



## પ્રકરણ 5

### તત્વોનું આવર્તી વર્ગીકરણ

### (Periodic Classification of Elements)



ધોરણ IXમાં આપણે શીખી ગયાં કે આપણી આસપાસની વસ્તુઓ તત્વો, સંયોજનો અને મિશ્રણ રૂપે હાજર છે અને આ તત્વો એક જ પ્રકારના પરમાણુઓ ધરાવે છે. શું તમે જાણો છો કે આજ દિન સુધી કેટલાં તત્વો જાણીતાં થયાં છે ? હાલમાં 118 તત્વો આપણા માટે જાણીતાં છે. આ તમામ તત્વો જુદાં-જુદાં ગુણધર્મો ધરાવે છે. આ 118 પૈકી માત્ર 94 કુદરતી રીતે પ્રાપ્ય છે.

જેમ-જેમ જુદાં-જુદાં તત્વોની શોધ થતી ગઈ તેમ-તેમ વૈજ્ઞાનિકોએ આ તત્વોના ગુણધર્મો વિશે વધુ ને વધુ માહિતી એકત્ર કરી. તેઓને તત્વોની આ માહિતીઓને વ્યવસ્થિત ગોઠવવી ઘણી મુશ્કેલ લાગી. તેમણે તેમના ગુણધર્મોમાં કોઈ ભાત (pattern) શોધવાનું શરૂ કર્યું કે જેના આધારે આટલી મોટી સંખ્યાનાં તત્વોનો તેઓ સરળતાથી અભ્યાસ કરી શકે.

#### 5.1 અવ્યવસ્થિતને વ્યવસ્થિત કરવું - તત્વોના વર્ગીકરણના પ્રારંભિક પ્રયત્નો

#### (Making Order Out of Chaos- Early Attempts at the Classification of Elements)



આપણે શીખી ગયાં છીએ કે જુદી-જુદી વસ્તુઓ અથવા સજીવોને તેમના ગુણધર્મોના આધારે વર્ગીકૃત કરી શકાય છે. અન્ય પરિસ્થિતિઓમાં પણ આપણને કેટલાક ગુણધર્મો પર આધારિત વ્યવસ્થાનાં ઉદાહરણો જોવા મળે છે. જેમકે દુકાનમાં સાબુને એક સાથે એક જ જગ્યાએ રાખવામાં આવે છે જ્યારે બિસ્કિટને એકસાથે અન્ય જગ્યા પર રાખવામાં આવે છે. સાબુમાં પણ નાહવાના સાબુઓને કપડાં ધોવાના સાબુઓથી અલગ રાખવામાં આવે છે. આ જ રીતે વૈજ્ઞાનિકોએ પણ તત્વોને તેમના ગુણધર્મોના આધારે વર્ગીકૃત કરવા માટે ઘણા પ્રયત્નો કર્યા અને અવ્યવસ્થિતમાંથી વ્યવસ્થિત ક્રમિક ગોઠવણી મેળવી.

તત્વોના વર્ગીકરણ માટેના સૌપ્રથમ પ્રયત્નના પરિણામ સ્વરૂપે જાણીતાં તત્વોને ધાતુઓ અને અધાતુઓના જૂથમાં વહેંચવામાં આવ્યા. ત્યાર બાદ જેમ તત્વો અને તેના ગુણધર્મો વિશે આપણું જ્ઞાન વધતું ગયું તેમ વધુ વર્ગીકરણ માટેના પ્રયત્નો થતા ગયા.

##### 5.1.1 ડોબરેનરની ત્રિપુટી (Döbereiner's Triads)

1817 ના વર્ષમાં જર્મન રસાયણવિજ્ઞાની જહોન વુલ્ફગેંગ ડોબરેનર (Johann Wolfgang Döbereiner) સમાન ગુણધર્મો ધરાવતાં તત્વોને જૂથમાં ગોઠવવાનો પ્રયાસ કર્યો. તેમણે ત્રણ તત્વો ધરાવતાં કેટલાંક જૂથો ઓળખી બતાવ્યાં, તેથી તેમણે તે જૂથોને 'ત્રિપુટી' કહ્યા. ડોબરેનરે દર્શાવ્યું કે, ત્રિપુટીનાં ત્રણ તત્વોને તેમના પરમાણ્વીય દળના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવવામાં આવે ત્યારે



##### આકૃતિ 5.1

કલ્પના કરો કે તમને અને તમારા મિત્રોને દુકડામાં વિભાજિત થયેલ એક નકશો મળે છે જે કોઈ ખજાનાની જગ્યા બતાવે છે. શું તે ખજાના સુધીનો રસ્તો જાણવો સહેલો હશે કે અવ્યવસ્થા ધરાવતો હશે? રસાયણવિજ્ઞાનમાં પણ આવી જ અવ્યવસ્થા હતી કે તત્વો તો જાણીતાં હતાં પરંતુ તેમના વર્ગીકરણ અને અભ્યાસ કેવી રીતે કરવા તે અંગેનું કોઈ સૂચન ન હતું.

મધ્યમાં રહેલા તત્ત્વનું પરમાણ્વીય દળ અન્ય બે તત્ત્વોના પરમાણ્વીય દળના લગભગ સરેરાશ જેટલું થાય છે.

ઉદાહરણ તરીકે લિથિયમ (Li), સોડિયમ (Na) અને પોટેશિયમ (K) ધરાવતી ત્રિપુટી લો. જેના પરમાણ્વીય દળ ક્રમશઃ : 6.9, 23.0 અને 39.0 છે. Li અને Kના પરમાણ્વીય દળની સરેરાશ શું છે ? Naના પરમાણ્વીય દળ સાથે તેની તુલના કેવી રીતે કરી શકીએ ?

નીચે (કોષ્ટક 5.1) ત્રણ તત્ત્વોનાં કેટલાંક જૂથો આપેલ છે. આ તત્ત્વોને પરમાણ્વીય દળના ચડતા ક્રમમાં ઉપરથી નીચે તરફ ગોઠવવામાં આવ્યા છે. શું તમે શોધી શકો કે આ જૂથો પૈકી કયું ડોબરેનરની ત્રિપુટી બનાવે છે ?

**કોષ્ટક 5.1**

જૂથ A તત્ત્વ	પરમાણ્વીય દળ	જૂથ B તત્ત્વ	પરમાણ્વીય દળ	જૂથ C તત્ત્વ	પરમાણ્વીય દળ
N	14.0	Ca	40.1	Cl	35.5
P	31.0	Sr	87.6	Br	79.9
As	74.9	Ba	137.3	I	126.9

તમે શોધી શકશો કે સમૂહ B તથા C ડોબરેનરની ત્રિપુટી બનાવે છે. ડોબરેનર તે સમયે જાણીતાં તત્ત્વોમાં માત્ર ત્રણ જ ત્રિપુટીઓ જાણી શક્યા હતા (કોષ્ટક 5.2). તેથી ત્રિપુટીમાં વર્ગીકૃત કરવાની આ પદ્ધતિ સફળ ન રહી.

**કોષ્ટક 5.2**

ડોબરેનરની ત્રિપુટીઓ

Li	Ca	Cl
Na	Sr	Br
K	Ba	I

#### જહોન વુલ્ફગેંગ ડોબરેનર (1780-1849)

જહોન વુલ્ફગેંગ ડોબરેનરે જર્મનીના મ્યુન્શબર્ગમાં ઔષધીય વિજ્ઞાનનો અભ્યાસ કર્યો અને તે પછી સ્ટ્રેસબર્ગમાં રસાયણશાસ્ત્રનો અભ્યાસ કર્યો. આખરે તે જેના (Jena) વિશ્વવિદ્યાલયમાં રસાયણશાસ્ત્ર અને ઔષધીય વિજ્ઞાનના પ્રોફેસર બની ગયા. ડોબરેનરે જ સૌપ્રથમ પ્લેટિનમનું ઉદ્દીપક તરીકે અવલોકન કર્યું તથા તત્ત્વોની સામ્યતા ધરાવતી ત્રિપુટીની શોધ કરી. જેનાથી તત્ત્વોના આવર્ત કોષ્ટકનો વિકાસ થયો.



#### 5.1.2 ન્યૂલેન્ડનો અષ્ટકનો નિયમ (Newlands' Law of Octaves)

ડોબરેનરના પ્રયાસોએ બીજા રસાયણશાસ્ત્રીઓને તત્ત્વોના ગુણધર્મોના તેમના પરમાણ્વીય દળ સાથે સંબંધ સ્થાપવા માટે પ્રોત્સાહિત કર્યા. 1866 માં અંગ્રેજ વૈજ્ઞાનિક જહોન ન્યૂલેન્ડે (John Newlands) જાણીતાં તત્ત્વોને પરમાણ્વીય દળના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવ્યા. તેમણે સૌથી ઓછા પરમાણ્વીય દળ ધરાવતા તત્ત્વ (હાઈડ્રોજન)થી શરૂઆત કરી તથા 56મા તત્ત્વ થોરિયમ પર તેને પૂર્ણ કર્યું. તેમણે જોયું કે પ્રત્યેક આઠમા તત્ત્વના ગુણધર્મ પ્રથમ તત્ત્વના ગુણધર્મને મળતા આવે છે. તે જાણી તેની તુલના સંગીતના સૂરો સાથે કરી અને તેથી જ તેમણે તેને ‘અષ્ટકનો સિદ્ધાંત’ કહ્યો. તે ‘ન્યૂલેન્ડના અષ્ટકનો નિયમ’ તરીકે જાણીતો છે. ન્યૂલેન્ડના અષ્ટકમાં લિથિયમ અને સોડિયમના ગુણધર્મો સમાન હતા. સોડિયમ, લિથિયમ પછીનું આઠમું તત્ત્વ છે. આ જ રીતે બેરિલિયમ અને મેગ્નેશિયમ એકબીજાને મળતા આવે છે. ન્યૂલેન્ડના અષ્ટકના મૂળ સ્વરૂપનો એક ભાગ કોષ્ટક 5.3 માં આપેલ છે.



### કોષ્ટક 5.3 ન્યૂલેન્ડનું અષ્ટક

સા (ડો)	રે (રે)	ગ (મિ)	મ (ફા)	પ (સો)	ધ (લા)	નિ (ટિ)
H	Li	Be	B	C	N	O
F	Na	Mg	Al	Si	P	S
Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe
Co તથા Ni	Cu	Zn	Y	In	As	Se
Br	Rb	Sr	Ce તથા La	Zr	—	—

શું તમે જાણો છો ?

શું તમે સંગીતના સૂરોથી પરિચિત છો ?

ભારતીય સંગીત પ્રણાલીમાં સંગીતના સાત સૂર હોય છે — સા, રે, ગ, મ, પ, ધ, નિ. પશ્ચિમમાં લોકો આ સૂરોના આ પ્રકારે ઉપયોગ કરે છે. — ડો, રે, મિ, ફા, સો, લા, ટિ. સૂરના માપક્રમ, પૂર્ણ અને અર્ધ પદ આવૃત્તિ વિરામથી અલગ કરેલ છે. આ સૂરોનો ઉપયોગ કરી કોઈ સંગીતકાર સંગીતની રચના કરે છે. તે સ્પષ્ટ છે કે સૂર વારંવાર પુનરાવર્તિત કરાય છે. પ્રત્યેક આઠમો સૂર પ્રથમ સૂર જેવો હોય છે તથા તે પછીની પંક્તિનો પ્રથમ સૂર હોય છે.

- એવું શોધાયું છે કે અષ્ટકનો સિદ્ધાંત માત્ર કેલ્શિયમ સુધી જ લાગુ પડતો હતો કારણ કે કેલ્શિયમ પછી પ્રત્યેક આઠમા તત્વના ગુણધર્મ પહેલા તત્વને મળતા આવતા નથી.
- ન્યૂલેન્ડે કલ્પના કરી કે કુદરતમાં માત્ર 56 તત્વો હાજર છે અને ભવિષ્યમાં કોઈ અન્ય તત્વ શોધાશે નહિ. પરંતુ ત્યાર બાદ અનેક નવાં તત્વો શોધાયાં જેના ગુણધર્મો અષ્ટકના સિદ્ધાંતમાં બંધબેસતા નથી.
- પોતાના કોષ્ટકમાં તત્વોને બંધ બેસાડવા માટે ન્યૂલેન્ડે બે તત્વોને એક જૂથમાં (slot) રાખી દીધા પરંતુ કેટલાંક અસમાન તત્વોને પણ એક જૂથમાં રાખ્યા. શું તમે કોષ્ટક 5.3માં આવાં ઉદાહરણ શોધી શકો છો ? ધ્યાન આપો કે કોબાલ્ટ અને નિકલ એક જ જૂથમાં છે અને એક સાથે જ ફ્લોરિન, ક્લોરિન અને બ્રોમિન સાથે હરોળમાં રાખવામાં આવ્યા છે જેમના ગુણધર્મો આ તત્વો કરતાં જુદાં છે. આયર્ન કે જે કોબાલ્ટ અને નિકલ સાથે ગુણધર્મોમાં સમાનતા ધરાવે છે તેને આ તત્વોથી દૂર રાખવામાં આવ્યું છે.

આમ, ન્યૂલેન્ડના અષ્ટકનો સિદ્ધાંત માત્ર હલકાં તત્વો માટે જ યોગ્ય ઠર્યો.

### પ્રશ્નો

1. શું ડોબરેનરની ત્રિપુટી ન્યૂલેન્ડના અષ્ટકના સમૂહમાં પણ જોવા મળે છે ? સરખામણી કરી શોધી કાઢો.
2. ડોબરેનરના વર્ગીકરણની મર્યાદાઓ શું છે ?
3. ન્યૂલેન્ડના અષ્ટકના સિદ્ધાંતની મર્યાદાઓ શું છે ?



### 5.2 અવ્યવસ્થિતમાંથી વ્યવસ્થિત કરવું—મેન્ડેલીફનું આવર્ત કોષ્ટક (Making Order Out of Chaos - Mendeleev's Periodic Table)

ન્યૂલેન્ડના અષ્ટકનો સિદ્ધાંત અસ્વીકાર્ય થયા બાદ પણ અનેક વૈજ્ઞાનિકોએ તત્વોના ગુણધર્મોનો તેમના પરમાણ્વીય દળ સાથેના સંબંધની ભાત (pattern) શોધવાનું ચાલુ રાખ્યું.

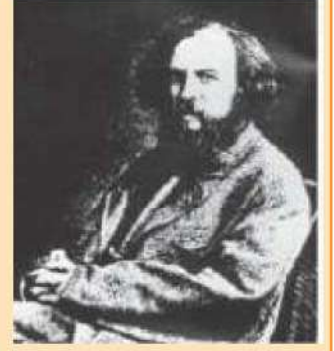


તત્વોનું આવર્ત વર્ગીકરણ

તત્વોના વર્ગીકરણનો મુખ્ય શ્રેય રશિયન રસાયણશાસ્ત્રી દમિત્રી ઈવાનોવિચ મેન્ડેલીફને (Dmitri Ivanovich Mendele'ev) ફાળે જાય છે. તત્વોના આવર્તકોષ્ટકના પ્રારંભિક વિકાસમાં તેમનું યોગદાન મુખ્ય રહ્યું, કે જેમાં તત્વોને તેમના મૂળભૂત ગુણધર્મો, પરમાણ્વીય દળ અને રાસાયણિક ગુણધર્મોમાં સામ્યતાના આધારે ગોઠવવામાં આવ્યા હતા.

#### દમિત્રી ઈવાનોવિચ મેન્ડેલીફ (1834-1907)

મેન્ડેલીફનો જન્મ 8 ફેબ્રુઆરી, 1834માં રશિયાના પશ્ચિમી સાઈબિરિયાના ટોબોલ્સ્કમાં થયો હતો. તેમની પ્રાથમિક શિક્ષા પછી મેન્ડેલીફ પોતાની માતાના પ્રયાસોને કારણે વિશ્વવિદ્યાલયમાં પ્રવેશ મેળવી શક્યા. પોતાની શોધને તેમણે પોતાની માતાને સમર્પિત કરતાં લખ્યું, “તેણીએ મને ઉદાહરણ આપી સમજાવ્યું, પ્રેમથી સમજાવ્યું, પોતાનાં બાકી કાર્ય અને શક્તિનો ઉપયોગ



કરીને મારી સાથે જુદી-જુદી જગ્યાઓએ પ્રવાસ કર્યો. તેણી જાણતી હતી કે વિજ્ઞાનની મદદથી, હિંસા વગર પરંતુ પ્રેમ અને દૃઢતાથી અંધવિશ્વાસ, અસત્ય ધારણાઓ અને ભૂલોને દૂર કરી શકાય છે.” તેમના દ્વારા આપેલ તત્વોની ગોઠવણીને મેન્ડેલીફનું આવર્તકોષ્ટક કહે છે. આવર્તકોષ્ટક રસાયણશાસ્ત્રમાં એક જ એવો નિયમ સાબિત થયો કે, જેનાથી નવાં તત્વોની શોધને પ્રેરણા મળી.

જ્યારે મેન્ડેલીફે પોતાનાં કાર્યની શરૂઆત કરી ત્યારે 63 તત્વો જાણીતાં હતાં. તેમણે તત્વોના પરમાણ્વીય દળ અને તેમના ભૌતિક તેમજ રાસાયણિક ગુણધર્મો વચ્ચેના સંબંધો તપાસ્યા. રાસાયણિક ગુણધર્મોની વચ્ચે મેન્ડેલીફે તત્વોના ઓક્સિજન અને હાઈડ્રોજન સાથે બનતાં સંયોજનો પર ધ્યાન કેન્દ્રિત કર્યું. તેમણે ઓક્સિજન અને હાઈડ્રોજનને પસંદ કર્યા કેમ કે તે અતિસક્રિય છે તથા મોટા ભાગનાં તત્વો સાથે સંયોજનો બનાવે છે. તત્વો દ્વારા બનતા હાઈડ્રાઈડ અને ઓક્સાઈડનાં સૂત્રોને તત્વના વર્ગીકરણ માટેના મૂળભૂત ગુણધર્મો પૈકીના એક ગુણધર્મ તરીકે ગણવામાં આવ્યો. ત્યાર બાદ તેમણે 63 કાર્ડ લીધા અને પ્રત્યેક કાર્ડ પર એક તત્વના ગુણધર્મો લખ્યા. તેમણે સમાન ગુણધર્મો ધરાવતાં તત્વોને અલગ કર્યા અને તે કાર્ડ પર ટાંકણી લગાવીને દીવાલ પર એકસાથે લગાવ્યા. તેમણે અવલોકન કર્યું કે મોટા ભાગનાં તત્વોને આવર્તકોષ્ટકમાં સ્થાન મળી ગયું હતું તથા પોતાના પરમાણ્વીય દળના ચડતા ક્રમમાં તે તત્વો ગોઠવાઈ ગયાં હતાં. તે પણ અવલોકન કરવામાં આવ્યું કે સમાન ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો ધરાવતાં જુદાં-જુદાં તત્વો એક નિશ્ચિત વિરામ પછી ફરીથી આવે છે તેને આધારે મેન્ડેલીફે આવર્ત નિયમ બનાવ્યો. જે દર્શાવે છે કે ‘તત્વોના ગુણધર્મો તેના પરમાણ્વીય દળના આવર્તનીય વિધેય છે.’

મેન્ડેલીફનાં આવર્તકોષ્ટકમાં ઊભા સ્તંભ કે જેને ‘સમૂહ’ તથા આડી હરોળ કે જેને ‘આવર્ત’ કહે છે તેનો સમાવેશ થયેલ છે (કોષ્ટક 5.4).



#### કોષ્ટક 5.4 મેન્ડેલીફનું આવર્તકોષ્ટક

સમૂહ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
ઑક્સાઇડ હાઇડ્રાઇડ	R <sub>2</sub> O RH	RO RH <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> RH <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub> RH <sub>4</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub> RH <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub> RH <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub> RH	RO <sub>4</sub>
આવર્ત ↓	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	સંક્રાંતિ શ્રેણી
1	H 1.008							
2	Li 6.939	Be 9.012	B 10.81	C 12.011	N 14.007	O 15.999	F 18.998	
3	Na 22.99	Mg 24.31	Al 29.98	Si 28.09	P 30.974	S 32.06	Cl 35.453	
4	પ્રથમ શ્રેણી : K 39.102 દ્વિતીય શ્રેણી : Cu 63.54	Ca 40.08 Zn 65.37	Sc 44.96 Ga 69.72	Ti 47.90 Ge 72.59	V 50.94 As 74.92	Cr 50.20 Se 78.96	Mn 54.94 Br 79.909	Fe 55.85 Co 58.93 Ni 58.71
5	પ્રથમ શ્રેણી : Rb 85.47 દ્વિતીય શ્રેણી : Ag 107.87	Sr 87.62 Cd 112.40	Y 88.91 In 114.82	Zr 91.22 Sn 118.69	Nb 92.91 Sb 121.75	Mo 95.94 Te 127.60	Tc 99 I 126.90	Ru 101.07 Rh 102.91 Pd 106.4
6	પ્રથમ શ્રેણી : Cs 132.90 દ્વિતીય શ્રેણી : Au 196.97	Ba 137.34 Hg 200.59	La 138.91 Tl 204.37	Hf 178.49 Pb 207.19	Ta 180.95 Bi 208.98	W 183.85		Os 190.2 Ir 192.2 Pt 195.09

મેન્ડેલીફનું આવર્તકોષ્ટક 1872 માં જર્મન સામયિક (Journal)માં પ્રકાશિત થયું હતું. સમૂહની ઉપર ઓક્સાઇડ તથા હાઇડ્રાઇડના સૂત્રમાં અંગ્રેજી અક્ષર 'R' સમૂહના કોઈ પણ તત્વને દર્શાવે છે. સૂત્ર લખવાની ઢબ પર ધ્યાન આપો. ઉદાહરણ તરીકે કાર્બનના હાઇડ્રાઇડ, CH<sub>4</sub> ને RH<sub>4</sub> તરીકે તથા તેના ઓક્સાઇડ CO<sub>2</sub> ને RO<sub>2</sub> તરીકે લખવામાં આવેલું છે.

##### 5.2.1 મેન્ડેલીફના આવર્તકોષ્ટકની ઉપલબ્ધિઓ

###### (Achievements of Mendeleev's Periodic Table)

આવર્તકોષ્ટક ગોઠવતી વખતે કેટલાક એવા દાખલા બન્યા કે જ્યાં થોડા વધુ પરમાણ્વીય દળ ધરાવતા તત્વને થોડા ઓછા પરમાણ્વીય દળ ધરાવતા તત્વ કરતાં પહેલા મૂકવું પડ્યું. કમ ઊલટો કરવામાં આવેલો કે જેથી સમાન ગુણધર્મો ધરાવતાં તત્વો એકસાથે ગોઠવી શકાયાં. ઉદાહરણ તરીકે કોષ્ટકમાં કોબાલ્ટ (પરમાણ્વીય દળ 58.9) નિકલ (પરમાણ્વીય દળ 58.7) કરતાં પહેલાં દેખાયું. કોષ્ટક 5.4 જોઈને શું તમે આવી અન્ય એક વિસંગતતા શોધી શકો ?

વધુમાં, મેન્ડેલીફને પોતાના આવર્તકોષ્ટકમાં કેટલાંક સ્થાન ખાલી છોડવા પડ્યાં. આ ખાલી સ્થાનને મર્યાદાના રૂપમાં જોવાના બદલે મેન્ડેલીફે નીડરતાપૂર્વક કોઈ એવાં તત્વોના અસ્તિત્વની આગાહી કરી જે-તે સમયે શોધાયા ન હતાં. મેન્ડેલીફે તેમનું નામકરણ તે જ સમૂહના તેનાથી પહેલાં આવતા તત્વના નામમાં સંસ્કૃત શબ્દ એકા (એક) પૂર્વગ લગાવીને કર્યું. ઉદાહરણ તરીકે, પછી શોધાયેલ સ્કેન્ડિયમ, ગેલિયમ અને જર્મેનિયમના ગુણધર્મો ક્રમશઃ એકા-બોરોન, એકા-એલ્યુમિનિયમ

તત્વોનું આવર્તી વર્ગીકરણ

અને એકા-સિલિકોન જેવા જ હતા. મેન્ડેલીફ દ્વારા આગાહી કરાયેલ એકા- એલ્યુમિનિયમ તથા પછીથી શોધાયેલ અને એકા-એલ્યુમિનિયમનું સ્થાન મેળવેલ ગેલિયમના ગુણધર્મો નીચે (કોષ્ટક 5.5)માં દર્શાવેલ છે.

**કોષ્ટક 5.5 એકા-એલ્યુમિનિયમ તથા ગેલિયમના ગુણધર્મો**

ગુણધર્મ	એકા-એલ્યુમિનિયમ	ગેલિયમ
પરમાણ્વીય દળ	68	69.7
ઑક્સાઇડનું સૂત્ર	$E_2O_3$	$Ga_2O_3$
ક્લોરાઇડનું સૂત્ર	$ECl_3$	$GaCl_3$

તે મેન્ડેલીફના આવર્તકોષ્ટકની સત્યતા તથા ઉપયોગિતાનો સબળ પુરાવો પૂરો પાડે છે. તેનાથી વિશેષ મેન્ડેલીફની અભિધારણાની અસાધારણ સફળતા એ હતી કે, રસાયણશાસ્ત્રીઓએ તેમના આવર્તકોષ્ટકનો માત્ર સ્વીકાર જ ન કર્યો પરંતુ તે ખ્યાલ કે જેના પર તે ધારણા આધારિત હતી તેના તેમને સર્જનહાર માન્યા. નિષ્ક્રિય વાયુઓ જેવા કે હિલિયમ (He), નિયોન (Ne) અને આર્ગોનનો (Ar) અગાઉ પણ અનેક સંદર્ભમાં ઉપયોગ થતો હતો. આ વાયુઓની શોધ ઘણી મોડી થઈ કારણ કે તે નિષ્ક્રિય હતા અને વાતાવરણમાં તેમનું પ્રમાણ ઘણું ઓછું છે. મેન્ડેલીફના આવર્તકોષ્ટકની એક વિશેષતા એ પણ છે કે જ્યારે આ વાયુઓની શોધ થઈ ત્યારે અગાઉની શ્રેણી (વ્યવસ્થા) ગોઠવણી ને ખલેલ પહોંચાડ્યા વગર તેને નવા સમૂહમાં રાખવામાં આવ્યા.

### 5.2.2 મેન્ડેલીફના વર્ગીકરણની મર્યાદાઓ

#### (Limitations of Mendeleev's Classification)

હાઇડ્રોજનની ઇલેક્ટ્રોનીય રચના આલ્કલી ધાતુઓને મળતી આવે છે. આલ્કલી ધાતુઓની માફક હાઇડ્રોજન પણ હેલોજન, ઑક્સિજન અને સલ્ફર સાથે એક સમાન સૂત્ર ધરાવતાં સંયોજનો બનાવે છે કે જે અહીં ઉદાહરણમાં દર્શાવેલા છે.

હાઇડ્રોજનના સંયોજનો	સોડિયમના સંયોજનો
HCl	NaCl
H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
H <sub>2</sub> S	Na <sub>2</sub> S

બીજી તરફ હેલોજનની માફક હાઇડ્રોજન પણ દ્વિપરમાણ્વીય અણુ સ્વરૂપે અસ્તિત્વ ધરાવે છે તેમજ તે ધાતુઓ અને અધાતુઓ સાથે સંયોજાઈને સહસંયોજક સંયોજનો બનાવે છે.

#### પ્રવૃત્તિ 5.1

- હાઇડ્રોજનની આલ્કલી ધાતુઓ અને હેલોજન પરિવાર સાથેની સમાનતાને જોતાં તેને મેન્ડેલીફના આવર્તકોષ્ટકમાં યોગ્ય સ્થાન પર મૂકો.
- હાઇડ્રોજનને કયા સમૂહ અને આવર્તમાં રાખવું જોઈએ ?

ચોક્કસપણે આવર્તકોષ્ટકમાં હાઇડ્રોજનને નિશ્ચિત સ્થાન આપી શકાય નહિ. આ મેન્ડેલીફના આવર્તકોષ્ટકની પ્રથમ મર્યાદા હતી. તે પોતાના આવર્ત કોષ્ટકમાં હાઇડ્રોજનને યોગ્ય સ્થાન આપી ન શક્યા.

મેન્ડેલીફે તત્ત્વોના આવર્તી વર્ગીકરણ આપ્યા બાદ લાંબા સમય પછી સમસ્થાનિકો શોધાયા. ચાલો આપણે યાદ કરીએ, કોઈ પણ તત્ત્વના સમસ્થાનિકોના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય છે પરંતુ તેના પરમાણ્વીય દળ જુદા હોય છે.



### પ્રવૃત્તિ 5.2

- ક્લોરિનના સમસ્થાનિકો CI-35 અને CI-37 ધ્યાનમાં લો.
- તેમના પરમાણ્વીય દળ જુદા-જુદા હોવાથી શું તમે તેઓને અલગ-અલગ જૂથમાં મૂકશો ?
- અથવા તેમના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોવાથી તમે તેમને એક જ સ્થાન પર રાખશો ?

આમ બધાં તત્વોના સમસ્થાનિકો મેન્ડેલીફના આવર્ત નિયમ માટે એક પડકાર હતો. બીજી સમસ્યા એ પણ હતી કે, એક તત્વથી બીજા તત્વ તરફ આગળ વધતાં પરમાણ્વીય દળ નિયમિત રૂપથી વધતા ન હતા. આથી જ તે અનુમાન લગાવવું મુશ્કેલ થઈ ગયું હતું કે બે તત્વો વચ્ચે કેટલાં તત્વો શોધી શકાય છે. વિશેષ રૂપે જ્યારે આપણે ભારે તત્વોનો વિચાર કરીએ છીએ ત્યારે.

### પ્રશ્નો

1. મેન્ડેલીફના આવર્તકોષ્ટકનો ઉપયોગ કરી નીચેનાં તત્વોના ઓક્સાઈડનાં સૂત્રોનું અનુમાન લગાવો :  
K, C, Al, Si, Ba
2. ગેલિયમ સિવાય અત્યાર સુધી કયાં-કયાં તત્વો વિશે જાણ થઈ છે જેના માટે મેન્ડેલીફે પોતાના આવર્તકોષ્ટકમાં ખાલી સ્થાન છોડ્યું હતું ? (ગમે તે બે)
3. મેન્ડેલીફે પોતાનું આવર્તકોષ્ટક તૈયાર કરવા માટે કયાં માપદંડ (criteria) ધ્યાનમાં લીધાં ?
4. તમારા મત મુજબ નિષ્ક્રિય વાયુને શા માટે અલગ સમૂહમાં રાખવામાં આવ્યા ?

### 5.3 અવ્યવસ્થિતમાંથી વ્યવસ્થિત કરવું—આધુનિક આવર્તકોષ્ટક (Making Order Out of Chaos – The Modern Periodic Table)

1913માં હેન્રી મોસેલે (Henry Moseley) દર્શાવ્યું કે, નીચે વર્ણવ્યા પ્રમાણે તત્વના પરમાણ્વીય દળની તુલનામાં તેનો પરમાણ્વીય-ક્રમાંક (Z સંકેત દ્વારા દર્શાવાય છે.) વધુ આધારભૂત ગુણધર્મ છે. તે અનુસાર મેન્ડેલીફના આવર્તકોષ્ટકમાં બદલાવ કરવામાં આવ્યો અને પરમાણ્વીય-ક્રમાંકને આધુનિક આવર્તકોષ્ટકના આધાર સ્વરૂપે સ્વીકારવામાં આવ્યો તેમજ આધુનિક આવર્ત નિયમને આ પ્રમાણે રજૂ કરી શકાય :

‘તત્વોના ગુણધર્મો તેમના પરમાણ્વીય-ક્રમાંકના આવર્તનીય વિધેય છે.’

ચાલો આપણે યાદ કરીએ કે પરમાણ્વીય-ક્રમાંક આપણને પરમાણુના કેન્દ્રમાં રહેલા પ્રોટોનની સંખ્યા આપે છે અને એક તત્વથી બીજા તત્વ તરફ જતા આ સંખ્યામાં એક એકમનો વધારો થાય છે. તત્વોની તેમના પરમાણ્વીય-ક્રમાંકના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવણી આપણને આધુનિક આવર્તકોષ્ટક તરીકે ઓળખાતા વર્ગીકરણ તરફ દોરી જાય છે (કોષ્ટક 5.6). જ્યારે તત્વોને પરમાણ્વીય-ક્રમાંકના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવી શકાયા ત્યારે તત્વોના ગુણધર્મોની આગાહી વધુ ચોકસાઈપૂર્વક થઈ શકી.



### પ્રવૃત્તિ 5.3

- આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં નિકલ અને કોબાલ્ટનાં સ્થાન કેવી રીતે નિશ્ચિત કરવામાં આવ્યાં છે ?
- આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં જુદાં-જુદાં તત્વોના સમસ્થાનિકોનાં સ્થાન કેવી રીતે નિશ્ચિત કરવામાં આવ્યાં છે ?
- શું 1.5 પરમાણ્વીય-ક્રમાંક ધરાવતા તત્વને હાઈડ્રોજન અને હિલિયમની વચ્ચે રાખવું શક્ય છે ?
- તમારા મત મુજબ આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં હાઈડ્રોજનને કયાં રાખવું જોઈએ ?

## કોષ્ટક 5.6 આધુનિક આવર્તકોષ્ટક

વાંકીચૂંકી રેખા  
ધાતુઓને અધાતુઓથી  
અલગ કરે છે

ધાતુઓ

અર્ધધાતુઓ

અધાતુઓ

સમૂહ ક્રમ

1		2		3										4										5										6										7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
H 1.0		He 4.0		Li 6.9		Be 9.0		B 10.8		C 12.0		N 14.0		O 16.0		F 19.0		Ne 20.2		Na 23.0		Mg 24.3		Al 27.0		Si 28.1		P 31.0		S 32.1		Cl 35.5		Ar 39.9		K 39.1		Ca 40.1		Sc 45.0		Ti 47.9		V 50.9		Cr 52.0		Mn 54.9		Fe 55.8		Co 58.9		Ni 58.7		Cu 63.5		Zn 65.4		Ga 69.7		Ge 72.6		As 74.9		Se 79.0		Br 79.9		Kr 83.8		Rb 85.5		Sr 87.6		Y 88.9		Zr 91.2		Nb 92.9		Mo 95.9		Tc 99.1		Ru 101.1		Rh 102.3		Pd 106.4		Ag 107.9		Cd 112.4		In 114.5		Sn 118.7		Sb 121.8		Te 127.6		I 126.9		Xe 131.3		Cs 132.9		Ba 137.3		La* 138.9		Ce 140.1		Pr 140.9		Nd 144.2		Pm 145.0		Sm 150.4		Eu 152.0		Gd 157.3		Tb 158.9		Dy 162.5		Ho 164.9		Er 167.3		Tm 168.9		Yb 173.0		Lu 175.0		Hf 178.5		Ta 181.0		W 183.8		Re 186.2		Os 190.2		Ir 192.2		Pt 195.1		Au 197.0		Hg 200.6		Tl 204.4		Pb 207.2		Bi 209.0		Po 209.0		At 210.0		Rn 222.0		Fr 223.0		Ra 226.0		Ac* 227.0		Th 232.0		Pa 231.0		U 238.0		Np 237.0		Pu 242.0		Am 243.0		Cm 247.0		Bk 247.0		Cf 251.0		Es 252.0		Fm 257.0		Md 258.0		No 259.0		Lr 262.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100		101		102		103		104		105		106		107		108		109		110		111		112		113		114		115		116		117		118		119		120		121		122		123		124		125		126		127		128		129		130		131		132		133		134		135		136		137		138		139		140		141		142		143		144		145		146		147		148		149		150		151		152		153		154		155		156		157		158		159		160		161		162		163		164		165		166		167		168		169		170		171		172		173		174		175		176		177		178		179		180		181		182		183		184		185		186		187		188		189		190		191		192		193		194		195		196		197		198		199		200		201		202		203		204		205		206		207		208		209		210		211		212		213		214		215		216		217		218		219		220		221		222		223		224		225		226		227		228		229		230		231		232		233		234		235		236		237		238		239		240		241		242		243		244		245		246		247		248		249		250		251		252		253		254		255		256		257		258		259		260		261		262		263		264		265		266		267		268		269		270		271		272		273		274		275		276		277		278		279		280		281		282		283		284		285		286		287		288		289		290		291		292		293		294		295		296		297		298		299		300		301		302		303		304		305		306		307		308		309		310		311		312		313		314		315		316		317		318		319		320		321		322		323		324		325		326		327		328		329		330		331		332		333		334		335		336		337		338		339		340		341		342		343		344		345		346		347		348		349		350		351		352		353		354		355		356		357		358		359		360		361		362		363		364		365		366		367		368		369		370		371		372		373		374		375		376		377		378		379		380		381		382		383		384		385		386		387		388		389		390		391		392		393		394		395		396		397		398		399		400		401		402		403		404		405		406		407		408		409		410		411		412		413		414		415		416		417		418		419		420		421		422		423		424		425		426		427		428		429		430		431		432		433		434		435		436		437		438		439		440		441		442		443		444		445		446		447		448		449		450		451		452		453		454		455		456		457		458		459		460		461		462		463		464		465		466		467		468		469		470		471		472		473		474		475		476		477		478		479		480		481		482		483		484		485		486		487		488		489		490		491		492		493		494		495		496		497		498		499		500		501		502		503		504		505		506		507		508		509		510		511		512		513		514		515		516		517		518		519		520		521		522		523		524		525		526		527		528		529		530		531		532		533		534		535		536		537		538		539		540		541		542		543		544		545		546		547		548		549		550		551		552		553		554		555		556		557		558		559		560		561		562		563		564		565		566		567		568		569		570		571		572		573		574		575		576		577		578		579		580		581		582		583		584		585		586		587		588		589		590		591		592		593		594		595		596		597		598		599		600		601		602		603		604		605		606		607		608		609		610		611		612		613		614		615		616		617		618		619		620		621		622		623		624		625		626		627		628		629		630		631		632		633		634		635		636		637		638		639		640		641		642		643		644		645		646		647		648		649		650		651		652		653		654		655		656		657		658		659		660		661		662		663		664		665		666		667		668		669		670		671		672		673		674		675		676		677		678		679		680		681		682		683		684		685		686		687		688		689		690		691		692		693		694		695		696		697		698		699		700		701		702		703		704		705		706		707		708		709		710		711		712		713		714		715		716		717		718		719		720		721		722		723		724		725		726		727		728		729		730		731		732		733		734		735		736		737		738		739		740		741		742		743		744		745		746		747		748		749		750		751		752		753		754		755		756		757		758		759		760		761		762		763		764		765		766		767		768		769		770		771		772		773		774		775		776		777		778		779		780		781		782		783		784		785		786		787		788		789		790		791		792		793		794		795		796		797		798		799		800		801		802		803		804		805		806		807		808		809		810		811		812		813		814		815		816		817		818		819		820		821		822		823		824		825		826		827		828		829		830		831		832		833		834		835		836		837		838		839		840		841		842		843		844		845		846		847		848		849		850		851		852		853		854		855		856		857		858		859		860		861		862		863		864		865		866		867		868		869		870		871		872		873		874		875		876		877		878		879		880		881		882		883		884		885		886		887		888		889		890		891		892		893		894		895		896		897		898		899		900		901		902		903		904		905		906		907		908		909		910		911		912		913		914		915		916		917		918		919		920		921		922		923		924		925		926		927		928		929		930		931		932		933		934		935		936		937		938		939		940		941		942		943		944		945		946		947		948		949		950		951		952		953		954		955		956		957		958		959		960		961		962		963		964		965		966		967		968		969		970		971		972		973		974		975		976		977		978		979		980	

\*લેન્થેનોઇડ્સ

\*\*એક્ટિનોઇડ્સ

58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
90 Th 232.0	91 Pa (231)	92 U 238.1	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (246)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)



આપણે જોઈ શકીએ છીએ તેમ આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં મેન્ડેલીફની ત્રણેય મર્યાદાઓમાં સુધારો કરવામાં આવ્યો છે. આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં તત્વોનું સ્થાન કઈ બાબત પર આધારિત છે તે જાણ્યા બાદ આપણે હાઈડ્રોજનના વિસંગત સ્થાનની ચર્ચા કરીશું.

### 5.3.1 આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં તત્વોનું સ્થાન

#### (Position of Elements in the Modern Periodic Table)

આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં 18 ઊભા સ્તંભ કે જેને ‘સમૂહ’ કહેવાય છે અને 7 આડી હરોળ કે જેને ‘આવર્ત’ કહેવાય છે તેનો સમાવેશ થાય છે. ચાલો, આપણે જોઈએ કે કોઈ સમૂહ અથવા આવર્તમાં કોઈ તત્વનું સ્થાન કેવી રીતે નક્કી કરવામાં આવે છે ?

#### પ્રવૃત્તિ 5.4

- આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં સમૂહ 1 જુઓ અને તેમાં રહેલાં તત્વોનાં નામ આપો.
- સમૂહ 1 નાં પ્રથમ ત્રણ તત્વોની ઇલેક્ટ્રોનીય રચના લખો.
- તેમની ઇલેક્ટ્રોનીય રચનામાં તમને શું સમાનતા જોવા મળે છે ?
- આ ત્રણ તત્વોમાં કેટલા સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રોન હાજર છે ?

તમે જોશો કે આ તમામ તત્વો સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રોનની સમાન સંખ્યા ધરાવે છે. તેવી જ રીતે તમે જોશો કે કોઈ એક જ સમૂહમાં રહેલાં તત્વોના સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રોનની સંખ્યા સમાન હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે, ફ્લોરિન (F) તથા ક્લોરિન (Cl) કે જે સમૂહ 17 નાં તત્વો છે. ફ્લોરિન અને ક્લોરિનની બાહ્યતમ કક્ષામાં કેટલા ઇલેક્ટ્રોન છે ? તેથી આપણે કહી શકીએ કે આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં રહેલા સમૂહ બાહ્યતમ કક્ષાની સમાન ઇલેક્ટ્રોનીય રચના દર્શાવે છે જ્યારે બીજી તરફ જો આપણે સમૂહમાં ઉપરથી નીચેની તરફ જઈએ તો કક્ષાની સંખ્યા વધતી જાય છે.

જ્યારે હાઈડ્રોજનના સ્થાનની વાત આવે ત્યારે અનિશ્ચિતતા ઉદ્ભવે છે કારણ કે તેને પ્રથમ આવર્તમાં સમૂહ 1 અથવા સમૂહ 17 માં રાખી શકાય છે. શું તમે કહી શકો. શા માટે ?

#### પ્રવૃત્તિ 5.5

- જો તમે આધુનિક આવર્તકોષ્ટકને (કોષ્ટક 5.6) જોશો તો ખ્યાલ આવશે કે Li, Be, B, C, N, O, F અને Ne બીજા આવર્તનાં તત્વો છે. તેમની ઇલેક્ટ્રોનીય રચના લખો.
- શું આ બધાં તત્વો પણ સમાન સંખ્યાના સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રોન ધરાવે છે ?
- શું તેઓ સમાન સંખ્યાની કક્ષાઓ ધરાવે છે ?

તમે જોશો કે બીજા આવર્તના આ તત્વો સમાન સંખ્યામાં સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રોન ધરાવતા નથી. પરંતુ તેઓ સમાન સંખ્યામાં કક્ષાઓ ધરાવે છે. તમે તે પણ અવલોકન કરો છો કે, આવર્તમાં ડાબીથી જમણી તરફ જતાં જો પરમાણ્વીય-ક્રમાંકમાં એક એકમનો વધારો થાય તો સંયોજકતા કક્ષાના ઇલેક્ટ્રોનમાં પણ એક એકમનો વધારો થાય છે.

અથવા આપણે કહી શકીએ કે સમાન સંખ્યામાં ભરાયેલી કક્ષાઓ ધરાવતાં જુદાં-જુદાં તત્વોના પરમાણુઓ એક જ આવર્તમાં મૂકવામાં આવેલા છે. Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl અને Ar આધુનિક આવર્તકોષ્ટકના ત્રીજા આવર્તમાં રહેલા છે તેથી આ તત્વોના પરમાણુઓના ઇલેક્ટ્રોન K, L અને M કક્ષાઓમાં (કોશ) ભરાયેલા છે. આ તત્વોની ઇલેક્ટ્રોનીય રચના લખો અને ઉપર્યુક્ત વિધાનની ચકાસણી કરો. દરેક આવર્ત નવી ભરાયેલી ઇલેક્ટ્રોન કક્ષા દર્શાવે છે.

તત્વોનું આવર્ત વર્ગીકરણ

પહેલા, બીજા, ત્રીજા અને ચોથા આવર્તમાં કેટલાં તત્ત્વો છે ?

જુદી-જુદી કક્ષાઓમાં ઇલેક્ટ્રોન કેવી રીતે ભરાય છે તેના આધારે આપણે આ આવર્તમાં તત્ત્વોની સંખ્યા સમજાવી શકીએ છીએ. ઉપલાં ધોરણોમાં તમે આ વિશે વિસ્તૃત અભ્યાસ કરશો. યાદ કરો કે કોઈ કક્ષામાં ઇલેક્ટ્રોનની મહત્તમ સંખ્યા  $2n^2$  સૂત્ર પર આધાર રાખે છે જ્યાં,  $n$  એ કેન્દ્રથી દૂર આપેલ કક્ષાનો ક્રમ છે.

ઉદાહરણ તરીકે

$$K \text{ કક્ષા} - 2 \times (1)^2 = 2,$$

$$L \text{ કક્ષા} - 2 \times (2)^2 = 8,$$

પ્રથમ આવર્તમાં 2, બીજા આવર્તમાં 8 અને ત્રીજા, ચોથા, પાંચમા, છઠ્ઠા અને સાતમા આવર્તમાં અનુક્રમે 8, 18, 18, 32 અને 32 તત્ત્વો છે. આ માટેનું કારણ તમે ઉપલાં ધોરણોમાં શીખશો.

આવર્તકોષ્ટકમાં તત્ત્વનું સ્થાન તેની રાસાયણિક પ્રતિક્રિયાત્મકતા વિશે માહિતી આપે છે. તમે શીખી ગયાં છો તે મુજબ સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રોન તત્ત્વ દ્વારા બનતા બંધના પ્રકાર અને સંખ્યા નક્કી કરે છે. શું હવે તમે કહી શકો કે મેન્ડેલીફે પોતાના કોષ્ટકમાં તત્ત્વોના સ્થાન નક્કી કરવા માટે સંયોજનોનાં સૂત્રોનો આધાર લીધો હતો તે શા માટે યોગ્ય હતો ? તેના આધારે સમાન રાસાયણિક ગુણધર્મો ધરાવતાં તત્ત્વોને એક જ સમૂહમાં કેવી રીતે લખી શકાય ?

### 5.3.2 આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં વલણ

(Trends in the Modern Periodic Table)

**સંયોજકતા :** તમે જાણો છો કે તત્ત્વની સંયોજકતા તેના પરમાણુની બાહ્યતમ કક્ષામાં રહેલા સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રોનની સંખ્યા દ્વારા નક્કી થાય છે.

#### પ્રવૃત્તિ 5.6

- કોઈ પણ તત્ત્વની ઇલેક્ટ્રોનીય રચનાના આધારે તમે તેની સંયોજકતાની ગણતરી કેવી રીતે કરશો ?
- પરમાણ્વીય-ક્રમાંક 12 ધરાવતા મેગ્નેશિયમ અને પરમાણ્વીય-ક્રમાંક 16 ધરાવતા સલ્ફરની સંયોજકતા કેટલી છે ?
- તે જ રીતે પ્રથમ વીસ તત્ત્વોની સંયોજકતાઓ શોધો.
- આવર્તમાં ડાબીથી જમણી તરફ જતાં સંયોજકતા કેવી રીતે બદલાય છે ?
- સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં સંયોજકતા કેવી રીતે બદલાય છે ?

**પરમાણ્વીય કદ :** પરમાણ્વીય કદ શબ્દ પરમાણુની ત્રિજ્યાનો ઉલ્લેખ કરે છે. પરમાણ્વીય કદને એક સ્વતંત્ર પરમાણુના કેન્દ્રથી તેની સૌથી બહારની કક્ષા વચ્ચેના અંતર સ્વરૂપે જોવામાં આવે છે. હાઈડ્રોજન પરમાણુની પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા 37 pm છે (પિકોમીટર, 1 pm =  $10^{-12}$  m).

ચાલો આપણે સમૂહ અને આવર્તમાં પરમાણ્વીય કદના જુદાપણા વિશે અભ્યાસ કરીએ.

#### પ્રવૃત્તિ 5.7

- બીજા આવર્તનાં તત્ત્વોની પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા નીચે આપેલી છે :  

આવર્ત 2નાં તત્ત્વો	:	B	Be	O	N	Li	C
પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા (pm)	:	88	111	66	74	152	77
- તેઓને તેમની પરમાણ્વીય ત્રિજ્યાના ઊતરતા ક્રમમાં ગોઠવો.
- શું હવે આ તત્ત્વો આવર્તકોષ્ટકમાં આપેલ આવર્તની ભાતમાં ગોઠવાયેલ છે ?
- કયાં તત્ત્વો સૌથી મોટા પરમાણુઓ અને સૌથી નાના પરમાણુઓ ધરાવે છે ?
- આવર્તમાં તમે ડાબીથી જમણી તરફ જાઓ ત્યારે પરમાણ્વીય ત્રિજ્યામાં કેવી રીતે ફેરફાર થાય છે ?



તમે જોશો કે આવર્તમાં ડાબીથી જમણી તરફ જતાં પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા ઘટે છે. કેન્દ્રીય વીજભાર વધવાની સાથે ઇલેક્ટ્રોન કેન્દ્ર તરફ ખેંચાવાનું વલણ ધરાવે છે જેને કારણે પરમાણ્વીય કદ ઘટે છે.

### પ્રવૃત્તિ 5.8

- નીચે આપેલ પ્રથમ સમૂહનાં તત્ત્વોની પરમાણ્વીય ત્રિજ્યામાં ફેરફારનો અભ્યાસ કરો અને તેમને ચડતા ક્રમમાં ગોઠવો :
- |                         |   |     |     |     |     |     |
|-------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| સમૂહ 1નાં તત્ત્વો       | : | Na  | Li  | Rb  | Cs  | K   |
| પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા (pm) | : | 186 | 152 | 244 | 262 | 231 |
- એવાં તત્ત્વોનાં નામ આપો જે સૌથી મોટા અને સૌથી નાના પરમાણુઓ ધરાવતા હોય ?
  - સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં પરમાણ્વીય કદમાં કેવી રીતે ફેરફાર થાય છે ?

તમે જોશો કે સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં પરમાણ્વીય કદ વધે છે. આવું એટલા માટે થાય છે કે સમૂહમાં નીચે તરફ જતા નવી કક્ષાઓ ઉમેરાય છે. તેનાથી કેન્દ્ર તથા સૌથી બહારની કક્ષા વચ્ચેનું અંતર વધે છે. તેથી જ કેન્દ્રીય વીજભાર વધવા છતાં પરમાણ્વીય કદ વધી જાય છે.

### ધાત્વીય અને અધાત્વીય ગુણધર્મો (Metallic and Non-metallic Properties)

### પ્રવૃત્તિ 5.9

- ત્રીજા આવર્તનાં તત્ત્વો તપાસો અને તેમને ધાતુઓ તેમજ અધાતુઓ સ્વરૂપે વર્ગીકૃત કરો.
- આવર્તકોષ્ટકની કઈ બાજુ તમને ધાતુઓ જોવા મળે છે ?
- આવર્તકોષ્ટકની કઈ બાજુ તમને અધાતુઓ જોવા મળે છે ?

આપણે જોઈ શકીએ છીએ તેમ Na અને Mg જેવી ધાતુઓ આવર્તકોષ્ટકમાં ડાબી બાજુ અને સલ્ફર અને ક્લોરિન જેવી અધાતુઓ જમણી બાજુ રહેલી છે. મધ્યમાં આપણી પાસે સિલિકોન છે કે જે અર્ધધાતુ અથવા ઉપધાતુ તરીકે વર્ગીકૃત થયેલ છે કારણ કે તે ધાતુઓ અને અધાતુઓ બંનેના કેટલાક ગુણધર્મો ધરાવે છે.

આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં એક વાંકીચૂંકી રેખા ધાતુને અધાતુથી અલગ કરે છે. આ રેખાની કિનારી પર આવેલાં તત્ત્વો-બોરોન, સિલિકોન, જર્મેનિયમ, આર્સેનિક, એન્ટિમની, ટેલુરિયમ અને પોલોનિયમ મધ્યવર્તી ગુણધર્મો ધરાવે છે અને તેઓ ઉપધાતુ (Metalloid) અથવા અર્ધધાતુ (Semi-metal) કહેવાય છે.

પ્રકરણ 3 માં તમે જોયું છે તે પ્રમાણે બંધ નિર્માણ દરમિયાન ધાતુ ઇલેક્ટ્રોન ગુમાવવાની વૃત્તિ ધરાવે છે એટલે કે તેઓ સ્વભાવે વિદ્યુતધનમય (Electropositive) છે.

### પ્રવૃત્તિ 5.10

- તમારા મત મુજબ સમૂહમાં ઇલેક્ટ્રોન ગુમાવવાની વૃત્તિ કેવી રીતે બદલાય છે ?
- આવર્તમાં આ વૃત્તિ કેવી રીતે બદલાય છે ?

આવર્તમાં જેમ સંયોજકતા કક્ષાના ઇલેક્ટ્રોન પર કાર્ય કરતો અસરકારક કેન્દ્રીય વીજભાર વધે છે તેમ ઇલેક્ટ્રોન ગુમાવવાની વૃત્તિ ઘટશે. સમૂહમાં નીચે તરફ જતાં સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રોન દ્વારા અનુભવાતો અસરકારક કેન્દ્રીય વીજભાર ઘટે છે કારણ કે સૌથી બહારના ઇલેક્ટ્રોન કેન્દ્રથી વધારે તત્ત્વોનું આવર્ત વર્ગીકરણ

દૂર હોય છે. તેથી તે સહેલાઈથી દૂર થઈ શકે છે. તેથી ધાત્વીય લક્ષણ આવર્તમાં ડાબી બાજુથી જમણી બાજુ તરફ જતાં ઘટે છે અને સમૂહમાં નીચે તરફ જતાં વધે છે.

બીજી બાજુ, અધાતુઓ વિદ્યુતઋણમય (Electronegative) હોય છે. તે ઇલેક્ટ્રોન મેળવીને બંધ બનાવવાની વૃત્તિ ધરાવે છે. ચાલો આપણે આ ગુણધર્મના ફેરફાર વિશે શીખીએ.

### પ્રવૃત્તિ 5.11

- આવર્તમાં ડાબીથી જમણી તરફ જતાં ઇલેક્ટ્રોન સ્વીકારવાની વૃત્તિ કેવી રીતે બદલાશે ?
- સમૂહમાં નીચે તરફ જતાં ઇલેક્ટ્રોન સ્વીકારવાની વૃત્તિ કેવી રીતે બદલાશે ?

વિદ્યુતઋણતાના વલણમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે અધાતુઓ આવર્તકોષ્ટકમાં જમણી તરફ ઉપરની બાજુ રહેલી હોય છે.

આ વલણ આપણને તત્ત્વો દ્વારા બનતા ઓક્સાઈડના સ્વભાવ વિશે અનુમાન કરવા માટે પણ મદદરૂપ થાય છે, કારણ કે તમે જાણો છો કે સામાન્ય રીતે ધાતુઓના ઓક્સાઈડ બેઝિક અને અધાતુઓના ઓક્સાઈડ એસિડિક હોય છે.

### પ્રશ્નો

1. આધુનિક આવર્તકોષ્ટક મેન્ડેલીફના આવર્તકોષ્ટકની વિવિધ વિસંગતતાઓ કેવી રીતે દૂર કરી શક્યું ?
2. તમારી ધારણા મુજબ મેંગ્નેશિયમ જેવી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દર્શાવતાં બે તત્ત્વોનાં નામ આપો. તમારી પસંદગીનો આધાર શું છે ?
3. નામ આપો :
  - (a) ત્રણ તત્ત્વો કે જે તેમની બાહ્યતમ કક્ષામાં એક ઇલેક્ટ્રોન ધરાવે છે.
  - (b) બે તત્ત્વો કે જે તેમની બાહ્યતમ કક્ષામાં બે ઇલેક્ટ્રોન ધરાવે છે.
  - (c) સંપૂર્ણ ભરાયેલી બાહ્યતમ કક્ષા ધરાવતાં ત્રણ તત્ત્વો.
4. (a) લિથિયમ, સોડિયમ, પોટેશિયમ આ બધી એવી ધાતુઓ છે કે જે પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી હાઈડ્રોજન વાયુ મુક્ત કરે છે. શું આ તત્ત્વોના પરમાણુઓમાં કોઈ સમાનતા છે ?
- (b) હીલિયમ એક નિષ્ક્રિય વાયુ છે જ્યારે નિયોનની પ્રતિક્રિયાત્મકતા ખૂબ જ ઓછી છે. તેમના પરમાણુઓમાં કોઈ સમાનતા છે ?
5. આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં પ્રથમ દસ તત્ત્વોમાં કઈ ધાતુઓ છે ?
6. આવર્તકોષ્ટકમાં તેમના સ્થાનને ધ્યાનમાં લેતા નીચે દર્શાવેલાં તત્ત્વો પૈકી કયું તત્ત્વ તમારી ધારણા અનુસાર સૌથી વધુ ધાત્વીય લક્ષણ ધરાવે છે ?

Ga Ge As Se Be



## તમે શીખ્યાં કે

- તત્વોને તેમના ગુણધર્મોમાં સમાનતાના આધારે વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યા છે.
- ડોબરેનરે તત્વોને ત્રિપુટીમાં વર્ગીકૃત કર્યા જ્યારે ન્યૂલેન્ડે અષ્ટકનો નિયમ આપ્યો.
- મેન્ડેલીફે તત્વોને તેમના પરમાણ્વીય દળના ચડતા ક્રમ તથા રાસાયણિક ગુણધર્મોને આધારે ગોઠવ્યા.
- મેન્ડેલીફે તેમના આવર્તકોષ્ટકમાં ખાલી સ્થાનના આધારે હજી શોધવાનાં બાકી તત્વોના અસ્તિત્વ વિશે પણ આગાહી કરી.
- પરમાણ્વીય દળના ચડતા ક્રમને આધારે તત્વોને ગોઠવતા થતી વિસંગતતા, પરમાણ્વીય-ક્રમાંકના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવતા દૂર થઈ ગઈ. તત્વના આ મૂળભૂત ગુણધર્મની શોધ મોસેલે (Moseley) દ્વારા થઈ હતી.
- આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં તત્વોને 18 ઊભા સ્તંભો કે જેને સમૂહ કહે છે અને 7 આડી હરોળ કે જેને આવર્ત કહે છે તેમાં ગોઠવવામાં આવેલા છે.
- આ પ્રકારે ગોઠવાયેલાં તત્વો પરમાણ્વીય કદ, સંયોજકતા અથવા સંયોજવાની ક્ષમતા તથા ધાત્વીય અને અધાત્વીય લક્ષણ જેવા ગુણધર્મોની આવર્તનીયતા દર્શાવે છે.

## સ્વાધ્યાય



1. આવર્તકોષ્ટકમાં ડાબીથી જમણી તરફ જતાં બદલાતા વલણ વિશે નીચેનાં વિધાનો પૈકી કયું વિધાન સાચું નથી ?
  - (a) તત્વનો ધાત્વીય ગુણ ઘટતો જાય છે.
  - (b) સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રોનની સંખ્યા વધતી જાય છે.
  - (c) પરમાણુઓ સહેલાઈથી તેમના ઇલેક્ટ્રોન ગુમાવે છે.
  - (d) ઓક્સાઈડ વધુ એસિડિક બને છે.
2. તત્વ X,  $\text{XCl}_2$  સૂત્ર ધરાવતો ક્લોરાઈડ બનાવે છે, જે ઊંચું ગલનબિંદુ ધરાવતો ઘન પદાર્થ છે. X મહદંશે એવા સમાન સમૂહમાં હશે કે જેમાં ..... હશે.
  - (a) Na
  - (b) Mg
  - (c) Al
  - (d) Si
3. કયા તત્વમાં
  - (a) બે કક્ષાઓ છે તથા બંને ઇલેક્ટ્રોનથી સંપૂર્ણ ભરાયેલ છે ?
  - (b) ઇલેક્ટ્રોનીય રચના 2, 8, 2 છે ?
  - (c) કુલ ત્રણ કક્ષા છે કે જે સંયોજકતા કક્ષામાં ચાર ઇલેક્ટ્રોન ધરાવે છે ?
  - (d) કુલ બે કક્ષા છે કે જે સંયોજકતા કક્ષામાં ત્રણ ઇલેક્ટ્રોન ધરાવે છે ?
  - (e) બીજી કક્ષામાં પ્રથમ કક્ષા કરતાં બમણા ઇલેક્ટ્રોન છે ?
4. (a) આવર્તકોષ્ટકમાં બોરોન જે સમૂહમાં છે તે જ સમૂહનાં તમામ તત્વોનો કયો ગુણધર્મ સમાન છે ?  
 (b) આવર્તકોષ્ટકમાં ફ્લોરિન જે સમૂહમાં છે તે જ સમૂહનાં તમામ તત્વોનો કયો ગુણધર્મ સમાન છે ?
5. એક પરમાણુની ઇલેક્ટ્રોનીય રચના 2, 8, 7 છે.
  - (a) આ તત્વનો પરમાણ્વીય-ક્રમાંક કેટલો છે ?
  - (b) નીચેના પૈકી કયા તત્વ સાથે તે રાસાયણિક રીતે સમાનતા ધરાવતું હશે ? (પરમાણ્વીય-ક્રમાંક કૌંસમાં આપેલ છે.)

N(7)

F(9)

P(15)

Ar(18)

6. આવર્તકોષ્ટકમાં ત્રણ તત્ત્વો A, B તથા Cનું સ્થાન નીચે દર્શાવેલ છે –

સમૂહ 16

સમૂહ 17

–

–

–

A

–

–

B

C

- જણાવો કે, A ધાતુ છે કે અધાતુ.
  - જણાવો કે, A ની સરખામણીમાં C વધુ પ્રતિક્રિયાત્મક છે કે ઓછું પ્રતિક્રિયાત્મક.
  - C નું કદ B કરતાં મોટું હશે કે નાનું ?
  - તત્ત્વ A કયા પ્રકારના આયન-ધનાયન કે ઋણાયન બનાવશે ?
- નાઈટ્રોજન (પરમાણ્વીય-ક્રમાંક 7) તથા ફોસ્ફરસ (પરમાણ્વીય-ક્રમાંક 15) આવર્તકોષ્ટકના સમૂહ 15 ના સભ્યો છે. આ બંને તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રોનીય રચના લખો. આમાંથી કયું તત્ત્વ વધુ વિદ્યુતઋણમય હશે ? શા માટે ?
  - પરમાણુની ઇલેક્ટ્રોનીય રચનાને તેના આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં સ્થાન સાથે શો સંબંધ છે ?
  - આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં કેલ્શિયમ (પરમાણ્વીય-ક્રમાંક 20)ની ચારે તરફ 12, 19, 21 તથા 38 પરમાણ્વીય-ક્રમાંક ધરાવતાં તત્ત્વો રહેલાં છે. આમાંથી કયાં તત્ત્વોના ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો કેલ્શિયમ જેવા જ છે ?
  - મેન્ડેલીફના આવર્તકોષ્ટકમાં અને આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં તત્ત્વોની ગોઠવણીમાં સમાનતા અને ભિન્નતા દર્શાવો.

## જૂથ-પ્રવૃત્તિ

- આપણે તત્ત્વોનું વર્ગીકરણ કરવા માટે કરેલા મુખ્ય પ્રયત્નોની ચર્ચા કરી (ઇન્ટરનેટ અથવા લાઇબ્રેરીમાંથી) આ વર્ગીકરણ માટે કરેલા અન્ય પ્રયત્નો વિશે જાણકારી મેળવો.
- આપણે આવર્તકોષ્ટકના વિસ્તૃત સ્વરૂપનો અભ્યાસ કર્યો છે. આધુનિક આવર્ત નિયમનો ઉપયોગ તત્ત્વોને અન્ય રીતો દ્વારા ગોઠવવા માટે પણ થયેલો છે. શોધી કાઢો તે કઈ રીતો છે ?