં અન્ય તત્ત્વોની સરખામણીમાં સૌથી ઓછી હોય છે. કારણ કે હેલોજન તત્ત્વો મહત્તમ અસરકારક કેન્દ્રિય વીજભાર ધરાવે છે. દા.ત., બીજા આવર્તમાં સમૂહ-17નું ફ્લોરિન તત્ત્વ અન્ય તત્ત્વો કરતા સૌથી ઓછી પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા ધરાવે છે. સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ એટલે કે ફ્લોરિન તત્ત્વથી આયોડિન તત્ત્વ તરફ જતાં મુખ્ય ક્વૉન્ટમ આંક વધવાને કારણે પરમાણ્વિય અને આયનીય ત્રિજ્યામાં વધારો થતો જાય છે.

(ii) આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી : સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં પરમાણ્વિય કદ વધવાને કારણે આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઘટે છે.

(iii) ઇલેક્ટ્રૉનપ્રાપ્તિ ઍન્થાલ્પી : આવર્તમાંનાં તત્ત્વો પૈકી હેલોજન તત્ત્વની ઇલેક્ટ્રૉનપ્રાપ્તિ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય વધુ ઋણ હોય છે. આનું કારણ હેલોજન તત્ત્વોમાં ઉમદાં વાયુતત્ત્વોની સ્થાયી ઇલેક્ટ્રૉનીય-રચના કરતાં એક જ ઇલેક્ટ્રૉન ઓછો હોય છે. સમૂહ-17માં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉન-પ્રાપ્તિ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઓછું ઋણ થતું જાય છે. પરંતુ કોષ્ટક 5.8 દર્શાવે છે કે F તત્ત્વ કરતા Cl તત્ત્વની ઇલેક્ટ્રૉન-પ્રાપ્તિ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય વધુ ઋણ છે. આમ થવાનું કારણ નવો ઉમેરાતો ઇલેક્ટ્રૉન F તત્ત્વની 2p કક્ષકમાં અને Cl તત્ત્વની 3p કક્ષકમાં સ્થાન લેશે. આપણે (ધોરણ 11 સિમેસ્ટર I)ના એકમ 3માં શીખી ગયા તે પ્રમાણે 3p કક્ષક કરતા 2p કક્ષકમાં ઇલેક્ટ્રૉન-ઇલેક્ટ્રૉન વચ્ચેનું અપાકર્ષણ વધુ હોવાથી ઇલેક્ટ્રૉન 3p કક્ષકમાં વધુ સરળતાથી દાખલ થઈ શકે છે.

(iv) વિદ્યુતઋણતા : હેલોજન તત્ત્વોની વિદ્યુતઋણતા વધુ હોય છે. સમૂહ-17માં ઉપરથી નીચે તરફ જતા વિદ્યુતઋણતા ઘટે છે. આવર્તકોષ્ટકમાંનાં બધાં તત્ત્વો પૈકી ફ્લોરિન તત્ત્વની વિદ્યુતઋણતા સૌથી વધુ છે.

(2) રાસાયણિક ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા :

(i) હાઇડ્રોજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા : બધાં જ હેલોજન તત્ત્વો હાઇડ્રોજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા કરી હાઇડ્રોજન હેલાઇડ સંયોજનો બનાવે છે. પણ હાઇડ્રોજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયાની વૃત્તિ ફ્લોરિનથી આયોડિન તત્ત્વ તરફ જતા ઘટે છે. આ સંયોજનો પાણીમાં દ્રાવ્ય થઈ હાઇડ્રોહેલિક ઍસિડ બનાવે છે. આ ઍસિડ સંયોજનોની ઍસિડિક પ્રબળતાનો ક્રમ $HF < HCl < HBr < HI$ છે. આ હેલાઇડ સંયોજનોની સ્થાયીતા સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતા H–X બંધની વિયોજન ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઘટવાની સાથે ઘટે છે. આ સંયોજનોની સ્થાયીતાનો ક્રમ $HF > HCl > HBr > HI$ છે.

(ii) ઑક્સિજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા : હેલોજન તત્ત્વો, ઑક્સિજન તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા કરી ઘણા ઑક્સાઇડ બનાવે છે, જે પૈકીના મોટા ભાગના અસ્થાયી હોય છે. દા.ત., ફ્લોરિન તત્ત્વ બે ઑક્સાઇડ OF_2 અને O_2F_2 બનાવે છે. તે પૈકીનો OF_2 સંયોજન 298 K તાપમાને ઉષ્મીય રીતે સ્થાયી છે. ક્લોરિન, બ્રોમિન અને આયોડિન તત્ત્વો ઑક્સાઇડ બનાવે છે. તેમાં હેલોજન તત્ત્વોની ઑક્સિડેશન અવસ્થા +1થી +7 હોય છે. આ ઑક્સાઇડની સ્થાયીતાનો ક્રમ $I > Cl > Br$ છે.

(iii) હેલોજન તત્ત્વો સાથે પ્રક્રિયા : હેલોજન તત્ત્વ, તે જ સમૂહના અન્ય તત્ત્વ સાથે જોડાઈને જે સંયોજન બનાવે છે તેને આંતરહેલોજન સંયોજનો કહે છે. દા.ત., XX', XX'_3, XX'_5 અને XX'_7 સંયોજનો; જ્યાં X = મોટા કદનાં હેલોજન તત્ત્વો, X' = નાનાં કદનાં હેલોજન તત્ત્વો.

(iv) ધાતુ તત્ત્વો સાથે પ્રક્રિયા : હેલોજન તત્ત્વો, ધાતુ તત્ત્વો સાથે પ્રક્રિયા કરી અનુવર્તી ધાતુહેલાઇડ સંયોજનો બનાવે છે. દા.ત., બ્રોમિન તત્ત્વ, સોડિયમ તત્ત્વ સાથે પ્રક્રિયા કરી સોડિયમ બ્રોમાઇડ બનાવે છે.

$$2Na(s) + Br_2(l) \longrightarrow 2NaBr(s)$$

ધાતુ હેલાઇડમાં આયનીય લાક્ષણિકતાનો ક્રમ $MF > MCl > MBr > MI$ છે.

5.8.3 ફ્લોરિન તત્ત્વનું સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વોથી અલગ પડવું (અનિયમિત વર્તણૂક) (Distinction of Fluorine Element from other Elements of Group (Anomalous Behaviour)) :

(i) ફ્લોરિન તત્ત્વના નાના કદ, વધુ વિદ્યુતઋણતા, F–F બંધની વિયોજન ઍન્થાલ્પીનું ઓછું મૂલ્ય, સંયોજકતા કક્ષામાં d-કક્ષકો અપ્રાપ્ય હોવાથી તે હેલોજન સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વોથી અનિયમિત વર્તણૂક દર્શાવે છે. ફ્લોરિન તત્ત્વની આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી અને વિદ્યુતઋણતા સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વોના આ ગુણધર્મો પ્રત્યેના વલણ(trends)ની અપેક્ષાએ વધુ છે. જ્યારે પરમાણ્વિય અને આયનીય ત્રિજ્યા, ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ તથા ઇલેક્ટ્રૉનપ્રાપ્તિ ઍન્થાલ્પીના મૂલ્ય સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વોની સરખામણીમાં અપેક્ષા કરતાં ઓછાં છે.

(ii) ફ્લોરિન માત્ર એક જ સ્થાયી ઑક્સોઍસિડ બનાવે છે. જ્યારે અન્ય હેલોજન તત્ત્વો ઘણાં ઑક્સોઍસિડ બનાવે છે.

(iii) પ્રબળ હાઇડ્રોજનબંધની હાજરીને કારણે હાઇડ્રોજન ફ્લોરાઇડ પ્રવાહી સ્થિતિમાં હોય છે જ્યારે અન્ય હાઇડ્રોજન હેલાઇડ વાયુ સ્થિતિમાં હોય છે.

5.9 ક્લોરિન (Chlorine)

5.9.1 ડાયક્લોરિન વાયુની બનાવટ, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો (Preparation, Properties and Uses of Dichlorine Gas) :

(1) બનાવટ : ડાયક્લોરિન વાયુ નીચેના પૈકી કોઈ પણ પ્રક્રિયાથી બનાવી શકાય છે :

(i) મૅંગેનીઝ ડાયૉક્સાઇડની સાંદ્ર HCl સાથે પ્રક્રિયા થઈ ડાયક્લોરિન વાયુ બને છે.

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

(ii) પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટની હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયાથી ક્લોરિન વાયુ મળે છે.

$$2KMnO_4(s) + 16HCl(l) \longrightarrow 2KCl(aq) + 2MnCl_2(aq) + 8H_2O(l) + 5Cl_2(g)$$

(iii) ડેકન વિધિ (Deacon's Process) : 723 K તાપમાને $CuCl_2$ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુનું હવામાંના ઑક્સિજન વડે ઑક્સિડેશન કરી ક્લોરિન વાયુ મેળવી શકાય છે.

$$4HCl(l) + O_2(g) \xrightarrow{[CuCl_2]} 2H_2O(l) + 2Cl_2(g)$$

(iv) વિદ્યુતવિભાજનની રીત : બ્રાઇન($NaCl$નું સંતૃપ્ત દ્રાવણ)ના વિદ્યુતવિભાજનથી ક્લોરિન વાયુ મેળવી શકાય છે. ક્લોરિન વાયુ ઍનોડ પર જમા થાય છે. કેટલાક ઉદ્યોગોમાં ક્લોરિન વાયુ ઉપપેદાશ તરીકે પણ મળી આવે છે.

પ્રક્રિયા (i) અને (ii) દ્વારા પ્રયોગશાળામાં તથા પ્રક્રિયા (iii) અને (iv) દ્વારા ઉદ્યોગોમાં ક્લોરિન વાયુ બનાવી શકાય છે.

(2) ગુણધર્મો :

(i) ભૌતિક ગુણધર્મો :

- ક્લોરિન વાયુ ગૂંગળામણ કરે તેવો તીવ્ર વાસવાળો વાયુ છે.
- તે હવા કરતાં 2થી 5 ગણો ભારે છે.
- તે 239 K તાપમાને લીલાશપડતા પીળા રંગના પ્રવાહીમાં રૂપાંતર પામે છે.

(ii) રાસાયણિક ગુણધર્મો : ક્લોરિન વાયુ પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા હોઈ ધાતુ તથા અધાતુઓ સાથે પ્રક્રિયા કરી અનુવર્તી ક્લોરાઇડ સંયોજનો બનાવે છે.

$$2Al(s) + 3Cl_2(g) \rightarrow 2AlCl_3(s)$$

$$2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$$

$$2Fe(s) + 3Cl_2(g) \rightarrow 2FeCl_3(s)$$

$$P_4(s) + 6Cl_2(g) \rightarrow 4PCl_3(l)$$

$$S_8(s) + 4Cl_2(g) \rightarrow 4S_2Cl_2(l)$$

- હાઇડ્રોજન પ્રત્યે ખૂબ જ આકર્ષણ હોવાથી તે ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ સાથે અથવા હાઇડ્રોજન ધરાવતાં સંયોજનો સાથે જોડાઈ HCl બનાવે છે.

$$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$$

$$H_2S(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g) + S(s)$$

- ડાયક્લોરિન વાયુની વધુ પડતા એમોનિયા વાયુ સાથેની પ્રક્રિયાથી એમોનિયમ ક્લોરાઇડ અને ડાયનાઇટ્રોજન વાયુ બને છે. જ્યારે આ પ્રક્રિયામાં ડાયક્લોરિન વાયુનું પ્રમાણ વધુ હોય ત્યારે નાઇટ્રોજન ટ્રાયક્લોરાઇડ (વિસ્ફોટક પદાર્થ) બને છે.

$$8NH_3(g) + 3Cl_2(g) \rightarrow 6NH_4Cl(s) + N_2(g)$$

(વધુ પ્રમાણમાં)

$$NH_3(g) + 3Cl_2(g) \rightarrow NCl_3(g) + 3HCl(g)$$

(વધુ પ્રમાણમાં)

- તે ઠંડા અને મંદ આલ્કલી સાથે પ્રક્રિયા કરી ક્લોરાઇડ અને હાયપોક્લોરાઇટનું મિશ્રણ આપે છે. જ્યારે ગરમ અને સાંદ્ર આલ્કલી સાથે પ્રક્રિયા કરી ક્લોરાઇડ અને ક્લોરેટ આપે છે.

$$2NaOH(aq) + Cl_2(g) \rightarrow NaCl(aq) + NaOCl(aq) + H_2O(l)$$

(ઠંડો અને મંદ)

$$6NaOH(aq) + 3Cl_2(g) \rightarrow 5NaCl(aq) + NaClO_3(aq) + 3H_2O(l)$$

(ગરમ અને સાંદ્ર)

- તે ભીંજવેલા ચૂના (slaked lime) સાથે પ્રક્રિયા કરી બ્લિચિંગ પાઉડર બનાવે છે.

$$2Ca(OH)_2(aq) + 2Cl_2(g) \rightarrow Ca(OCl)_2(aq) + CaCl_2(aq) + 2H_2O(l)$$

બ્લિચિંગ પાઉડરના સંઘટકો $Ca(OCl)_2 \cdot CaCl_2 \cdot Ca(OH)_2 \cdot 2H_2O$ છે.

- ડાયક્લોરિન વાયુ સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન સાથે સૂર્યપ્રકાશની હાજરીમાં પ્રક્રિયા કરી વિસ્થાપિત નીપજો અને અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન સાથે પ્રક્રિયા કરી યોગશીલ નીપજો આપે છે.

$$\underset{\text{મિથેન}}{CH_4} + \underset{\text{ડાયક્લોરિન વાયુ}}{Cl_2} \xrightarrow{UV} \underset{\text{ક્લોરો મિથેન}}{CH_3Cl} + HCl$$

$$\underset{\text{ઇથિન}}{C_2H_4} + \underset{\text{ડાયક્લોરિન વાયુ}}{Cl_2} \xrightarrow{\text{ઓરડાના તાપમાને}} \underset{\text{1,2–ડાયક્લોરો ઇથેન}}{C_2H_4Cl_2}$$

- ક્લોરિન જળને લાંબો સમય રાખી મૂકવાથી તેમાં HCl અને HOCl બનવાને કારણે તે તેનો પીળો રંગ ગુમાવે છે. આ રીતે મળતો હાયપોક્લોરસ ઍસિડ (HOCl) નવજાત ઑક્સિજન આપે છે, જે ઑક્સિડેશન અને બ્લિચિંગ ગુણધર્મ માટે જવાબદાર છે.

$$2FeSO_4(s) + H_2SO_4(l) + Cl_2(g) \rightarrow Fe_2(SO_4)_3(s) + 2HCl(l)$$

$$Na_2SO_3(s) + Cl_2(g) + H_2O(l) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + 2HCl(aq)$$

(3) ઉપયોગો :

- કાગળ અને શણની બનાવટમાં વપરાતા લાકડાના માવાને બ્લીચ કરવા ડાયક્લોરિન વાયુ વપરાય છે.
- સોનું અને પ્લેટિનમના નિષ્કર્ષણમાં, દવા, રંગકો તથા કાર્બનિક સંયોજનોની બનાવટમાં, પીવાના પાણીને જીવાણુમુક્ત કરવા માટે ડાયક્લોરિન વાયુ ઉપયોગી છે.

- તે ફૉસ્જિન ($COCl_2$), અશ્રુવાયુ (CCl_3NO_2) અને મસ્ટાર્ડ વાયુ [$ClCH_2CH_2SCH_2CH_2Cl$] જેવા ઝેરી વાયુઓની બનાવટમાં વપરાય છે.

5.9.2 હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુની બનાવટ, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો (Preparation of Hydrogen Chloride Gas, Properties and Uses) :

(1) બનાવટ : પ્રયોગશાળામાં સોડિયમ ક્લોરાઇડ અને સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ વચ્ચે પ્રક્રિયા થઈ હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ બનાવી શકાય છે.

$$NaCl(s) + H_2SO_4(aq) \xrightarrow{420\ K} NaHSO_4(aq) + HCl(g)$$

$$NaHSO_4(aq) + NaCl(s) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + HCl(g)$$

આ HCl વાયુને સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાંથી પસાર કરતા તે સૂકો (dry) બને છે.

(2) ગુણધર્મો :

(i) ભૌતિક ગુણધર્મો :

- તે રંગવિહીન, તીવ્ર વાસવાળો વાયુ છે.
- તે 189 K તાપમાને રંગવિહીન પ્રવાહીમાં અને 159 K તાપમાને સફેદ સ્ફટિકમય ઘન પદાર્થમાં રૂપાંતર પામે છે.
- તે પાણીમાં ખૂબ જ દ્રાવ્ય છે.

(ii) રાસાયણિક ગુણધર્મો :

- હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુનું જલીય દ્રાવણ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ કહેવાય છે.
- હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુનું પાણીમાં સંપૂર્ણ આયનીકરણ થતું હોવાથી તે પ્રબળ ઍસિડ તરીકે વર્તે છે.

$$HCl(g) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

- હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ, એમોનિયા વાયુ સાથે પ્રક્રિયા કરી NH_4Clના સફેદ ધુમાડા આપે છે.

$$HCl(aq) + NH_3(g) \rightarrow NH_4Cl(g)$$

- ઉમદા ધાતુઓ જેવી કે સોનુ, પ્લેટિનમ વગેરેને દ્રાવ્ય કરવા માટે ત્રણ ભાગ સાંદ્ર HCl અને એક ભાગ સાંદ્ર HNO_3નું મિશ્રણ જેને એક્વારિજીયા (અમ્લરાજ) કહે છે.

$$Au(s) + 4H^+(aq) + NO_3^-(aq) + 4Cl^-(aq) \rightarrow AuCl_4^-(aq) + NO(g) + 2H_2O(l)$$

$$3Pt(s) + 16H^+(aq) + 4NO_3^-(aq) + 18Cl^-(aq) \rightarrow 3PtCl_6^{2-}(aq) + 4NO(g) + 8H_2O(l)$$

- તે નિર્બળ ઍસિડના ક્ષારોનું વિઘટન કરે છે.

$$Na_2CO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

$$NaHCO_3(s) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

(iii) ઉપયોગો :

- હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુ; ક્લોરિન, એમોનિયમ ક્લોરાઇડ અને ગ્લુકોઝના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે.
- તે પ્રયોગશાળામાં પ્રક્રિયક તરીકે પણ ઉપયોગી છે.

5.10 આંતરહેલોજન સંયોજનોની બનાવટ, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો (Preparation, Properties and Uses of Interhalogen Compounds)

બે જુદાં જુદાં હેલોજન તત્ત્વો એકબીજા સાથે પ્રક્રિયા કરી જે સંયોજનો બનાવે છે તેને આંતરહેલોજન સંયોજનો કહે છે. દા.ત., XX', XX'_3, XX'_5 અને XX'_7 સંયોજનો; જ્યાં X = મોટા કદના હેલોજન તત્ત્વો, X' = નાના કદનાં હેલોજન તત્ત્વો.

(1) બનાવટ : આંતરહેલોજન સંયોજનો, હેલોજન તત્ત્વોની એકબીજા સાથેની સીધી પ્રક્રિયાથી મેળવી શકાય છે.

$$Cl_2(g) + F_2(g) \xrightarrow{473\ K} 2ClF(g)$$

(સમાન કદ) (ક્લોરિન ફ્લોરાઇડ)

$$Cl_2(g) + 3F_2(g) \xrightarrow{573\ K} 2ClF_3(g)$$

(વધુ પ્રમાણમાં) (ક્લોરિન ટ્રાયફ્લોરાઇડ)

$$I_2(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2ICl(s)$$

(સમાન મોલ) (આયોડિન ક્લોરાઇડ)

$$I_2(s) + 3Cl_2(g) \rightarrow 2ICl_3(g)$$

(વધુ પ્રમાણમાં) (આયોડિન ટ્રાયક્લોરાઇડ)

$$Br_2(g) + 3F_2(g) \rightarrow 2BrF_3(l)$$

(બ્રોમિન ટ્રાયફ્લોરાઇડ)

$$Br_2(g) + 5F_2(g) \rightarrow 2BrF_5(l)$$

(વધુ પ્રમાણમાં) (બ્રોમિન પેન્ટાફ્લોરાઇડ)

(2) ગુણધર્મો : આંતર હેલોજન સંયોજનોના કેટલાક ગુણધર્મો કોષ્ટક 5.10માં દર્શાવેલા છે.

કોષ્ટક 5.10 આંતરહેલોજન સંયોજનોના કેટલાક ગુણધર્મો

પ્રકાર	રાસાયણિક સૂત્ર	ભૌતિક સ્થિતિ અને રંગ	બંધારણ (આકાર)
XX'	ClF	રંગવિહીન વાયુ	–
	BrF	આછો બદામી રંગ	–
	IF	સ્પૅક્ટ્રોસ્કોપિક પદ્ધતિથી ઓળખવામાં આવે છે.	–
	BrCl	વાયુ	–
	ICl	ચળકતો લાલ ઘન (α-સ્વરૂપ)	–
		બદામી લાલ ઘન (β-સ્વરૂપ)	–
	IBr	કાળો ઘન	

XX'_3	ClF_3	રંગવિહીન વાયુ	કોણીય T – આકાર
	BrF_3	પીળું લીલું પ્રવાહી	કોણીય T – આકાર
	IF_3	પીળો પાઉડર	કોણીય T – આકાર
	ICl_3	નારંગી રંગનો ઘન	કોણીય T – આકાર
XX'_5	IF_5	રંગવિહીન વાયુ પરંતુ 77 Kથી નીચા તાપમાને ઘન	સમચોરસ પિરામિડલ
	BrF_5	રંગવિહીન પ્રવાહી	સમચોરસ પિરામિડલ
	ClF_5	રંગવિહીન પ્રવાહી	સમચોરસ પિરામિડલ
XX'_7	IF_7	રંગવિહીન વાયુ	પૅન્ટાગોનલ બાય પિરામિડ

(i) ભૌતિક ગુણધર્મો : મોટા ભાગનાં આંતરહેલોજન સંયોજનો બાષ્પશીલ ઘન અથવા પ્રવાહી સ્વરૂપે હોય છે. કેટલાંક સંયોજનો વાયુ સ્વરૂપે પણ હોય છે. (કોષ્ટક 5.10)

(ii) રાસાયણિક ગુણધર્મો : સામાન્ય રીતે આંતરહેલોજન સંયોજનો, તેના અનુવર્તી હેલોજન તત્ત્વ કરતા વધુ સક્રિય હોય છે (ફ્લોરિન સિવાય), કારણ કે આંતરહેલોજન સંયોજનોમાં X–X' બંધ, X–X બંધની સાપેક્ષમાં નિર્બળ છે. આંતરહેલોજન સંયોજનોના જળવિભાજનથી તેમાંના નાના કદના હેલોજન તત્ત્વમાંથી હેલાઇડ આયન અને મોટા કદના હેલોજન તત્ત્વમાંથી હાઇપોહેલાઇટ (XX' માટે), હેલાઇટ (XX'_3 માટે), હેલેટ (XX'_5 માટે) અને પરહેલેટ (XX'_7 માટે) આયન બને છે.

$$XX' + H_2O \rightarrow HX' + HOX$$

(3) ઉપયોગો :

- આંતરહેલોજન સંયોજનો બિનજલીય દ્રાવક તરીકે વપરાય છે.
- તેઓ ખૂબ સારા ફ્લોરિનેટિંગ પ્રક્રિયકો છે.
- ClF_3 અને BrF_3નો ઉપયોગ U^{235} મેળવવા માટેના UF_6ના સંકેન્દ્રણ માટે થાય છે.

$$U(s) + 3ClF_3(l) \rightarrow UF_6(g) + 3ClF(g)$$

5.11 હેલોજન તત્ત્વોનાં ઑક્સોઍસિડ સંયોજનો (Oxoacid Compounds of Halogen Elements)

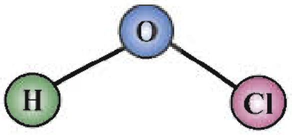
ફ્લૉરિન તત્ત્વના નાના કદ અને વધુ વિદ્યુતઋણમયતાને કારણે તે ફક્ત એક જ ઑક્સોઍસિડ બનાવે છે. HOFને ફ્લૉરિક (I) ઍસિડ અથવા હાયપોફ્લોરસ ઍસિડ કહે છે. બીજાં હેલોજન તત્ત્વો વધુ સંખ્યામાં ઑક્સોઍસિડ સંયોજનો બનાવે છે. મોટા ભાગનાં સંયોજનોને શુદ્ધ સ્વરૂપે અલગ કરી શકાતા નથી. તેઓ જલીય દ્રાવણ તરીકે કે ક્ષારરૂપે સ્થાયી હોય છે. હેલોજનનાં ઑક્સોઍસિડ સંયોજનો કોષ્ટક 5.11માં દર્શાવ્યા છે

કોષ્ટક 5.11 હેલોજનના ઑક્સોઍસિડ સંયોજનો

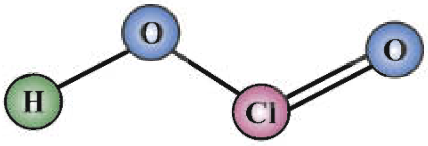
હેલિક (I) ઍસિડ (હાયપોહેલસ ઍસિડ)	HOF (હાયપોફ્લોરસ ઍસિડ)	HOCl (હાયપોક્લોરસ ઍસિડ)	HOBr (હાયપોબ્રોમસ ઍસિડ)	HOI (હાયપોઆયોડસ ઍસિડ)
હેલિક (II) ઍસિડ (હેલસ ઍસિડ)	–	HOClO (ક્લોરસ ઍસિડ)	–	–
હેલિક (V) ઍસિડ (હેલિક ઍસિડ)	–	$HOClO_2$ (ક્લોરિક ઍસિડ)	$HOBrO_2$ (બ્રોમિક ઍસિડ)	$HOIO_2$ (આયોડિક ઍસિડ)
હેલિક (VII) ઍસિડ (પરહેલિક ઍસિડ)	–	$HOClO_3$ (પરક્લોરિક ઍસિડ)	$HOBrO_3$ (પરબ્રોમિક ઍસિડ)	$HOIO_3$ (પરઆયોડિક ઍસિડ)

હેલોજનનાં ઑક્સોઍસિડ સંયોજનોની પ્રબળતા, હેલોજનની ઑક્સિડેશન અવસ્થા વધવા સાથે વધે છે. દા.ત., HClO અતિ નિર્બળ ઍસિડ છે. જેમાં Cl તત્ત્વની ઑક્સિડેશન અવસ્થા (+1) છે. $HClO_4$ ખૂબ જ પ્રબળ ઍસિડ છે, જેમાં Cl તત્ત્વની ઑક્સિડેશન અવસ્થા (+7) છે.

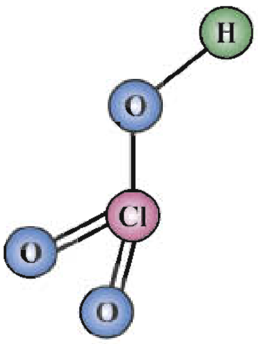
અહીં આપણે આ પૈકીના કેટલાક ઑક્સોઍસિડના માત્ર બંધારણ જ જોઈશું, જે નીચે દર્શાવેલ છે :



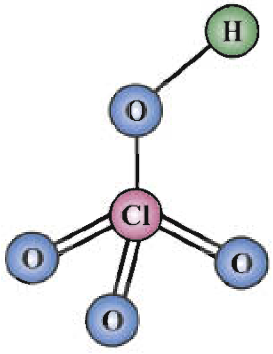
હાયપોક્લોરસ ઍસિડ



ક્લોરસ ઍસિડ



ક્લોરિક ઍસિડ



પરક્લોરિક ઍસિડ

5.12 સમૂહ-18નાં તત્ત્વો (Elements of Group-18)

સમૂહ-18માં છ તત્ત્વો હિલિયમ, નિયૉન, આર્ગોન, ક્રિપ્ટોન, ઝેનોન અને રેડૉન આવેલાં છે. આ તત્ત્વોને નિષ્ક્રિય વાયુઓ અથવા ઉમદા વાયુઓ તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે. આ તત્ત્વોને ધાતુઓ કે અધાતુઓ તરીકે ગણવામાં આવતાં નથી. આ બધાં તત્ત્વો ઓરડાના તાપમાને વાયુ સ્વરૂપે અને રાસાયણિક રીતે નિષ્ક્રિય છે. તેથી તેઓ બહુ જ ઓછાં સંયોજનો બનાવે છે. આ સમૂહનાં તત્ત્વોનાં અગત્યના પરમાણ્વિય અને ભૌતિક ગુણધર્મો કોષ્ટક 5.12માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 5.12 સમૂહ 18નાં તત્ત્વોના પરમાણ્વિય અને ભૌતિક ગુણધર્મો

ગુણધર્મો	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
પરમાણ્વિય-ક્રમાંક	2	10	18	36	54	86
પરમાણ્વિય દળ (ગ્રામ મોલ$^{-1}$)	4.00	20.18	39.95	83.80	131.30	222.00
ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના	$1s^2$	$[He]2s^22p^6$	$[Ne]3s^23p^6$	$[Ar]3d^{10}4s^24p^6$	$[Kr]4d^{10}5s^25p^6$	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^6$
આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી (Δ_iH) (કિલો જૂલ મોલ$^{-1}$)	2372	2080	1520	1351	1170	1037
ઇલેક્ટ્રૉન-પ્રાપ્તિ ઍન્થાલ્પી (કિલો જૂલ મોલ$^{-1}$)	48	116	96	96	77	68
પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા (pm)	120	160	190	200	220	–
ગલનબિંદુ (K)	–	24.6	83.8	115.9	161.3	202
ઉત્કલનબિંદુ (K)	4.2	27.1	87.2	119.7	165.0	211
ઘનતા (ગ્રામ સેમી$^{-3}$) (298 K)	1.8×10^{-4}	9.0×10^{-4}	1.8×10^{-3}	3.7×10^{-3}	5.9×10^{-3}	9.7×10^{-3}

5.12.1 ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના, પ્રાપ્તિસ્થાન, ઑક્સિડેશન અવસ્થા (Electronic Configuration, Occurrence Oxidation State) :

ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના : હિલિયમ ($1s^2$) સિવાયના સમૂહ-18નાં તત્ત્વોની સંયોજકતા કક્ષાની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના ns^2np^6 છે. હિલિયમ સિવાયના આ સમૂહનાં બધાં તત્ત્વોની બાહ્યતમ કક્ષા ઇલેક્ટ્રૉનથી પૂર્ણ ભરાયેલી હોય છે. તેથી આ તત્ત્વો રાસાયણિક રીતે નિષ્ક્રિય હોય છે.

પ્રાપ્તિસ્થાન : રેડોન સિવાયના બધા ઉમદા વાયુઓ વાતાવરણમાંથી મળી આવે છે. સૌથી વધુ હિલિયમ કુદરત અને કુદરતી વાયુમાંથી મળી આવે છે. આર્ગોન સૂકી હવામાં (dry air) કદથી 1 % જેટલું પ્રમાણ ધરાવે છે.

ઑક્સિડેશન અવસ્થા : Xe તેનાં સંયોજનોમાં +2, +4, +6 કે +8 ઑક્સિડેશન અવસ્થા ધરાવે છે.

5.12.2 ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા (Periodicity in Physical and Chemical Properties) :

(1) ભૌતિક ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા : કોષ્ટક 5.12ના આધારે કહી શકાય કે, સમૂહ-18નાં તત્ત્વોમાં પરમાણ્વિય-ક્રમાંકના વધારા સાથે પરમાણ્વિય કદ વધવાનું અને આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી ઘટવાનું સામાન્ય વલણ જોવા મળે છે.

(i) પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા : સમૂહમાં નીચે તરફ જતા પરમાણ્વિય-ક્રમાંક વધવાની સાથે પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા પણ વધે છે.

(ii) આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી : સમૂહ-18નાં તત્ત્વોની સ્થાયી ઇલેક્ટ્રૉન રચનાને કારણે તેમની આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઘણું ઊંચું જોવા મળે છે. સમૂહમાં નીચે તરફ જતા પરમાણ્વિય કદ વધવાની સાથે આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઘટે છે.

(iii) ઇલેક્ટ્રૉન-પ્રાપ્તિ ઍન્થાલ્પી : આ સમૂહનાં તત્ત્વોની સ્થાયી ઇલેક્ટ્રૉનરચનાને કારણે તેઓની ઇલેક્ટ્રૉન સ્વીકારવાની વૃત્તિ નથી. તેથી આ તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉન-પ્રાપ્તિ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય વધુ ધન જોવા મળે છે.

5.13 ઝેનોન-ફ્લોરિન સંયોજનો (Xenon-Fluorine Compounds)

ઝેનોન તત્ત્વ, ફ્લોરિન સાથે ત્રણ સંયોજનો બનાવે છે : XeF_2, XeF_4 અને XeF_6. આ સંયોજનો મેળવવા માટે ઝેનોનની ફ્લોરિન સાથેની પ્રક્રિયા ચોક્કસ પરિસ્થિતિ રાખી કરવામાં આવે છે.

$$Xe(g) + F_2(g) \xrightarrow{673\ K,\ 1\ \text{બાર}} XeF_2(s)$$

(વધુ પ્રમાણમાં)

$$Xe(g) + 2F_2(g) \xrightarrow{873\ K,\ 7\ \text{બાર}} XeF_4(s)$$

(1:5 પ્રમાણ)

$$Xe(g) + 3F_2(g) \xrightarrow{573\ K,\ 60\text{-}70\ \text{બાર}} XeF_6(s)$$

(1:20 પ્રમાણ)

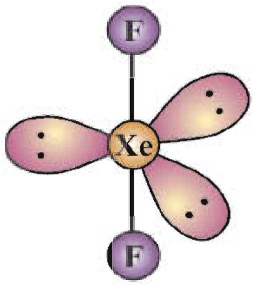
XeF_4 અને O_2F_2ની 143 K તાપમાને રાસાયણિક પ્રક્રિયાથી XeF_6 મેળવાય છે.

$$XeF_4(s) + O_2F_2(g) \rightarrow XeF_6(s) + O_2(g)$$

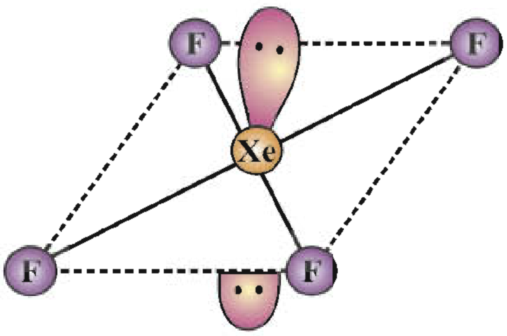
XeF_2, XeF_4 અને XeF_6 રંગવિહીન સ્ફટિકમય ઘન પદાર્થો છે. તેઓ 298 K તાપમાને સરળતાથી ઊર્ધ્વપાતન પામે છે. તેઓ પ્રબળ ફ્લોરિનેટિંગ એજન્ટ છે. પાણીના અલ્પ જથ્થામાં પણ તેમનું જળવિભાજન થાય છે. દા.ત.,

$$2XeF_2(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2Xe(g) + 4HF(aq) + O_2(g)$$

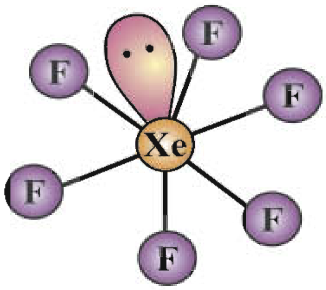
કેટલાંક અગત્યનાં ઝેનોન-ફ્લોરિન સંયોજનોના બંધારણ નીચે દર્શાવ્યા છે :



XeF_2
(રેખીય)



XeF_4
(સમતલીય સમચોરસ)



XeF_6
(વિકૃત અષ્ટફલકીય)

5.14 ઝેનોન-ઑક્સિજન સંયોજનો (Xenon-Oxygen Compounds)

XeF_4 અને XeF_6નું પાણી વડે જળવિભાજન થવાથી ઝેનોન ટ્રાયૉક્સાઇડ–XeO_3 બને છે.

$$6XeF_4(s) + 12H_2O(l) \rightarrow 4Xe(g) + 2XeO_3(s) + 24HF(aq) + 3O_2(g)$$

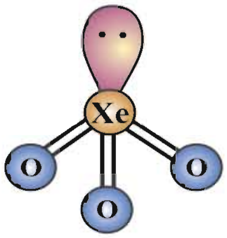
$$XeF_6(s) + 3H_2O(l) \rightarrow XeO_3(s) + 6HF(aq)$$

XeF_6નું આંશિક જળવિભાજન થવાથી ઝેનોનના ઑક્સિફ્લોરાઇડ સંયોજનો–$XeOF_4$ અને XeO_2F_2 બને છે.

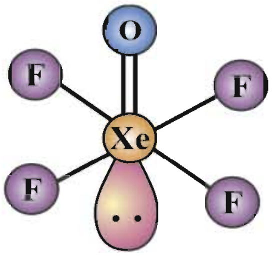
$$XeF_6(s) + H_2O(l) \rightarrow XeOF_4(l) + 2HF(aq)$$

$$XeF_6(s) + 2H_2O(l) \rightarrow XeO_2F_2(l) + 4HF(aq)$$

XeO_3 રંગવિહીન સ્ફોટક ઘન પદાર્થ છે. તે ત્રિકોણીય પિરામિડલ બંધારણ ધરાવે છે. $XeOF_4$ રંગવિહીન બાષ્પશીલ પ્રવાહી છે. તે સમચોરસ પિરામિડલ બંધારણ ધરાવે છે. XeO_3 અને $XeOF_4$ના બંધારણ નીચે દર્શાવ્યા છે :



XeO_3 ત્રિકોણીય પિરામિડલ



$XeOF_4$ સમચોરસ

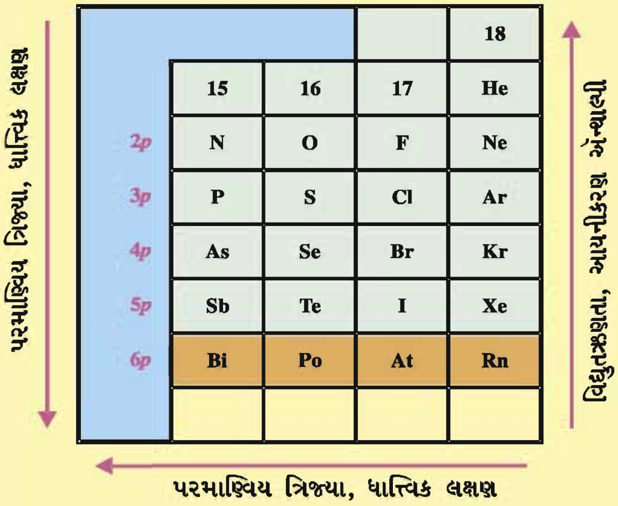
સારાંશ

આવર્ત કોષ્ટકમાં સમૂહ-13થી 18 સુધીનાં તત્ત્વોને p-વિભાગનાં તત્ત્વો તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. આ તત્ત્વોનું સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય બંધારણ ns^2np^{1-6} છે. આ એકમમાં આપણે સમૂહ-15, 16, 17 અને 18નાં તત્ત્વોનો અભ્યાસ કર્યો છે.

સમૂહ-15, 16, 17, 18નાં તત્ત્વોનો સામાન્ય પરિચય

	સમૂહ-15	સમૂહ-16	સમૂહ-17	સમૂહ-18
સામાન્ય નામ/ઓળખ	નાઇટ્રોજન સમૂહ	ચાલ્કોજન અથવા ઑક્સિજન સમૂહ	હેલોજન સમૂહ	ઉમદા વાયુસમૂહ
સંયોજકતા કક્ષાની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના	ns^2np^3	ns^2np^4	ns^2np^5	ns^2np^6
ઑક્સિડેશન અવસ્થા	N –3થી +5	O –2, –1, +1, +2	F –1	Ne –
	P, As –3, +3, +5	S, Se, Te –2, +2, +4, +6	Cl, Br, I –1, +1, +3, +5, +7	Xe +2, +4, +6, +8
	Sb, Bi +3, +5	Po +2, +4	– –	– –

સમૂહ 15, 16, 17, 18નાં તત્ત્વોની ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા



સમૂહ-15નું પ્રથમ તત્ત્વ નાઇટ્રોજન, સમૂહનાં અન્ય તત્ત્વોથી ઘણી બધી રીતે અલગ પડે છે, જેનું કારણ તેનું નાનું કદ; નાઇટ્રોજન પરમાણુઓ વચ્ચે $p\pi–p\pi$ ત્રિબંધ રચવાની ક્ષમતા તથા d-કક્ષકોની અપ્રાપ્તિ છે. આ સમૂહનાં તત્ત્વોમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતા ગુણધર્મોમાં ફેરફાર જોવા મળે છે. ડાયનાઇટ્રોજન (N_2) વાયુ પ્રયોગશાળામાં તેમજ ઔદ્યોગિક ધોરણે બનાવી શકાય છે. નાઇટ્રોજન તત્ત્વના ઑક્સાઇડ N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4 અને N_2O_5 છે, જે સસ્પંદન સૂત્રો ધરાવે છે. એમોનિયા અને નાઇટ્રિક ઍસિડ, નાઇટ્રોજનનાં સંયોજનો છે. ફૉસ્ફરસ તત્ત્વ P_4 તરીકે અસ્તિત્વ ધરાવે છે. તે ઘણાં અપરરૂપો ધરાવે છે. તે હાઇડ્રાઇડ, હેલાઇડ અને ઑક્સોઍસિડ સંયોજનો બનાવે છે.

સમૂહ-16નું પોલોનિયમ તત્ત્વ રેડિયોસક્રિય છે. ઑક્સિજન તત્ત્વ ધાતુઓ સાથે ધાતુ ઑક્સાઇડ બનાવે છે. ઑક્સિજન તત્ત્વનું અપરરૂપ ઓઝોન પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા છે. સલ્ફર તત્ત્વ વિવિધ અપરરૂપો ધરાવે છે, જે પૈકી α અને β અપરરૂપો વધુ અગત્યના છે. સલ્ફર તત્ત્વ ઑક્સિજન સાથે સંયોજાઈ SO_2 અને SO_3 જેવા ઑક્સાઇડ સંયોજનો બનાવે છે. સલ્ફરના વિવિધ ઑક્સોઍસિડ પૈકી સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સૌથી અગત્યનો છે. તેને 'રસાયણોનો રાજા' કહે છે.

એસ્ટેટીન તત્ત્વ રેડિયોસક્રિય છે. આ તત્ત્વોને સ્થાયી ઇલેક્ટ્રૉનીયરચના પ્રાપ્ત કરવા એક ઇલેક્ટ્રૉનની જરૂર હોઈ તેઓ ખૂબ જ સક્રિય છે. પરિણામે આ સમૂહનાં તત્ત્વો મુક્તાવસ્થામાં મળી આવતા નથી પરંતુ સંયોજિત અવસ્થામાં ઋણઆયન તરીકે મળી આવે છે. આ સમૂહનાં તત્ત્વો ઑક્સાઇડ, હાઇડ્રોજન હેલાઇડ, આંતરહેલોજન સંયોજનો અને ઑક્સોઍસિડ સંયોજનો બનાવે છે.

સમૂહ-18નું રેડૉન તત્ત્વ રેડિયોસક્રિય છે. આ સમૂહનાં બધાં જ તત્ત્વોમાં અષ્ટક રચના પૂર્ણ થયેલી હોવાથી તેઓ રાસાયણિક રીતે નિષ્ક્રિય છે. આ સમૂહનું ઝેનોન તત્ત્વ વિશિષ્ટ પ્રક્રિયા પરિસ્થિતિ હેઠળ ફ્લોરિન અને ઑક્સિજન તત્ત્વ સાથે સંયોજાઈ ફ્લોરાઇડ અને ઑક્સાઇડ સંયોજનો બનાવે છે.

સ્વાધ્યાય

1. આપેલા વિકલ્પોમાંથી યોગ્ય વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) p-વિભાગનાં તત્ત્વોમાં કુલ કેટલા સમૂહ આવેલા છે ?

(A) 3 (B) 4 (C) 5 (D) 6

(2) ચિલી સૉલ્ટપીટરનું આણ્વિય સૂત્ર કયું છે ?

(A) KNO_3 (B) $NaNO_3$ (C) $Ca(NO_3)_2$ (D) $Ba(NO_3)_2$

(3) નીચેના પૈકી કયા આયનની હાજરી જાણવા માટે વીંટી કસોટી ઉપયોગી છે ?

(A) NO^- (B) NO_3^- (C) NO_2 (D) N_2O

(4) નીચેના પૈકી કયાં ચાર તત્ત્વોના સમૂહને ચાલ્કોજન કહે છે ?

(A) નાઇટ્રોજન, ફૉસ્ફરસ, આર્સેનિક અને એન્ટિમની

(B) ઑક્સિજન, સલ્ફર, સેલેનિયમ અને ટેલુરિયમ

(C) ફ્લોરિન, ક્લોરિન, બ્રોમિન અને આયોડિન

(D) હિલિયમ, નિયૉન, આર્ગોન અને ક્રિપ્ટોન

(5) નીચેના પૈકી કઈ ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના સમૂહ-16ના તત્ત્વોની સંયોજકતા કક્ષાની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના છે ?

(A) ns^2np^3 (B) ns^2np^4 (C) ns^2np^6 (D) ns^2np^5

(6) નીચેના પૈકી ક્લોરિનનો કયો ઑક્સોઍસિડ સૌથી વધુ પ્રબળ છે ?

(A) $HClO_3$ (B) $HClO$ (C) $HClO_4$ (D) $HClO_2$

(7) નીચેના પૈકી સ્થાયીતાના સંદર્ભમાં કયો ક્રમ સાચો છે ?

(A) HF > HBr > HCl > HI (B) HI < HCl < HBr < HF

(C) HF > HCl > HBr > HI (D) HF > HI > HCl > HBr

(8) નીચેના પૈકી કયું સંયોજન આંતરહેલોજન સંયોજન છે ?

(A) XeF_4 (B) IF_7 (C) NaCl (D) CaF_2

(9) ઑલિયમનું આણ્વિય સૂત્ર કયું છે ?

(A) H_2SO_3 (B) H_2SO_5 (C) $H_2S_2O_7$ (D) $H_2S_2O_8$

(10) નીચેનામાંથી કયા ઑક્સાઇડમાં નાઇટ્રોજન તત્ત્વની ઑક્સિડેશન અવસ્થા (+4) છે ?

(A) N_2O_3 (B) N_2O_4 (C) N_2O_5 (D) N_2O

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર લખો :

(1) ફૉસ્ફરસનાં અગત્યનાં ત્રણ અપરરૂપો જણાવો.

(2) નીચેનાં સંયોજનોમાં લીટી દોરેલાં તત્ત્વોની ઑક્સિડેશન અવસ્થા જણાવો :

(i) $\underline{Cl}_2O$ (ii) $\underline{Cl}O_2$ (iii) $K\underline{Br}O_3$ (iv) $Na\underline{Cl}O_4$

(3) NO_2નાં સંસ્પંદન સૂત્રો દોરો.

(4) સલ્ફર તત્ત્વના ચાર ઑક્સોઍસિડના આણ્વિય સૂત્ર લખો.

(5) ફ્લોરિન તત્ત્વના એક ઑક્સોઍસિડનું નામ અને આણ્વિય સૂત્ર જણાવો.

(6) ફૉસ્ફરસ ટ્રાયક્લોરાઇડની બનાવટ-પ્રક્રિયા લખો.

(7) સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુના બે ઉપયોગો જણાવો.

(8) ફૉસ્ફરસના કયા અપરરૂપનો પાણીમાં સંગ્રહ કરવામાં આવે છે ?

(9) સલ્ફરના બે અપરરૂપો ર્‌હોમ્બિક અને મૉનોક્લિનિક માટેનું સંક્રાંતિ તાપમાન જણાવો.

(10) પોલિમેટાફૉસ્ફોરિક ઍસિડનું આણ્વિય સૂત્ર લખો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર લખો :

(1) એક જ આવર્તમાં સમૂહ-15ના તત્ત્વની આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય, સમૂહ-14ના તત્ત્વની આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીના મૂલ્ય કરતા વધુ હોય છે. શા માટે ?

(2) એમોનિયા વાયુના બે રાસાયણિક ગુણધર્મો લખો.

(3) નાઇટ્રેટ આયનની પરખ માટેની વીંટી કસોટી લખો.

(4) સલ્ફરનાં અપરરૂપોનું આંતરપરિવર્તન સમજાવો.

(5) આંતરહેલોજન સંયોજનો એટલે શું ? તેના પ્રકાર જણાવી દરેકનું એક-એક ઉદાહરણ આપો.

(6) ક્લોરિન વાયુની એમોનિયા વાયુ સાથેની પ્રક્રિયા લખો.

(7) ફૉસ્ફરસનાં ઑક્સાઇડ સંયોજનોની પાણી સાથેની બે પ્રક્રિયાઓ લખો.

(8) ઝેનોન-ફ્લોરિન અને ઝેનોન-ઑક્સિજન સંયોજનોનાં બે-બે ઉદાહરણો લખો.

(9) સમૂહ-16નાં તત્ત્વોની ઑક્સિડેશન અવસ્થાઓ જણાવો.

(10) ડાયઑક્સિજન વાયુની બનાવટની બે પ્રક્રિયાઓ લખો.

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર લખો :

(1) સમૂહ-15નાં તત્ત્વોની હાઇડ્રોજન તત્ત્વ, ઑક્સિજન તત્ત્વ, હેલોજન તત્ત્વો અને ધાતુ તત્ત્વો સાથેની પ્રક્રિયાઓની ચર્ચા કરો.

(2) નાઇટ્રોજન તત્ત્વની સમૂહ-15નાં અન્ય તત્ત્વોથી અનિયમિત વર્તણૂક સમજાવો.

(3) નાઇટ્રિક ઍસિડની બનાવટ, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો ચર્ચો.

(4) 'નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડ' વિશે ટૂંક નોંધ લખો.

(5) ડાયઑક્સિજન વાયુની બનાવટ, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો ચર્ચો.

(6) સંપર્કવિધિ દ્વારા સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન ચર્ચો.

(7) સલ્ફર તત્ત્વના ચાર ઑક્સોઍસિડનાં નામ, આણ્વિય સૂત્ર અને બંધારણીય સૂત્રો લખો.

(8) હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુના રાસાયણિક ગુણધર્મો ચર્ચો.

(9) ફૉસ્ફરસ ટ્રાયક્લોરાઇડની બનાવટ અને ગુણધર્મો લખો.

(10) ઓઝોન વાયુની બનાવટ, ગુણધર્મો અને ઉપયોગ ચર્ચો.