એકમ

3

d-અને f-વિભાગના તત્ત્વો

3.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

ધોરણ 11(સિમેસ્ટર I)માં આપણે તત્ત્વોનાં વર્ગીકરણ માટેના આધુનિક આવર્તકોષ્ટકની જાણકારી મેળવેલી છે. ઉપરાંત સિમેસ્ટર Iથી III દરમિયાન આપણે s અને p-વિભાગના તત્ત્વો વિષે ઊંડાણમાં અભ્યાસ કર્યો છે. આપણે જાણીએ છીએ તે મુજબ આધુનિક આવર્તકોષ્ટકમાં તત્ત્વોને s-, p-, d- અને f-વિભાગમાં અને 1થી 18 સમૂહોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યા છે. સમૂહ 1થી 2 અને સમૂહ 13થી 18ના તત્ત્વો અનુક્રમે s-વિભાગ અને p-વિભાગના તત્ત્વો તરીકે ઓળખાય છે, જ્યારે સમૂહ 3થી 12 સુધીના દસ સમૂહોના તત્ત્વોને d-વિભાગના તત્ત્વો કહે છે. કારણ કે આ તત્ત્વોમાં છેલ્લો ઇલેક્ટ્રૉન પ્રાપ્ય d-કક્ષકમાં ભરાય છે. આ તત્ત્વોનું સ્થાન આવર્તકોષ્ટકમાં s-વિભાગ અને p-વિભાગના તત્ત્વોની વચ્ચે છે. d-વિભાગના તત્ત્વોના ગુણધર્મો આવર્તકોષ્ટકના પ્રતિનિધિ તત્ત્વો એટલે કે s-વિભાગના વધુ વિદ્યુતધનમય (ધાતુ તત્ત્વો) અને p-વિભાગના ઓછા વિદ્યુતધનમય (અધાતુ તત્ત્વો, અર્ધ ધાતુ તત્ત્વો અને ધાતુ તત્ત્વો) તત્ત્વોના ગુણધર્મોની વચ્ચે સંક્રાંતિ પામે છે. એટલે કે આ તત્ત્વો s-વિભાગના તત્ત્વો અને p-વિભાગના તત્ત્વોના ગુણધર્મોની વચ્ચેના ગુણધર્મો ધરાવે છે તેથી તેઓ **સંક્રાંતિ તત્ત્વો (Transition elements)** તરીકે ઓળખાય છે. આધુનિક આવર્તકોષ્ટકના તળિયે રહેલ બે આડી હરોળના તત્ત્વોને f-વિભાગના તત્ત્વો કહે છે. કારણ કે આ તત્ત્વોમાં છેલ્લો ઇલેક્ટ્રૉન પ્રાપ્ય f-કક્ષકમાં ભરાય છે. Th (Z = 90)ની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના [Rn] $5f^0 6d^2 7s^2$ છે. Thમાં છેલ્લો ઇલેક્ટ્રૉન f-કક્ષકમાં ભરાતો નથી. પરંતુ પ્રાયોગિક પરિણામો તેને f-વિભાગનું તત્ત્વ હોવાનું અનુમોદન આપતા હોવાથી તેનો f-વિભાગમાં સમાવેશ કરવામાં આવ્યો છે. આ તત્ત્વો આવર્તકોષ્ટકના આવર્ત 6 અને 7ના સંક્રાંતિ તત્ત્વોની શ્રેણીમાંનો ભાગ હોવાથી તેમને **આંતરસંક્રાંતિ તત્ત્વો (Inner-transition elements)** કહે છે.

3.2 સંક્રાંતિ તત્ત્વો – d-વિભાગના તત્ત્વો (Transition Elements – Elements of d-Block)

જે તત્ત્વોની ભૂમિઅવસ્થામાં (Ground State) કે કોઈ પણ એક ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં d-કક્ષક ઇલેક્ટ્રૉનથી અપૂર્ણ ભરાયેલી હોય, તેમને સંક્રાંતિ તત્ત્વો કહે છે. જે તત્ત્વોની ભૂમિઅવસ્થા કે કોઈ પણ એક ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં 3d-કક્ષક ઇલેક્ટ્રૉનથી અપૂર્ણ ભરાયેલી હોય તેમને **પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીનાં તત્ત્વો,** જો 4d-કક્ષક ઇલેક્ટ્રૉનથી અપૂર્ણ ભરાયેલી

હોય તો તેમને **દ્વિતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીનાં તત્ત્વો** અને જો 5d-કક્ષક ઇલેક્ટ્રૉનથી અપૂર્ણ ભરાયેલી હોય તો તેમને **તૃતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીનાં તત્ત્વો કહે છે.** આ ત્રણેય શ્રેણીમાં દસ-દસ તત્ત્વો આવેલા છે. ચતુર્થ સંક્રાંતિ શ્રેણીમાં તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં છેલ્લો ઇલેક્ટ્રૉન 6d કક્ષકમાં ભરાય છે જેમાં એક્ટીનિયમ (Z = 89) તથા પરમાણ્વિક્રમાંક-104વાળુ તત્ત્વ (Rf) અને તે પછીના તત્ત્વોનો સમાવેશ થાય છે. ચતુર્થ સંક્રાંતિ શ્રેણી અંગે હાલમાં સંશોધનો ચાલુ છે.

3.2.1 સંક્રાંતિ તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા (Electronic Configuration and Oxidation State of Transition Elements) :

સંક્રાંતિ તત્ત્વોની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $(n-1)d^{1-10}ns^{1-2}$ છે. સામાન્ય રીતે અર્ધપૂર્ણ કે સંપૂર્ણ ભરાયેલી કક્ષકની સાપેક્ષ સ્થાયીતા વધુ હોય છે. આ કારણે Crની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $[Ar]3d^4 4s^2$ને બદલે $[Ar]3d^5 4s^1$ ગણવામાં આવે છે. તેવી જ રીતે Cuની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $[Ar]3d^9 4s^2$ને બદલે $[Ar]3d^{10} 4s^1$ ગણવામાં આવે છે. અત્રે નોંધવું જરૂરી છે કે અહીં 3d અને 4s-કક્ષકની ઊર્જાનો તફાવત ખૂબ જ ઓછો હોવાથી આ શક્ય બને છે.

પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોમાંથી આયન બને છે ત્યારે અંતમાં દાખલ થયેલા 3d-કક્ષકમાંના ઇલેક્ટ્રૉન પહેલા દૂર થતાં નથી, પરંતુ 4s-કક્ષકમાંના બંને ઇલેક્ટ્રૉન પહેલા દૂર થાય છે અને ત્યારબાદ જ 3d-કક્ષકના ઇલેક્ટ્રૉન દૂર થાય છે. કારણ કે બહારની કક્ષામાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનનું કેન્દ્ર પરત્વેનું આકર્ષણબળ, અંદરની કક્ષામાં રહેલાં ઇલેક્ટ્રૉનની સાપેક્ષે ઓછું હોય છે. અત્રે નોંધવું જરૂરી છે કે જે કક્ષકનાં મુખ્ય ક્વૉન્ટમ આંકનું મૂલ્ય વધારે હોય તે બહારની કક્ષક ગણાય છે. આમ, 3d-કક્ષક (n = 3) અને 4s-કક્ષક (n = 4) પૈકી 4s-કક્ષક બાહ્યતમ કક્ષક થશે. તેવી જ રીતે દ્વિતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોમાંથી આયન બને છે ત્યારે પહેલા 5s-કક્ષકના ઇલેક્ટ્રૉન દૂર થાય છે, ત્યારબાદ જ 4d-કક્ષકના ઇલેક્ટ્રૉન દૂર થાય છે. તૃતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોમાંથી આયન બને છે ત્યારે પહેલા 6s-કક્ષકના ઇલેક્ટ્રૉન દૂર થાય છે ત્યાર-બાદ જ 5d-કક્ષકના ઇલેક્ટ્રૉન દૂર થાય છે. પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોની ભૂમિઅવસ્થામાં ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા કોષ્ટક 3.1માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 3.1 પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોની ભૂમિઅવસ્થામાં ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા

તત્ત્વ	પરમાણ્વિયક્રમાંક	ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના	ઑક્સિડેશન અવસ્થા
Sc	21	$[Ar]3d^1 4s^2$	(+3)
Ti	22	$[Ar]3d^2 4s^2$	+2, +3, (+4)
V	23	$[Ar]3d^3 4s^2$	+2, +3, (+4), +5
Cr	24	$[Ar]3d^5 4s^1$	(+2), (+3), +4, +5, (+6)
Mn	25	$[Ar]3d^5 4s^2$	(+2), +3, +4, +5, +6, (+7)
Fe	26	$[Ar]3d^6 4s^2$	(+2), (+3), +4, +5, +6
Co	27	$[Ar]3d^7 4s^2$	(+2), (+3), +4
Ni	28	$[Ar]3d^8 4s^2$	(+2), +3, +4
Cu	29	$[Ar]3d^{10} 4s^1$	+1, (+2)
Zn	30	$[Ar]3d^{10} 4s^2$	(+2)

નોંધ : કૌંસમાં સ્થાયી ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવેલી છે.

પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીમાં Cuની ભૂમિઅવસ્થામાં ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $[Ar]3d^{10} 4s^1$ છે. તેમાં 3d-કક્ષક ઇલેક્ટ્રૉનથી સંપૂર્ણ ભરાયેલી છે, પણ Cu^{2+}ની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $[Ar]3d^9$ થાય છે. અહીં 3d-કક્ષક ઇલેક્ટ્રૉનથી અપૂર્ણ ભરાયેલી હોવાથી Cuને સંક્રાંતિ તત્ત્વ ગણવામાં આવે છે. Znની ભૂમિઅવસ્થામાં ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $[Ar]3d^{10} 4s^2$ છે. તેમાં 3d-કક્ષક ઇલેક્ટ્રૉનથી સંપૂર્ણ ભરાયેલી છે. વધુમાં, Zn^{2+}ની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $[Ar]3d^{10}$ છે. અહી પણ 3d-કક્ષક ઇલેક્ટ્રૉનથી સંપૂર્ણ ભરાયેલી છે. તેથી **Znને સંક્રાંતિ તત્ત્વ ગણવામાં આવતું નથી.** દ્વિતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોની ભૂમિઅવસ્થામાં ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા કોષ્ટક 3.2માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 3.2 દ્વિતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોની ભૂમિઅવસ્થામાં ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા

તત્ત્વ	પરમાણ્વિયક્રમાંક	ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના	ઑક્સિડેશન અવસ્થા
Y	39	$[Kr]4d^{1}5s^{2}$	(+3)
Zr	40	$[Kr]4d^{2}5s^{2}$	+2, +3, (+4)
Nb	41	$[Kr]4d^{4}5s^{1}$	+3, (+5)
Mo	42	$[Kr]4d^{5}5s^{1}$	+1, +3, +4, +5, (+6)
Tc	43	$[Kr]4d^{5}5s^{2}$	(+4), +5, (+6)
Ru	44	$[Kr]4d^{7}5s^{1}$	+2, (+3), +4, +6
Rh	45	$[Kr]4d^{8}5s^{1}$	+2, (+3), +4
Pd	46	$[Kr]4d^{10}5s^{0}$	(+2), +4
Ag	47	$[Kr]4d^{10}5s^{1}$	(+1), +2, +3
Cd	48	$[Kr]4d^{10}5s^{2}$	(+2)

નોંધ : કૌંસમાં સ્થાયી ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવેલી છે.

કોષ્ટક 3.2ના આધારે કહી શકાય કે, દ્વિતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીમાં Pd, Ag અને Cdની ભૂમિઅવસ્થાની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં $4d^{10}$ છે, એટલે કે 4d-કક્ષક ઇલેક્ટ્રૉનથી સંપૂર્ણ ભરાયેલી છે, પરંતુ Pdની +2, Agની +2 ઑક્સિડેશન અવસ્થાની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં 4d-કક્ષક અપૂર્ણ ભરાયેલી હોવાથી આ તત્ત્વોને સંક્રાંતિ તત્ત્વો ગણવામાં આવે છે. પરંતુ Cd^{2+}ની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં 4d-કક્ષક સંપૂર્ણ ભરાયેલી ($4d^{10}$) હોવાથી **Cdને સંક્રાંતિ તત્ત્વ તરીકે ગણવામાં આવતું નથી.** તૃતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોની ભૂમિઅવસ્થામાં ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા કોષ્ટક 3.3માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 3.3 તૃતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોની ભૂમિઅવસ્થામાં ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા

તત્ત્વ	પરમાણ્વિયક્રમાંક	ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના	ઑક્સિડેશન અવસ્થા
La	57	$[Xe]5d^{1}6s^{2}$	(+3)
Hf	72	$[Xe]4f^{14}5d^{2}6s^{2}$	+2, +3, (+4)
Ta	73	$[Xe]4f^{14}5d^{3}6s^{2}$	+3, (+5)
W	74	$[Xe]4f^{14}5d^{4}6s^{2}$	+1, +4, +5, (+6)
Re	75	$[Xe]4f^{14}5d^{5}6s^{2}$	(+3), (+4), +5, (+6)
Os	76	$[Xe]4f^{14}5d^{6}6s^{2}$	(+4), +5, +6
Ir	77	$[Xe]4f^{14}5d^{7}6s^{2}$	(+3), (+4)
Pt	78	$[Xe]4f^{14}5d^{9}6s^{1}$	(+2), (+4)
Au	79	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^{1}$	+1, (+3), +5
Hg	80	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^{2}$	+1, (+2)

નોંધ : કૌંસમાં સ્થાયી ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવેલી છે.

કોષ્ટક 3.3ના આધારે કહી શકાય કે તૃતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીમાં Au અને Hgની ભૂમિઅવસ્થાની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં $5d^{10}$ છે, એટલે કે 5d-કક્ષક સંપૂર્ણ ભરાયેલી છે. પરંતુ Au^{3+}ની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં 5d-કક્ષક અપૂર્ણ ($5d^8$) ભરાયેલી હોવાથી Auને સંક્રાંતિ તત્ત્વ ગણવામાં આવે છે. જ્યારે Hg^{2+}ની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં 5d-કક્ષક સંપૂર્ણ ભરાયેલી ($5d^{10}$) હોવાથી **Hgને સંક્રાંતિ તત્ત્વ ગણવામાં આવતું નથી.**

3.2.3 સંક્રાંતિ તત્ત્વોના પ્રાપ્તિસ્થાન (Occurrence of Transition Elements) :

ચોક્કસ સંક્રાંતિ ધાતુને તેની ચોક્કસ ખનીજમાંથી મેળવવામાં આવે છે. ખનીજમાંથી શુદ્ધ ધાતુ મેળવવા માટે ચોક્કસ પદ્ધતિ ઉપયોગમાં લેવાય છે. સિમેસ્ટર III દરમિયાન તમે Cu, Fe અને Znનું તેના ખનીજમાંથી નિષ્કર્ષણ કરવાની પદ્ધતિઓનો અભ્યાસ એકમ 4માં કર્યો છે.

3.2.4 સંક્રાંતિ તત્ત્વોની સામાન્ય લાક્ષણિકતાઓ (General Characteristics of Transition Elements)

- બધા જ સંક્રાંતિ તત્ત્વો ધાતુ તત્ત્વો છે.
- આ તત્ત્વો સખત અને મજબૂત હોય છે.
- તેમના ગલનબિંદુ ઊંચા હોય છે.
- આ તત્ત્વો એકબીજા સાથે મિશ્રધાતુ બનાવે છે.
- મોટાભાગના આ તત્ત્વો ઍસિડમાં ઓગળે છે, પરંતુ કેટલાક ઉમદા તત્ત્વો ઉપર ઍસિડની અસર થતી નથી.
- આ તત્ત્વો વિવિધ સંયોજકતા ધરાવે છે.
- તેઓ તણાવપણા અને ટિપાઉપણાનો ગુણધર્મ ધરાવે છે.
- તેઓ વિદ્યુત અને ઉષ્માના સુવાહક છે.
- તેમના કેટલાક આયનો અનુચુંબકીય ગુણધર્મ ધરાવે છે.

3.3 પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોના ગુણધર્મોમાં આવર્તી વલણ (Periodic Trends in Properties of Elements of First Transition Series)

(1) ધાત્વીય ગુણ : પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીના બધા જ તત્ત્વો ધાત્વીય ગુણ ધરાવે છે. આ બાબત સંક્રાંતિ તત્ત્વોની સામાન્ય લાક્ષણિકતાના અભ્યાસ (જુઓ મુદ્દો 3.2.4) પરથી સમજી શકાય છે.

(2) પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા અને આયનીય ત્રિજ્યા : સામાન્ય રીતે આવર્તકોષ્ટકમાં આવર્તમાં ડાબી બાજુથી જમણી બાજુ તરફ જતાં પરમાણ્વિય ત્રિજ્યાઓમાં ઘટાડો થાય છે. સંક્રાંતિ તત્ત્વોમાં પણ આ વલણ જોવા મળે છે, પરંતુ પરમાણ્વિય ત્રિજ્યાઓમાં થતો આ ઘટાડો ઓછો હોય છે. સંક્રાંતિ તત્ત્વોમાં આયનીય ત્રિજ્યા માટેનું વલણ પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા જેવું જ જોવા મળે છે. પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણી તત્ત્વોની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા અને આયનીય ત્રિજ્યા અનુક્રમે કોષ્ટક 3.4 અને 3.5માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 3.4 પ્રથમ સંક્રાંતિ તત્ત્વોની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા

તત્ત્વ	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા (pm)	144	132	122	117	117	117	116	115	117	125

કોષ્ટક 3.5 પ્રથમ સંક્રાંતિ તત્ત્વોની આયનીય ત્રિજ્યા

તત્ત્વ	Sc^{2+}	Ti^{2+}	V^{2+}	Cr^{2+}	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Co^{2+}	Ni^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}
આયનીય ત્રિજ્યા (pm)	–	90	79	82	82	77	74	70	73	75

કોષ્ટક 3.4માં દર્શાવ્યા મુજબ Scથી V દરમિયાન પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા ઘટે છે, જ્યારે Crથી Cu સુધી પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા લગભગ સમાન છે. વધુમાં Znની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા ઘટવાને બદલે વધેલી માલૂમ પડે છે. આમ થવાનું કારણ એ છે કે આવર્તમાં જેમ ડાબી બાજુથી જમણી બાજુ જઈએ તેમ કેન્દ્રનો ધનવીજભાર વધતો જાય છે અને દાખલ થતો ઇલેક્ટ્રૉન 3d-કક્ષકમાં ઉમેરાય છે. આ ઇલેક્ટ્રૉન, કેન્દ્રમાં વધતાં ધનવીજભારને કારણે 4s-કક્ષકમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉન પ્રત્યેના આકર્ષણબળ માટેની શીલ્ડિંગ અસરમાં વધારો કરે છે. પરિણામે 4s-કક્ષકમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉન કેન્દ્ર તરફ વધુ આકર્ષાતા નથી (પડોશી સંક્રાંતિ તત્ત્વની સાપેક્ષે). આમ, કક્ષા સંકોચાતી નથી તેથી પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા સમાન રહે છે. Zn પરમાણુની 3d-કક્ષક સંપૂર્ણ ભરાયેલી હોય છે. તેથી તેની શીલ્ડિંગ અસરથી કેન્દ્રના ધનવીજભારનું 4s-કક્ષકના ઇલેક્ટ્રૉન પ્રત્યેના આકર્ષણને ઘટાડે છે. વળી 3d-કક્ષકમાં ઇલેક્ટ્રૉન-ઇલેક્ટ્રૉન વચ્ચેના અપાકર્ષણનું મૂલ્ય, કેન્દ્ર અને 4s-કક્ષકના ઇલેક્ટ્રૉનના આકર્ષણ મૂલ્યથી વધી જાય છે. તેથી Znમાં કક્ષાનું વિસ્તરણ થાય છે. માટે Znની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યાનું મૂલ્ય વધુ જોવા મળે છે.

(3) આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી : સંક્રાંતિ તત્ત્વોની પ્રથમ શ્રેણીમાં ડાબી બાજુથી જમણી બાજુ તરફ જતાં કેન્દ્રિય વીજભાર વધવાને કારણે આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય વધે છે, પણ આ મૂલ્યમાં થતો વધારો મુખ્ય સમૂહના તત્ત્વોના આવર્તમાં આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીના મૂલ્યોમાં થતા વધારા જેટલો હોતો નથી. આમ, બે પડોશી સંક્રાંતિ તત્ત્વોની પ્રથમ આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીના મૂલ્યમાં ખાસ તફાવત જોવા મળતો નથી (કોષ્ટક 3.6). પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોની પ્રથમ, દ્વિતીય, તૃતીય આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીના મૂલ્યો કોષ્ટક 3.6માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 3.6 પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોની પ્રથમ, દ્વિતીય અને તૃતીય આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી (કિ જૂ મોલ$^{-1}$)

તત્ત્વ	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
$\Delta_i H_1$	631	656	650	653	717	762	758	736	745	906
$\Delta_i H_2$	1235	1309	1414	1592	1509	1561	1644	1752	1958	1734
$\Delta_i H_3$	2393	2657	2833	2990	3260	2962	3243	3402	3556	3829

કોષ્ટક 3.6માં દર્શાવ્યા મુજબ પ્રથમ આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીની જેમ પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોની દ્વિતીય આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીના મૂલ્યોમાં પણ ખાસ તફાવત જોવા મળતો નથી. પરંતુ ક્રોમિયમ અને કૉપર અપવાદરૂપે જણાય છે. આ બંને તત્ત્વોની દ્વિતીય આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય તેના પડોશના તત્ત્વો કરતા વધુ છે. કારણ કે આ બંને તત્ત્વો એક-એક ઇલેક્ટ્રૉન દૂર કર્યા બાદ અનુક્રમે Cr^+ : $[Ar]3d^5$ અને Cu^+ : $[Ar]3d^{10}$ ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના પ્રાપ્ત કરે છે. Cr અને Cuમાંથી બીજો ઇલેક્ટ્રૉન અનુક્રમે અર્ધભરાયેલી અને સંપૂર્ણ ભરાયેલી વધુ સ્થાયિતા ધરાવતી 3d-કક્ષકમાંથી દૂર થાય છે. આવા ઇલેક્ટ્રૉનને દૂર કરવા વધુ ઊર્જાની જરૂર પડે તે સ્વાભાવિક છે.

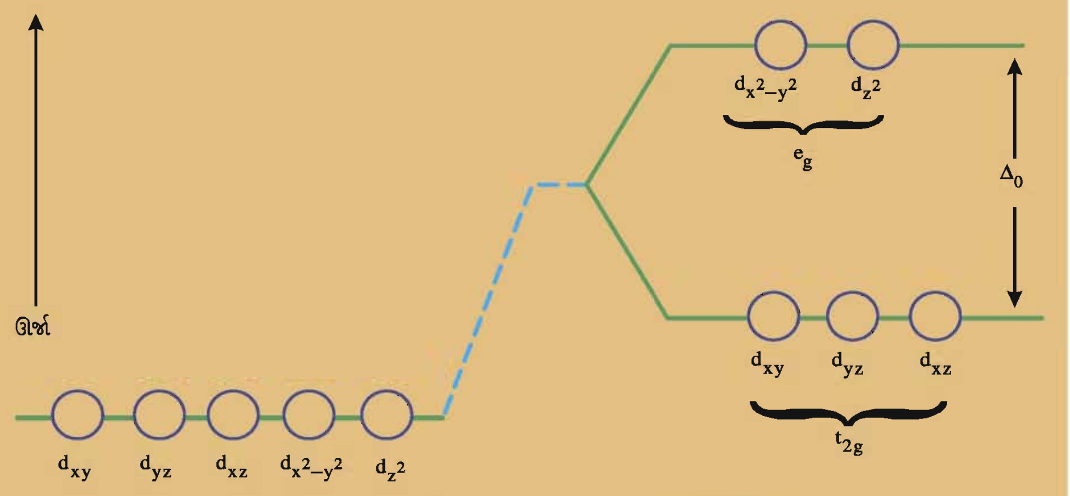
(4) વિદ્યુતધ્રુવ પોટૅન્શિયલ : સંક્રાંતિ ધાતુ તત્ત્વોની ઉષ્માગતિકીય સ્થાયિતા ધાતુ તત્ત્વોની આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીની માત્રા ઉપર આધારિત છે. ઓછી આયનીકરણ ઉર્જા ધરાવતા ધાતુ તત્ત્વોના સંયોજનો વધારે સ્થાયી હોય છે. જ્યારે દ્રાવણોમાં સંયોજનોની સ્થાયિતા આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીની સાપેક્ષ વિદ્યુતધ્રુવ પોટૅન્શિયલ પર વધુ આધારિત હોય છે.

વિદ્યુતધ્રુવ પોટૅન્શિયલનું મૂલ્ય જુદી જુદી પ્રક્રિયાના ઍન્થાલ્પી ફેરફારના સરવાળા (ΔH_T) પરથી નક્કી થાય છે. સંક્રાંતિ ધાતુ આયનોની જુદી જુદી ઑક્સિડેશન અવસ્થાની સ્થાયિતા વિદ્યુતધ્રુવ પોટૅન્શિયલના મૂલ્યોને આધારે નક્કી કરી શકાય છે. જેમ પ્રમાણિત રિડક્શન પોટૅન્શિયલના વધુ ઋણ મૂલ્ય તેમ તે સંક્રાંતિ ધાતુ આયનની સ્થાયિતા જલીય માધ્યમમાં વધુ હોય છે.

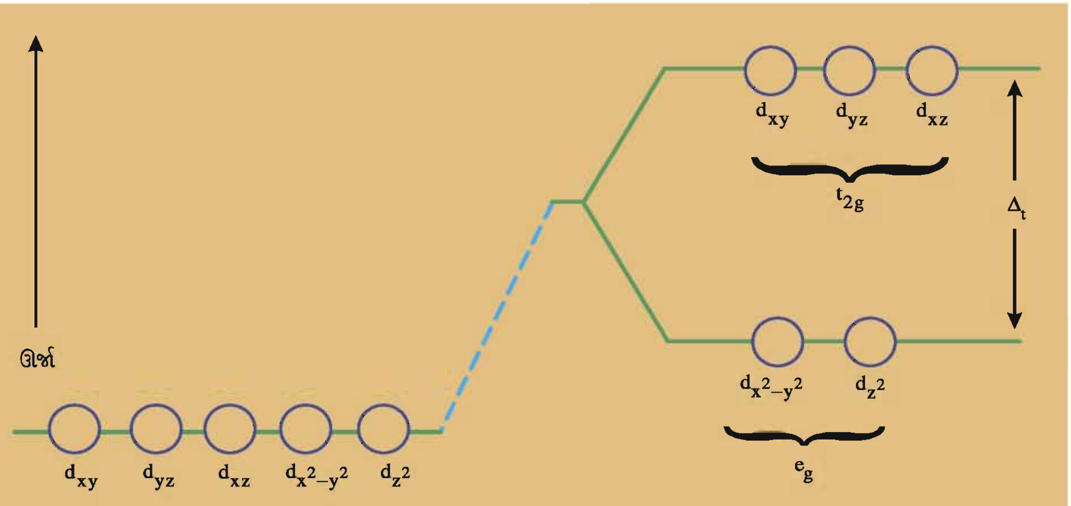
3.4 પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોના લાક્ષણિક ગુણધર્મો (Characteristic Properties of Elements of First Transition Series)

(1) રંગ : સંક્રાંતિ તત્ત્વોના મોટાભાગના આયનીય અને સહસંયોજક સંયોજનો રંગીન હોય છે. જેનું કારણ અપૂર્ણ ભરાયેલી d-કક્ષકો છે. જ્યારે સંક્રાંતિ આયનો પર દશ્યમાન પ્રકાશ પડે છે ત્યારે તે તેમાંની ચોક્કસ તરંગલંબાઈવાળા પ્રકાશનું શોષણ કરે છે અને બાકીના પ્રકાશને ઉત્સર્જિત કરે છે. આપણી આંખ આ ઉત્સર્જિત પ્રકાશના રંગને તે આયનોના રંગ

તરીકે સ્વીકારે છે. તેથી આયનો રંગીન દેખાય છે. દા.ત., $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$ ના જલીય દ્રાવણમાંથી જ્યારે દશ્યમાન પ્રકાશ પસાર થાય છે ત્યારે લીલા રંગનું ઉત્સર્જન થાય છે અને અન્ય રંગોનું શોષણ થાય છે. તેથી આ જલીય દ્રાવણનો રંગ લીલો દેખાય છે. તેવી જ રીતે $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ ના જલીય દ્રાવણમાંથી જ્યારે દશ્યમાન પ્રકાશ પસાર થાય છે ત્યારે લાલ અને લીલા રંગનું ઉત્સર્જન થાય છે અને અન્ય રંગોનું શોષણ થાય છે. ઉત્સર્જિત થતા લાલ અને લીલા રંગના મિશ્રણને કારણે આ દ્રાવણનો રંગ પીળાશપડતા નારંગી રંગનો જોવા મળે છે. પ્રકાશના શોષણ દરમિયાન આયનોની d-કક્ષકમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉન ઊર્જા મેળવી નીચી ઊર્જા ધરાવતી d-કક્ષકમાંથી ઊંચી ઊર્જા ધરાવતી d-કક્ષકમાં જાય છે. ઇલેક્ટ્રૉનની આ સંક્રાંતિને **d-d સંક્રાંતિ** કહે છે. અહીં નોંધવું જરૂરી છે કે સામાન્ય રીતે પાંચેય d-કક્ષકોની શક્તિ સમાન હોય છે, પણ સ્ફટિક ક્ષેત્રવાદ (Crystal Field Theory) મુજબ d-કક્ષકોનું જુદા જુદા શક્તિસ્તરમાં વિભાજન થાય છે. સમચતુષ્ફલકીય અને અષ્ટફલકીય ભૂમિતિ ધરાવતાં સંક્રાંતિ સંયોજનોમાં d-કક્ષકોનું જુદા જુદા શક્તિસ્તરમાં વિભાજન આકૃતિ 3.1માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 3.1(a) અષ્ટફલકીય સંકીર્ણ સંયોજનોમાં d-કક્ષકોનું વિભાજન



આકૃતિ 3.1(b) સમચતુષ્ફલકીય સંકીર્ણ સંયોજનોમાં d-કક્ષકોનું વિભાજન

કેટલાક ધાતુઆયનોના રંગ કોષ્ટક 3.7માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 3.7 પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીના કેટલાંક હાઇડ્રેટેડ (જલયુક્ત) ધાતુ આયનોનાં રંગ

ધાતુઆયનો	રંગ
Cu^{2+}, Cr^{2+}, Co^{3+}, V^{4+}	ભૂરો
Ni^{2+}, Fe^{2+}, V^{3+}	લીલો
V^{2+}, Cr^{3+}, Mn^{3+}	જાંબલી
Co^{2+}, Mn^{2+}	ગુલાબી
Fe^{3+}	પીળો
Ti^{3+}	જાંબુડિયો (Purple)
Zn^{2+}, Sc^{3+}, Ti^{4+}, Cu^{+}	રંગવિહીન

વિદ્યાર્થીમિત્રો, કોષ્ટક 3.7માં દર્શાવેલ ધાતુઆયનો પૈકી કેટલાકના રંગની ખાતરી રસાયણવિજ્ઞાન પ્રયોગશાળામાં સરળતાથી ઉપલબ્ધ એવા રસાયણો- $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $NiCl_2 \cdot 6H_2O$, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, $FeCl_3$ અને $ZnCl_2$ના રંગથી કરી શકશો.

(2) ઉદ્દીપકીય ગુણધર્મ : સંક્રાંતિ ધાતુઓ તેમજ તેમના કેટલાંક સંયોજનો રાસાયણિક પ્રક્રિયાનો વેગ વધારે છે. આથી તે ઉદ્દીપક તરીકે ઉપયોગી છે. ઉદ્દીપક તરીકે વપરાતા આ પદાર્થો ઘન સ્થિતિમાં હોય છે. તેમના કણોની ધારના છેડા અથવા સપાટી ઉપર અવ્યવસ્થિત અને ઉપસેલા શિખરબિંદુઓ ઉદ્દીપન કાર્ય માટે જવાબદાર કેન્દ્રો છે. ઘન પદાર્થના દ્રવ્યમાં ઊંડાણે આવેલા અણુ-પરમાણુ ચારેય તરફ તેમના જેવા જ બીજા પરમાણુઓથી ઘેરાયેલા હોય છે, તેથી તેમના અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર પરસ્પર અસરથી નષ્ટ થાય છે, જ્યારે ધારના છેડા તેમજ શિખરબિંદુઓ પરના પરમાણુઓનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર અસરકારક રહે છે, જે ઉદ્દીપન માટે સક્રિય કેન્દ્રો છે. આ સ્થાનોએ ચુંબકીયક્ષેત્રના પ્રભાવથી પ્રક્રિયકના અણુઓ આકર્ષાય છે, તેથી પ્રક્રિયા માટે જરૂરી સક્રીયકરણ ઊર્જા ઘટે છે. પરિણામે પ્રક્રિયાવેગ વધે છે. આમ, સંક્રાંતિ તત્ત્વો તેમજ તેમના કેટલાંક સંયોજનો ઉદ્દીપક તરીકે વપરાય છે. જેમ કે વનસ્પતિ તેલના હાઇડ્રોજીનેશનમાં Ni, NH_3ના ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનની હેબરવિધિમાં Fe, H_2SO_4ના ઉત્પાદનની સંપર્કવિધિમાં SO_2માંથી SO_3 મેળવવા V_2O_5 ઉદ્દીપક તરીકે વપરાય છે. આનો વિગતે અભ્યાસ તમે એકમ 2 : પૃષ્ઠ રસાયણશાસ્ત્રમાં ઉદ્દીપનના મુદ્દામાં કર્યો છે.

(3) ચુંબકીય ગુણધર્મ : જ્યારે કોઈ પદાર્થને ચુંબકીયક્ષેત્ર લાગુ પાડવામાં આવે છે, ત્યારે તે મુખ્યત્વે બે પ્રકારના ચુંબકીય ગુણધર્મો ધરાવે છે : (1) અનુચુંબકત્વ (Paramagnetism) અને (2) પ્રતિચુંબકત્વ (Diamagnetism).

જે પદાર્થોના અણુ, પરમાણુ કે આયનમાં અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે તેવા પદાર્થો અનુચુંબકત્વ ધરાવે છે. તેથી તેમને **અનુચુંબકીય પદાર્થો** કહે છે. જ્યારે અણુ, પરમાણુ કે આયનમાં બધા જ ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મિત હોય તો તેઓ પ્રતિચુંબકત્ત્વ ધરાવે છે. તેથી તેમને **પ્રતિચુંબકીય પદાર્થો** કહે છે. સંક્રાંતિ તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં (n–1)d કક્ષક અપૂર્ણ ભરાયેલી હોવાથી તે અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન ધરાવે છે, તેથી આ તત્ત્વોના પરમાણુઓ અનુચુંબકીય હોય છે. અનુચુંબકત્વને લીધે તે ચુંબકીય ચાકમાત્રા ધરાવે છે. ચુંબકીય ચાકમાત્રા પરમાણુ કે આયનોના અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનના ધરાભ્રમણ અને કક્ષીય ભ્રમણને લીધે ઉત્પન્ન થાય છે. સક્રાંતિ ધાતુ આયનોમાં અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન છેલ્લી કક્ષામાં હોય છે. આથી કક્ષીય ભ્રમણ કરતાં ધરાભ્રમણ વધુ મહત્ત્વનું છે. ફક્ત ધરાભ્રમણ આધારિત ચુંબકીય ચાકમાત્રાનું મૂલ્ય નીચેના સૂત્રની મદદથી ગણી શકાય છે.

$$\mu = \sqrt{n\,(n+2)}\ \text{BM}$$

જ્યાં μ = ચુંબકીય ચાકમાત્રા, n = અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા, BM = બોહ્‌ર મૅગ્નેટોન (એકમ)

ચુંબકીય ચાકમાત્રાનું મૂલ્ય, અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા વધવાની સાથે વધે છે. આમ, ચુંબકીય ચાકમાત્રાના માપનથી આપણે પરમાણુ, અણુ કે આયનમાં રહેલ અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા જાણી શકીએ છીએ. d-કક્ષકોમાં વધુમાં વધુ પાંચ અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન રહી શકે છે, તેથી ચુંબકીય ચાકમાત્રાના સૈદ્ધાંતિક મૂલ્યો કોષ્ટક 3.8માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 3.8 ચુંબકીય ચાકમાત્રાના સૈદ્ધાંતિક મૂલ્યો

અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા (n)	ચુંબકીય ચાકમાત્રા μ (BM)
1	1.73
2	2.83
3	3.87
4	4.90
5	5.92

સંક્રાંતિ તત્ત્વોના આયનોની અથવા તેમના સંયોજનોની ચુંબકીય ચાકમાત્રા ઇલેક્ટ્રૉનના ધરાભ્રમણ પર આધારિત છે, તેથી પ્રાયોગિક રીતે મેળવેલા મૂલ્યો સૈદ્ધાંતિક મૂલ્યો કરતાં કેટલીક વખત થોડા વધારે કે ઓછા મળે છે. આમ, થવાનું કારણ ભ્રમણ કક્ષક જોડાણ છે. આ પ્રકારના જોડાણ દિશાકીય હોવાથી મૂલ્ય થોડું વધારે કે ઓછું મળે છે, એટલે કે દિશાકીય જોડાણો કેવી રીતે થાય છે તેના પર આધાર રાખે છે. આ અગાઉ પદાર્થના પ્રતિચુંબકીય અને અનુચુંબકીય ગુણધર્મોનો અભ્યાસ તમે સિમેસ્ટર IIIમાં ઘન અવસ્થાના એકમમાં પણ કર્યો છે.

દાખલો 1 : Co^{2+}(aq)ની ચુંબકીય ચાકમાત્રા ગણો.

ઉકેલ :

		3d					4s
Co (Z = 27) : [Ar]	↑↓	↑↓	↑	↑	↑		↑↓
Co^{2+} : [Ar]	↑↓	↑↓	↑	↑	↑		

અહીં અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા n = 3 છે.

હવે ચુંબકીય ચાકમાત્રા $\mu = \sqrt{n(n+2)}$ BM

$= \sqrt{3(3+2)}$ BM

$= \sqrt{15}$ BM = 3.87 BM

આમ, Co^{2+}(aq)ની ચુંબકીય ચાકમાત્રાનું મૂલ્ય 3.87 BM થશે.

(4) સંક્રાંતિ ધાતુઆયનોની સંકીર્ણ સંયોજનો બનાવવાની ક્ષમતા : સંક્રાંતિ ધાતુઆયનો એક કે તેથી વધુ એનાયન કે તટસ્થ અણુ (લિગાન્ડ) સાથે સવર્ગ સહસંયોજક બંધથી જોડાઈને ચોક્કસ લાક્ષણિકતાવાળી સંકીર્ણ સ્પિસીઝ બનાવે છે, જેને **સંકીર્ણ સંયોજન** કહે છે. આવા સંકીર્ણ સંયોજનોનો ઊંડાણમાં અભ્યાસ એકમ 4 : સંકીર્ણ સંયોજનોમાં કરીશું. સંક્રાંતિ ધાતુઆયનોની સંકીર્ણ બનાવવાની ક્ષમતા બીજા તત્ત્વો કરતા સવિશેષ હોય છે, જેનું કારણ સંક્રાંતિ ધાતુઆયનોની નીચે જણાવેલ લાક્ષણિકતાઓ છે :

- સંક્રાંતિ ધાતુઆયનોનું કદ નાનું હોય છે.
- સંક્રાંતિ ધાતુઆયનોનો કેન્દ્રિય વીજભાર અને આયનીય વીજભાર પ્રમાણમાં વધારે હોય છે.
- સંક્રાંતિ ધાતુઆયનોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના સંકીર્ણો બનાવવા માટે અનુકૂળ હોય છે. આ ધાતુઆયનોમાં d-કક્ષક ખાલી હોવાથી તેમાં લિગાન્ડમાંથી આવનાર ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મોને સમાવી શકાય છે.

- 3d, 4s, 4p કે 4d-કક્ષકોની શક્તિના મૂલ્યો વચ્ચે ઘણો ઓછો તફાવત હોવાથી આ કક્ષકો વચ્ચે વિવિધ પ્રકારના સંકરણ થઈ શકે છે. આથી ઉત્પન્ન થતી વિવિધ સંકૃત કક્ષકો સંકીર્ણ સંયોજનો બનાવવામાં મદદરૂપ થાય છે.
- વિવિધ પ્રકારના સંકરણ થવાથી અને સવર્ગ સહસંયોજક બંધ દિશાકીય હોવાથી વિવિધ પ્રકારની ભૌમિતિક રચના ધરાવતા સંકીર્ણ સંયોજનો બનાવે છે.
- સંક્રાંતિ ધાતુઆયનો વિવિધ ઑક્સિડેશન અવસ્થા ધરાવતા હોવાથી વિવિધ પ્રકારના સંકીર્ણ સંયોજનો બનાવે છે.

3.5 આંતરાલીય સંયોજનો (Interstitial Compounds)

સંક્રાંતિ ધાતુઓની ઘન સ્થિતિમાં પરમાણુઓ ચોક્કસ સ્ફટિક રચનામાં ગોઠવાયેલા હોય છે. આવી ગોઠવણીમાં પરમાણુઓ વચ્ચે ચોક્કસ પોલાણ હોય છે. તેથી નાના કદના અધાતુ પરમાણુ જેવાં કે H, C, N અને B સ્ફટિક રચનાના પોલાણમાં સહેલાઈથી ગોઠવાય છે. આ રીતે બનેલા સંયોજનો **આંતરાલીય સંયોજનો** કહેવાય છે. પોલાણમાં ગોઠવાયેલા નાના કદના અધાતુ પરમાણુઓ અને ધાતુ પરમાણુઓ વચ્ચે રાસાયણિક બંધ બનતો નથી, તેથી આવા સંયોજનોમાં ઘટકોનું પ્રમાણ નિશ્ચિત હોતું નથી. તેથી આંતરાલીય સંયોજનો હકીકતમાં બિનપ્રમાણ અથવા બિનતત્ત્વયોગમિતીય સંયોજનો છે. દા.ત., $TiH_{1.7}$, $VH_{0.56}$ વગેરે. આંતરાલીય પોલાણમાં ગોઠવાયેલા અધાતુ પરમાણુને આધારે તેમને હાઇડ્રાઇડ, કાર્બાઇડ, નાઇટ્રાઇડ અને બોરાઇડમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે. કારણ કે હાઇડ્રોજન, કાર્બન, નાઇટ્રોજન અને બોરોન જેવા તત્ત્વો આંતરાલીય સ્થાનમાં ગોઠવાઈ શકે છે.

સ્ફટિક રચનાનાં પોલાણમાં ગોઠવાયેલા H, C, N અને B જેવા અધાતુ પરમાણુઓની હાજરીને લીધે ધાતુના લાક્ષણિક ગુણધર્મોમાં નોંધપાત્ર ફેરફાર જોવા મળે છે. અહીં પોલાણમાં રહેલા નાના કદના અધાતુ પરમાણુ ધાત્વિક બંધના મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉનને આકર્ષે છે, તેથી ધાત્વિક બંધના મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉન સ્થગિત થવાથી બંધની પ્રબળતા વધે છે, તેથી ધાતુના ગુણધર્મો જેવા કે સખતાઈ, ઘસારાનો પ્રતિકાર, ક્ષારણનો પ્રતિકાર, ગલનબિંદુ વગેરે જેવામાં નોંધપાત્ર વધારો થાય છે. આથી આંતરાલીય સંયોજનોનો ઉપયોગ ઓજારો, યંત્ર સામગ્રી, વાહનો બનાવવામાં થાય છે. આવા પ્રકારના સંયોજનોને ચોક્કસ આણ્વિય સૂત્રો હોતાં નથી. VN, Fe_3N, Fe_3C, Cr_3C_2, Mn_3C, TiC, VB, CrB_2 વગેરે આંતરાલીય સંયોજનો છે.

3.6 મિશ્રધાતુઓ (Alloys)

યંત્રસામગ્રી, ઓજારો, વાહનો તેમજ ઘરવપરાશના વાસણો માટે વપરાતી ધાતુમાં જરૂરી સખતાઈ, વાહકતા, તન્યતા, ક્ષારણનો પ્રતિકાર જેવા લાક્ષણિક ગુણધર્મો આવશ્યક છે. કોઈ પણ શુદ્ધ ધાતુમાં આવા બધા જ ગુણધર્મોનો સુમેળ હોતો નથી. તેથી વ્યવહારમાં શુદ્ધ ધાતુને બદલે બે અથવા વધારે ધાતુતત્ત્વોમાંથી બનાવેલી મિશ્રધાતુ વધુ વપરાય છે.

વૈજ્ઞાનિકો **હ્યુમ (Hume)** અને **રોથરી (Rothery)**એ ઉપયોગી ગુણધર્મના સુમેળવાળી મિશ્રધાતુઓ મેળવવા નીચે પ્રમાણે નિયમો રજૂ કર્યા :

(1) મિશ્રધાતુ બનાવતી બે ધાતુતત્ત્વોના પરમાણ્વિય કદ સમાન હોવા જોઈએ. તેમની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા વચ્ચેનો તફાવત 15 % કરતાં વધુ ન હોવો જોઈએ.

(2) મિશ્રધાતુ બનાવવા ઉપયોગમાં લેવાતી ધાતુતત્ત્વોના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન જ હોવા જોઈએ, એટલે કે તેમની સંયોજકતા કક્ષાની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના સમાન જ હોવી જોઈએ.

(3) મિશ્રધાતુ માટે વપરાતા શુદ્ધ ધાતુતત્ત્વોની સ્ફટિક રચના સમાન હોવી જોઈએ.

22 કેરેટ સોનાના ઘરેણાં મિશ્રધાતુનું ઉત્તમ ઉદાહરણ છે. તે Au અને Cuની મિશ્રધાતુ છે. Au (પરમાણ્વિય કદ = 134 pm) અને Cu(પરમાણ્વિય કદ = 117 pm)ના પરમાણ્વિય કદ વચ્ચેનો તફાવત 14.5 % જેટલો છે. તે બંને ક્યુબિક ક્લોઝ-પૅક સ્ફટિક રચના ધરાવે છે. તે બંને સમૂહ-11ના સભ્યો હોવાથી તેમની સંયોજકતા કોષની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના સમાન હોય છે. આમ, હ્યુમ અને રોથરી વૈજ્ઞાનિકોએ સૂચવેલ નિયમો મુજબ ઉત્તમ મિશ્રધાતુ બનાવી શકાય છે.

સંક્રાંતિ તત્ત્વોની પ્રથમ શ્રેણીના Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ધાતુઓના પરમાણ્વિય કદ વચ્ચેનો તફાવત 2 % કરતાં પણ ઓછો છે. આ તત્ત્વોના સંયોજકતા કોષની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં તફાવત પ્રમાણમાં ઘણો ઓછો છે. તેથી આ તત્ત્વો તેમના જુદા જુદા પ્રમાણવાળી સંખ્યાબંધ મિશ્રધાતુઓ બનાવે છે, જે વ્યવહારમાં ખૂબ જ ઉપયોગી છે. કેટલીક અગત્યની મિશ્રધાતુઓ, તેમનાં ઘટકો, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો કોષ્ટક 3.9માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 3.9 મિશ્રધાતુઓ, તેમનાં ઘટકો, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો

મિશ્રધાતુઓ	ઘટકો	ગુણધર્મો	ઉપયોગો
સ્ટેનલેસ સ્ટીલ	Fe (70 %), Cr (20 %), Ni (10 %)	હવા, પાણી અને આલ્કલીની અસર થતી નથી અને કાટ પણ લાગતો નથી.	વાસણો, બ્લેડ, વાઢકાપના સાધનો બનાવવામાં
બ્રાસ (પિત્તળ)	Cu (70 %), Zn (30 %)	ટીપનીય, મજબૂત, ક્ષારણ પ્રતિકારક તથા તેને સરળતાથી ઘાટ આપી શકાય છે.	રસોઈનાં વાસણો, યંત્રના ભાગો તથા સંગીતના સાધનો બનાવવામાં
બ્રૉન્ઝ (કાંસુ)	Cu (90 %), Sn (10 %)	વધુ મજબૂત અને વધુ ક્ષારણ પ્રતિકારકતા ધરાવનાર	પૂતળાં, ચલણી સિક્કા તથા મેડલ બનાવવામાં
નિટિનોલ	Ti (45 %), Ni (55 %)	વજનમાં હલકી અને મજબૂત તથા ક્ષારણનો પ્રતિકાર કરે છે. તેમાં સ્મૃતિનો અદ્ભુત ગુણ હોય છે.	રિવેટિંગ અને અવકાશ સંશોધનમાં ઉપયોગી છે.
ક્યુપ્રોનિકલ	Cu (75-85 %), Ni (15-25 %),	મજબૂત અને ક્ષારણ પ્રતિકારક છે.	ચલણી સિક્કા બનાવવામાં
	Cu (50-55 %), Ni (45-50 %)	વિદ્યુત અવરોધ વધુ હોય છે.	વિદ્યુત અવરોધક તાર બનાવવામાં
જર્મન-સિલ્વર	Ni (40-50 %), Zn (25-30 %) Cu (25-30 %)	ચાંદી જેવો ચળકાટ ધરાવે છે.	ઘરગથ્થુ વાસણો અને કલાકૃતિઓ બનાવવામાં, વિદ્યુત અવરોધક તાર બનાવવામાં
નિક્રોમ	Ni (60 %), Cr (40 %)	વિદ્યુત અવરોધ વધારે હોય છે.	વિદ્યુતભઠ્ઠી અને વિદ્યુત તાપકોમાં વિદ્યુત અવરોધક તાર તરીકે

આ ઉપરાંત મરક્યુરી સાથેનો એમાલ્ગમ (સંરસ) મિશ્રધાતુ પણ ખૂબ પ્રચલિત છે. આ મિશ્રધાતુમાં Hg (50 %), Ag (35 %), Sn (12 %), Cu (3 %) અને Zn (0.2 %) હોય છે. આ મિશ્રધાતુનો ઉપયોગ દાંતના પોલાણ પૂરવા માટે કરવામાં આવે છે. જ્યારે દાંતના પોલાણમાં આ મિશ્રધાતુને ભરવાની હોય તેના થોડા સમય પહેલા જ બધી ધાતુઓને મિશ્ર કરવામાં આવે છે. આ મિશ્રધાતુ મૃદુ હોય છે અને દાંતના દાક્તર આ મિશ્રધાતુને દાંતના પોલાણમાં ભરી શકે તેટલો સમય તે મૃદુ રહી શકે છે, તેથી દાંતના દાક્તરને દાંતનું પોલાણ ભરવામાં વધુ અનુકૂળ રહે છે. આ મિશ્રધાતુ પોલાણમાં ભરાયા બાદ કઠિન બને છે તથા તેનું વિસ્તરણ વધુ થતું નથી.

3.7 3d-સંક્રાંતિ તત્ત્વોના કેટલાક અગત્યના સંયોજનો (Some Important Compounds of 3d-Transition Elements)

3d-સંક્રાંતિ તત્ત્વોના ઘણા સંયોજનો પ્રચલિત છે. અહીં આપણે માત્ર પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટ ($K_2Cr_2O_7$) અને પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટ($KMnO_4$)ની બનાવટ, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો જાણીશું.

(1) પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટ ($K_2Cr_2O_7$) :

બનાવટ : ક્રોમાઇટ ખનિજ ($FeCr_2O_4$)નું સોડિયમ કાર્બોનેટ અને કળી ચૂના સાથે હવાની હાજરીમાં પિગલન કરવાથી સોડિયમ ક્રોમેટ (Na_2CrO_4) અને ફૅરિક ઑક્સાઇડ બને છે. આ મિશ્રણને પાણીમાં ઉમેરતાં Na_2CrO_4 ઓગળે છે અને Fe_2O_3 અદ્રાવ્ય રહે છે.

$$4FeCr_2O_4 + 8Na_2CO_3 + 7O_2 \rightarrow 8Na_2CrO_4 + 2Fe_2O_3 + 8CO_2$$

આ રીતે મળતા સોડિયમ ક્રોમેટના પીળા રંગના દ્રાવણને ગાળી લઈ H_2SO_4 વડે ઍસિડમય કરવાથી સોડિયમ ડાયક્રોમેટ ($Na_2Cr_2O_7$) બને છે, જે પોટૅશિયમ ક્લોરાઇડ સાથે પ્રક્રિયા કરી પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટ અને NaCl બનાવે છે. NaCl કરતાં $K_2Cr_2O_7$ ઓછું દ્રાવ્ય હોવાથી દ્રાવણને ઠંડુ પાડી સ્ફટિકીકરણથી $K_2Cr_2O_7$ અલગ મેળવાય છે.

$$2Na_2CrO_4 + 2H^+ \rightarrow Na_2Cr_2O_7 + 2Na^+ + H_2O$$

$$Na_2Cr_2O_7 + 2KCl \rightarrow K_2Cr_2O_7 + 2NaCl$$

ગુણધર્મો :

- પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટ નારંગી રંગનો સ્ફટિકમય પદાર્થ છે.
- તે પાણીમાં સુદ્રાવ્ય છે.
- તે ઍસિડિક માધ્યમમાં પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે.
- પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટના જલીય દ્રાવણમાં બેઇઝ ઉમેરતાં તે પીળા રંગના પોટૅશિયમ ક્રોમેટ (K_2CrO_4)માં રૂપાંતર પામે છે તથા આ દ્રાવણમાં H_2SO_4 ઉમેરીને ઍસિડિક કરવામાં આવે તો ફરીથી નારંગી રંગના પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટમાં ફેરવાય છે.

ક્રોમેટ અને ડાયક્રોમેટ આયન જલીય દ્રાવણમાં આંતર-પરિવર્તનશીલ હોય છે. જેનો આધાર જલીય દ્રાવણની pH ઉપર હોય છે. કારણ કે ક્રોમેટ અને ડાયક્રોમેટ આયનમાં ક્રોમિયમની ઑક્સિડેશન અવસ્થા સમાન હોય છે.

$$\underset{\text{પીળો રંગ}}{2CrO_4^{2-}} + 2H^+ \rightarrow \underset{\text{નારંગી રંગ}}{Cr_2O_7^{2-}} + H_2O$$

$$\underset{\text{નારંગી રંગ}}{Cr_2O_7^{2-}} + 2OH^- \rightarrow \underset{\text{પીળો રંગ}}{2CrO_4^{2-}} + H_2O$$

ઉપયોગો :

- પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટ મુખ્યત્વે ચર્મઉદ્યોગોમાં અને એઝો સંયોજનોની બનાવટમાં ઉપયોગી છે.
- કાર્બનિક સંયોજનોના સંશ્લેષણમાં પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે, પ્રદૂષિત પાણીમાં રાસાયણિક ઑક્સિજન જરૂરિયાત (COD)ના માપનમાં પ્રક્રિયક તરીકે વપરાય છે. આ ઉપરાંત પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટનું સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથેનું મિશ્રણ કે જે ક્રોમિક ઍસિડ તરીકે ઓળખાય છે, તે પ્રયોગશાળાના કાચના સાધનોની (glasswares) સફાઈ માટે ઉપયોગમાં લેવાય છે. તે ક્ષારણ નિરોધક છે.
- તે રેડોક્સ અનુમાપનોમાં આયર્ન (II) જેવા ધાતુઆયનોનું પ્રમાણ જાણવા અનુમાપક તરીકે ઉપયોગી છે.

(2) પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટ ($KMnO_4$) :

બનાવટ : મૅંગેનીઝ ડાયૉક્સાઇડ(MnO_2)નું પિગલન KOH સાથે હવાની હાજરીમાં અથવા KNO_3 જેવા ઑક્સિડેશનકર્તાની હાજરીમાં કરવાથી ઘેરા લીલા રંગનો પોટૅશિયમ મૅંગેનેટ (K_2MnO_4) બને છે. આ દ્રાવણમાં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ઉમેરી ઍસિડમય બનાવતાં પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટ બને છે.

$2MnO_2 + 4KOH + O_2 \rightarrow 2K_2MnO_4 + 2H_2O$
(લીલો રંગ)

$3K_2MnO_4 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2KMnO_4 + 2K_2SO_4 + MnO_2 + 2H_2O$

ગુણધર્મો :

- પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટ ઘેરા જાંબુડિયા (dark purple) રંગનો સ્ફટિકમય પદાર્થ છે.
- તે પાણીમાં દ્રાવ્ય છે.
- તે ઍસિડિક, બેઝિક અને તટસ્થ માધ્યમમાં ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે.

ઉપયોગો :

- પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટ કાર્બનિક સંયોજનોના સંશ્લેષણમાં પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે ઉપયોગી છે.
- તે સુતરાઉ કાપડ, સિલ્ક, લાકડું, ટેક્ષટાઇલ ઉદ્યોગોમાં વિરંજક (bleaching agent) તરીકે વપરાય છે.
- તે જીવાણુનાશી (antiseptic) તરીકે વર્તે છે. મુખને જીવાણુરહિત કરવા પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટના જલીય દ્રાવણના કોગળા કરવામાં આવે છે.
- તે રેડોક્ષ અનુમાપનોમાં આયર્ન (II) જેવા ધાતુઆયનો અને ઑક્ઝેલિક ઍસિડ જેવા કાર્બનિક પદાર્થનું પ્રમાણ જાણવા અનુમાપક તરીકે ઉપયોગી છે.

3.8 d-વિભાગના તત્ત્વોની ઉપયોગિતા (Applications of d-Block Elements)

- d-વિભાગના તત્ત્વોમાંથી બનતી મિશ્રધાતુઓ સ્ટેનલેસ સ્ટીલ, પિત્તળ, કાંસુ, નિટિનોલ, ક્યુપ્રોનિકલ, જર્મન-સિલ્વર અને નિક્રોમ ઘરવપરાશની ચીજવસ્તુઓ બનાવવા, ચલણી સિક્કા બનાવવા, પૂતળાં તથા યંત્રની સામગ્રી બનાવવા માટે વપરાય છે.
- આ તત્ત્વોના કેટલાંક તત્ત્વો અને સંયોજનો રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં ઉદ્દીપક તરીકે વર્તે છે. દા.ત., વનસ્પતિ તેલના હાઇડ્રોજીનેશનમાં Ni, NH_3ના ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનની હેબર વિધિમાં Fe, H_2SO_4ના ઉત્પાદનની સંપર્કવિધિમાં SO_2માંથી SO_3 મેળવવા V_2O_5 ઉદ્દીપક તરીકે વર્તે છે.
- મરક્યુરી-એમાલ્ગમ જેવી મિશ્રધાતુ દાંતના પોલાણ પૂરવા માટે ઉપયોગી છે.
- ગોલ્ડ અને કૉપરની મિશ્રધાતુ આભૂષણો બનાવવા માટે વધુ ઉચિત છે.
- મરક્યુરીનો ઉપયોગ થર્મોમીટરમાં કરવામાં આવે છે.
- પ્લેટિનમ જેવી નિષ્ક્રિય ધાતુનો ઉપયોગ વીજરસાયણના પ્રયોગોમાં વીજધ્રુવ તરીકે કરવામાં આવે છે.
- d-વિભાગના તત્ત્વના કેટલાંક સંયોજનો જેવાં કે $KMnO_4$ અને $K_2Cr_2O_7$ કાર્બનિક સંયોજનોના સંશ્લેષણમાં પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે. તેમનો ઉપયોગ રેડોક્ષ અનુમાપનોમાં અનુમાપક તરીકે પણ થાય છે.
- સૂકાકોષમાં MnO_2નો ઉપયોગ થાય છે.
- પાણીની પાઇપ તથા મકાન ઉપરના પતરાંને ક્ષારણથી બચાવવા માટે તેમને ઝિંક ધાતુની મદદથી ગેલ્વેનાઇઝ સ્વરૂપમાં ફેરવવામાં આવે છે.

3.9 આંતર સંક્રાંતિ તત્ત્વો – f-વિભાગના તત્ત્વો (Inner Transition Elements – Elements of f-Block)

f-વિભાગના તત્ત્વો બે શ્રેણીમાં વહેંચાયેલા હોય છે : (1) લેન્થેનાઇડ શ્રેણી અને (2) ઍક્ટિનાઇડ શ્રેણી. આવર્તકોષ્ટકમાં લેન્થેનમની તરત પછીના ચૌદ તત્ત્વો - Ce(Z = 58)થી Lu(Z = 71)ની શ્રેણીને **લેન્થેનાઇડ શ્રેણી** કહે છે. આ શ્રેણીના તત્ત્વોને **લેન્થેનોઇડ્સ (Lanthanoids)** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. લેન્થેનોઇડ્સને સામાન્ય સંજ્ઞા Ln વડે દર્શાવાય છે. લેન્થેનમ, લેન્થેનોઇડ્સ સાથે વધુ સામ્યતા ધરાવતું હોવાથી લેન્થેનોઇડ શ્રેણીની ચર્ચા દરમિયાન તેનો

સમાવેશ કરવામાં આવે છે. આવર્તકોષ્ટકમાં ઍક્ટિનિયમની તરત પછીના ચૌદ તત્ત્વો - Th(Z = 90)થી Lr(Z = 103)ની શ્રેણીને **ઍક્ટિનાઇડ શ્રેણી** કહે છે. આ શ્રેણીના તત્ત્વોને **ઍક્ટિનોઇડ્સ (Actinoids)** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ઍક્ટિનિયમ, ઍક્ટિનોઇડ્ઝ સાથે વધુ સામ્યતા ધરાવતું હોવાથી ઍક્ટિનાઇડ શ્રેણીની ચર્ચા દરમિયાન તેનો સમાવેશ કરવામાં આવે છે. **f-વિભાગના તત્ત્વોની બાહ્યતમ કક્ષાની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $(n-2)f^{0-14}(n-1)d^{0-1}ns^2$ છે.**

3.10 લેન્થેનાઇડ શ્રેણી (Lanthanide Series)

અહીં આપણે લેન્થેનાઇડ શ્રેણીને સમજવા માટે ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના, ઑક્સિડેશન અવસ્થા, પરમાણ્વિયકદ, રાસાયણિક પ્રતિક્રિયાત્મકતા અને લેન્થેનાઇડ સંકોચન વગેરે વિષયમુદ્દાનો અભ્યાસ કરીશું.

3.10.1 ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા (Electronic Configuration and Oxidation State) :

લેન્થેનાઇડ શ્રેણીના તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં $6s^2$ બધા તત્ત્વોમાં સામાન્ય છે, પણ 4f-કક્ષકમાં ઇલેક્ટ્રૉન બદલાતા રહે છે. **બધા જ લેન્થેનોઇડ્સ અને લેન્થેનમ તત્ત્વ સ્થાયી ઑક્સિડેશન અવસ્થા +3 ધરાવે છે.** લેન્થેનમ અને લેન્થેનોઇડ્સની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા કોષ્ટક 3.10માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 3.10 લેન્થેનમ અને લેન્થેનોઇડ્સની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા

તત્ત્વ	પરમાણ્વિયક્રમાંક	ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના	ઑક્સિડેશન અવસ્થા
La	57	$[Xe]5d^1 6s^2$	(+3)
Ce	58	$[Xe]4f^1 5d^1 6s^2$	(+3), +4
Pr	59	$[Xe]4f^3 6s^2$	(+3)
Nd	60	$[Xe]4f^4 6s^2$	+2, (+3)
Pm	61	$[Xe]4f^5 6s^2$	(+3)
Sm	62	$[Xe]4f^6 6s^2$	+2, (+3)
Eu	63	$[Xe]4f^7 6s^2$	+2, (+3)
Gd	64	$[Xe]4f^7 5d^1 6s^2$	(+3)
Tb	65	$[Xe]4f^9 6s^2$	(+3), +4
Dy	66	$[Xe]4f^{10} 6s^2$	(+3), +4
Ho	67	$[Xe]4f^{11} 6s^2$	(+3)
Er	68	$[Xe]4f^{12} 6s^2$	(+3)
Tm	69	$[Xe]4f^{13} 6s^2$	+2, (+3)
Yb	70	$[Xe]4f^{14} 6s^2$	+2, (+3)
Lu	71	$[Xe]4f^{14} 5d^1 6s^2$	(+3)

નોંધ : કૌંસમાં સ્થાયી ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવેલી છે.

કોષ્ટક 3.10માં દર્શાવેલ ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનાના અભ્યાસ પરથી માલૂમ પડે છે કે માત્ર Ce, Gd અને Lu જેવા લેન્થેનોઇડ્સની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં જ ઇલેક્ટ્રૉન 5d-કક્ષકમાં ભરાયેલા છે. Gdમાં $4f^7$ જેવી અર્ધપૂર્ણ ભરાયેલ કક્ષકને કારણે સ્થાયીતા પ્રાપ્ત થાય માટે નવો ઉમેરાતો ઇલેક્ટ્રૉન 5d-કક્ષકમાં ભરાય છે, જ્યારે Luમાં 4f-કક્ષક પૂર્ણ ભરાયેલી હોવાથી નવો ઉમેરાતો ઇલેક્ટ્રૉન 5d-કક્ષકમાં ભરાય છે. Ceમાં ઇલેક્ટ્રૉન 5d-કક્ષકમાં ભરાવો તેને હાલમાં અપવાદ તરીકે

સ્વીકારવામાં આવેલ છે. આમ, લેન્થેનોઇડ્સની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $[Xe]4f^{1-14}5d^{0-1}6s^2$ છે. લેન્થેનોઇડ્સ પૈકી પ્રોમિથિયમ (Pm) રેડિયોસક્રિય તત્ત્વ છે.

3.10.2 પરમાણ્વિયકદ અને લેન્થેનાઇડ સંકોચન (Atomic size and Lanthanide Contraction) :

આવર્તકોષ્ટકના કોઈ પણ આવર્તના તત્ત્વોની જેમ લેન્થેનાઇડ શ્રેણીના તત્ત્વોમાં સિરિયમ (Ce)થી લ્યુટેશિયમ (Lu) તરફ જતાં પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા અને આયનીય ત્રિજ્યા ઘટતી જાય છે. આ શ્રેણીના તત્ત્વોમાં પરમાણ્વિયક્રમાંક વધવાની સાથે નવા ઇલેક્ટ્રૉનનો ઉમેરો છેલ્લી કક્ષાને (n = 6) બદલે અંદરની કક્ષા 4f (n = 4)માં થાય છે. તેથી કેન્દ્રમાં વધતાં ધનવીજભાર પ્રત્યે 4f-કક્ષકમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉન વધુ આકર્ષણ ધરાવે છે. તેથી પરમાણુનું સંકોચન થાય છે, એટલે કે પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા ઘટે છે. લેન્થેનાઇડ તત્ત્વોમાં થતાં આ સંકોચનને લેન્થેનાઇડ સંકોચન કહે છે. લેન્થેનાઇડ સંકોચનની, લેન્થેનાઇડ શ્રેણી પછીના તત્ત્વોની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા પર અસર જોવા મળે છે. લેન્થેનાઇડ શ્રેણી પછીના તૃતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીના કેટલાંક તત્ત્વોની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યાઓ આ શ્રેણીની અગાઉની દ્વિતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીના કેટલાક તત્ત્વોની ત્રિજ્યા જેટલી હોય છે, જે કોષ્ટક 3.11 પરથી સમજી શકાય છે.

કોષ્ટક 3.11 દ્વિતીય અને તૃતીય સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વોની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા (pm)

દ્વિતીય સંક્રાંતિ શ્રેણી	Y 162	Zr 145	Nb 134	Mo 129	Tc –	Ru 124	Rh 125	Pd 128
તૃતીય સંક્રાંતિ શ્રેણી	લેન્થેનોઇડ્સ	Hf 144	Ta 134	W 130	Re 128	Os 126	Ir 126	Pt 129

3.10.3 રાસાયણિક પ્રતિક્રિયાત્મકતા (Chemical Reactivity) :

લેન્થેનોઇડ્સ (+3) ઑક્સિડેશન અવસ્થા ધરાવતા હોવાથી તેઓ $Ln(OH)_3$ પ્રકારના હાઇડ્રૉક્સાઇડ બનાવે છે. આ હાઇડ્રૉક્સાઇડ, $Ca(OH)_2$થી ઓછા પરંતુ $Al(OH)_3$ કરતાં વધુ બેઝિક છે. કેલ્શિયમ કાર્બોનેટ અને નાઇટ્રેટ કરતાં આ તત્ત્વોના કાર્બોનેટ અને નાઇટ્રેટનું ગરમીથી તેમના ઑક્સાઇડમાં જલદીથી વિઘટન થાય છે. Ce^{3+}થી Lu^{3+} તરફ જતાં આયનોનું કદ ઘટે છે, તેથી તેમની બેઝિકતા ઘટતી જાય છે. એટલે કે $Ce(OH)_3$ સૌથી વધુ બેઝિક અને $Lu(OH)_3$ સૌથી ઓછું બેઝિક છે. આ તત્ત્વો તેમના રાસાયણિક અને ભૌતિક ગુણધર્મોમાં સામ્યતા ધરાવે છે, તેથી તેમનું અલગીકરણ બેઝિકતામાં રહેલા તફાવતને આધારે કરવામાં આવે છે. આ તત્ત્વોના Ln_2O_3 પ્રકારના ઑક્સાઇડ પણ જાણીતા છે, જે આયનીય અને બેઝિક છે. આયનીય કદના ઘટાડાની સાથે બેઝિકતાનો ગુણ ઘટે છે. આ તત્ત્વોના કેટલાક આયનો f-કક્ષકના અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનને લીધે અનુચુંબકીય ગુણ ધરાવે છે. તેમના કેટલાક આયનો રંગીન હોય છે અને રંગીન દ્રાવણો આપે છે. લેન્થેનોઇડ્સની સામાન્ય રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ નીચે દર્શાવેલ છે.

$$Ln \xrightarrow{H_2O} Ln(OH)_3 + H_2$$

$$Ln \xrightarrow{C/2773\ K} LnC_2$$

$$Ln \xrightarrow[\Delta]{N} LnN$$

$$Ln \xrightarrow[\Delta]{S} Ln_2S_3$$

$$Ln \xrightarrow{O_2\text{માં બાળતાં}} Ln_2O_3$$

$$Ln \xrightarrow{\text{એસિડ}} Ln^{3+} + H_2$$

$$Ln \xrightarrow{X_2} LnX_3$$

3.11 ઍક્ટિનાઇડ શ્રેણી (Actinide Series)

આપણે ઍક્ટિનાઇડ શ્રેણીને સમજવા માટે તેની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થાનો અભ્યાસ કરીશું.

3.11.1 ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા (Electronic Configuration and Oxidation State) :

ઍક્ટિનાઇડ શ્રેણીના તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં $7s^2$ બધા તત્ત્વોમાં સામાન્ય છે, પણ 5f-કક્ષકમાં ઇલેક્ટ્રૉન બદલાતા રહે છે. ઍક્ટિનોઇડ્સની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં અનિયમિતતા વધુ જોવા મળે છે. ઍક્ટિનોઇડ્સ એક કરતાં વધુ ઑક્સિડેશન અવસ્થા ધરાવે છે. ઍક્ટિનિયમ અને ઍક્ટિનોઇડ્સની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા કોષ્ટક 3.12માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 3.12 ઍક્ટિનિયમ અને ઍક્ટિનોઇડ્સની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થા

તત્ત્વ	પરમાણ્વિયક્રમાંક	ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના	ઑક્સિડેશન અવસ્થા
Ac	89	$[Rn]6d^17s^2$	(+3)
Th	90	$[Rn]6d^27s^2$	(+4)
Pa	91	$[Rn]5f^26d^17s^2$	+3, +4, (+5)
U	92	$[Rn]5f^36d^17s^2$	+3, +4, +5, (+6)
Np	93	$[Rn]5f^46d^17s^2$	+3, +4, (+5), +6, +7
Pu	94	$[Rn]5f^67s^2$	+3, (+4), +5, +6, +7
Am	95	$[Rn]5f^77s^2$	(+3), +4, +5, +6
Cm	96	$[Rn]5f^76d^17s^2$	(+3), +4
Bk	97	$[Rn]5f^97s^2$	(+3), +4
Cf	98	$[Rn]5f^{10}7s^2$	(+3)
Es	99	$[Rn]5f^{11}7s^2$	(+3)
Fm	100	$[Rn]5f^{12}7s^2$	(+3)
Md	101	$[Rn]5f^{13}7s^2$	(+3)
No	102	$[Rn]5f^{14}7s^2$	(+2), +3
Lr	103	$[Rn]5f^{14}6d^17s^2$	(+3)

નોંધ : કૌંસમાં સ્થાયી ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવેલી છે.

કોષ્ટક 3.12માં દર્શાવેલ Thથી Np તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં અન્ય તત્ત્વો કરતાં અનિયમિતતા જોવા મળે છે, જેને હાલમાં અપવાદ તરીકે સ્વીકારવામાં આવેલ છે. જ્યારે Cm અને Lrમાં અનુક્રમે અર્ધપૂર્ણ ભરાયેલ 5f-કક્ષક અને પૂર્ણ ભરાયેલ 5f-કક્ષકને કારણે સ્થાયિતા પ્રાપ્ત થાય, માટે નવો ઉમેરાતો ઇલેક્ટ્રૉન 6d-કક્ષકમાં ભરાય છે.

આમ, ઍક્ટિનોઇડ્સની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $[Rn]5f^{0-14}6d^{0-2}7s^2$ છે. બધા જ ઍક્ટિનોઇડ્સ રેડિયોસક્રિય છે.

3.12 ઍક્ટિનોઇડ્સની લેન્થેનોઇડ્સ સાથે સરખામણી (Comparison of Actinoids with Lanthanoids)

- ઍક્ટિનોઇડ્સ દેખાવે ચાંદી જેવા હોય છે. લેન્થેનોઇડ્સ કરતાં ઍક્ટિનોઇડ્સની ધાત્વિક ત્રિજ્યામાં વધુ અનિયમિતતા જોવા મળે છે. તેથી ઍક્ટિનોઇડ્સનાં બંધારણમાં વિવિધતા જોવા મળે છે.
- લેન્થેનોઇડ્સ સરખામણીમાં ઍક્ટિનોઇડ્સમાં બાહ્યતમ કક્ષા, કેન્દ્રથી વધુ દૂર આવેલ હોવાથી, ઇલેક્ટ્રૉન સરળતાથી દૂર થાય છે. તેથી ઍક્ટિનોઇડ્સની આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય, લેન્થેનોઇડ્સની આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીના મૂલ્ય કરતાં ઓછું હોય છે.

- બધા જ લેન્થેનોઇડ્સની સ્થાયી ઑક્સિડેશન અવસ્થા (+3) છે. ઍક્ટિનોઇડ્સમાં સ્થાયી ઑક્સિડેશન અવસ્થા (+2)થી (+6) સુધીની જોવા મળે છે.
- લેન્થેનોઇડ્સમાં માત્ર પ્રોમિથિયમ રેડિયોસક્રિય તત્ત્વ છે, જ્યારે બધા જ ઍક્ટિનોઇડ્સ રેડિયોસક્રિય છે.

3.13 f-વિભાગના તત્ત્વોની ઉપયોગિતા (Applications of f-Block Elements)

- પાયરોફોરિક મિશ (Misch) ધાતુ (50 % Ce + 40 % La + 7 % Fe + 3 % અન્ય ધાતુઓ) રિડક્શનકર્તા તરીકે તેમજ સિગારેટ અને ગૅસ-લાઇટરની પથરીઓમાં વપરાય છે.
- CeO_2 વર્ણકોમાં ઉપયોગી છે.
- સેરિક સંયોજનો કદમાપક પૃથક્કરણમાં ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે ઉપયોગી છે.
- કૅમેરામાં વપરાતાં ઊંચા વક્રીભવનાંકવાળા ઑપ્ટિકલ કાચની બનાવટમાં લેન્થેનોઇડ્સના ઑક્સાઇડ ઉપયોગી છે.
- ચુંબકીય અસરથી ખૂબ નીચું તાપમાન ઉત્પન્ન કરવા માટે ગેડોલિનિયમ સલ્ફેટ વપરાય છે.
- યુરેનિયમ, પ્લુટોનિયમ અને થોરિયમ જેવી ધાતુઓ પરમાણુઊર્જાના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે. પરમાણુઊર્જામાંથી વિદ્યુતઊર્જા ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

સારાંશ

આવર્તકોષ્ટકમાં સ્થાન	વિભાગ
સમૂહ 1 અને 2	s-વિભાગ
સમૂહ 13થી 18	p-વિભાગ
સમૂહ 3થી 12	d-વિભાગ
આવર્તકોષ્ટકના તળિયે રહેલ બે આડી હરોળ	f-વિભાગ

- d-વિભાગના તત્ત્વો આવર્ત 4થી 7માં આવેલા છે.
- f-વિભાગના તત્ત્વો આવર્ત 6 અને 7માં આવેલા છે.

d-વિભાગના તત્ત્વો (સંક્રાંતિ ધાતુતત્ત્વો)

- જે તત્ત્વોની ભૂમિઅવસ્થામાં કે કોઈ પણ એક ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં d-કક્ષક ઇલેક્ટ્રૉનથી અપૂર્ણ ભરાયેલી હોય તેમને સંક્રાંતિ તત્ત્વ કહે છે.
- d-વિભાગના તત્ત્વો પૈકી Zn, Cd અને Hg સંક્રાંતિ તત્ત્વો તરીકે વર્તતા નથી.
- બધા જ સંક્રાંતિ તત્ત્વો ધાતુતત્ત્વો છે, તેથી તે ધાતુના ગુણધર્મો ધરાવે છે.
- પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીમાં Sc થી V દરમિયાન પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા ઘટે છે, જ્યારે Cr થી Cu સુધી પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા લગભગ સમાન છે અને Znની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા ઘટવાને બદલે વધેલી માલૂમ પડે છે.
- બે પડોશી સંક્રાંતિ તત્ત્વોની પ્રથમ અને દ્વિતીય આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીના મૂલ્યમાં ખાસ તફાવત જોવા મળતો નથી, પણ Cr અને Cuની દ્વિતીય આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય તેના પડોશી તત્ત્વો કરતાં વધુ હોય છે.
- સંક્રાંતિ તત્ત્વોના મોટાભાગના આયનીય અને સહસંયોજક સંયોજનો રંગીન હોય છે.
- સંક્રાંતિ તત્ત્વોના સંયોજનો કેટલીક રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં ઉદ્દીપક તરીકે વર્તે છે.

- સંક્રાંતિ તત્ત્વોના સંયોજનોની ચુંબકીય ચાકમાત્રા,

  $\mu = \sqrt{n(n+2)}$ જ્યાં μ = ચુંબકીય ચાકમાત્રા, n = અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા

  ચુંબકીય ચાકમાત્રાનો એકમ BM (બોહ્ર મૅગ્નેટોન) છે.
- સંક્રાંતિ તત્ત્વોની ચોક્કસ લાક્ષણિકતાને કારણે સંકીર્ણ બનાવવાની ક્ષમતા બીજા તત્ત્વો કરતાં સવિશેષ હોય છે.
- સંક્રાંતિ ધાતુઓની સ્ફટિક રચનામાં રહેલા પોલાણમાં અધાતુ તત્ત્વો (H, C, N, B) ગોઠવાઈને આંતરાલીય સંયોજનો બનાવે છે.
- વૈજ્ઞાનિકો હ્યુમ અને રોથરીએ સૂચવેલ નિયમ મુજબ સંક્રાંતિ ધાતુતત્ત્વોમાંથી ઉપયોગી ગુણધર્મવાળી મિશ્રધાતુ મેળવી શકાય છે.
- સંક્રાંતિ તત્ત્વોના સંયોજનો – $KMnO_4$ અને $K_2Cr_2O_7$ પ્રયોગશાળામાં અને કાર્બનિક સંયોજનોના સંશ્લેષણમાં ખૂબ ઉપયોગી છે.

f-વિભાગના તત્ત્વો (આંતરસંક્રાંતિ તત્ત્વો)

- f-વિભાગના તત્ત્વો (1) લેન્થેનાઇડ શ્રેણી અને (2) ઍક્ટિનાઇડ શ્રેણીમાં વહેંચાયેલા છે.

લેન્થેનાઇડ શ્રેણી

- લેન્થેનાઇડ શ્રેણી : આવર્ત-6માં Ce (Z = 58)થી Lu (Z = 71)
- લેન્થેનાઇડ શ્રેણીના તત્ત્વોને લેન્થેનોઇડ્સ કહે છે, જેને Ln સંજ્ઞાથી દર્શાવાય છે.
- બધા જ લેન્થેનોઇડ્સ સ્થાયી ઑક્સિડેશન અવસ્થા (+3) ધરાવે છે.
- લેન્થેનોઇડ્સની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના : $[Xe]4f^{1-14}5d^{0-1}6s^2$
- લેન્થેનોઇડ્સ પૈકી પ્રોમિથિયમ (Pm) રેડિયોસક્રિય તત્ત્વ છે.

ઍક્ટિનાઇડ શ્રેણી

- ઍક્ટિનાઇડ શ્રેણી : આવર્ત-7માં Th(Z = 90)થી Lr (Z = 103)
- ઍક્ટિનાઇડ શ્રેણીના તત્ત્વોને ઍક્ટિનોઇડ્સ કહે છે.
- ઍક્ટિનોઇડ્સમાં સ્થાયી ઑક્સિડેશન અવસ્થા (+2)થી (+6) સુધીની જોવા મળે છે.
- ઍક્ટિનોઇડ્સની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના : $[Rn]5f^{0-14}6d^{0-2}7s^2$
- બધા જ ઍક્ટિનોઇડ્સ રેડિયોસક્રિય છે.

સ્વાધ્યાય

1. આપેલા બહુવિકલ્પમાંથી યોગ્ય વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) કયા સમૂહના તત્ત્વોને d-વિભાગના તત્ત્વો કહે છે ?

(A) સમૂહ 1થી 2 (B) સમૂહ 3થી 12 (C) સમૂહ 13થી 18 (D) સમૂહ 13થી 17

(2) નીચેના પૈકી કયું તત્ત્વ d-વિભાગનું હોવા છતાં સંક્રાંતિ તત્ત્વ નથી ?

(A) Cu (B) Ca (C) Fe (D) Hg

(3) નીચેના પૈકી કયા આયનનું જલીય દ્રાવણ લીલા રંગનું હોય છે ?

(A) Co^{2+} (B) Zn^{2+} (C) Ni^{2+} (D) Cr^{2+}

(4) સમચતુષ્ફલકીય સંકીર્ણ સંયોજનોમાં d-કક્ષકોના વિભાજન દરમિયાન તેમની ઊર્જાનો ક્રમ કયો હશે ?

(A) $d_{xy} \cong d_{yz} \cong d_{xz} < d_{x^2-y^2} \cong d_{z^2}$ (B) $d_{x^2-y^2} \cong d_{z^2} < d_{xy} \cong d_{yz} \cong d_{xz}$

(C) $d_{xy} \cong d_{z^2} < d_{yz} \cong d_{xz} \cong d_{x^2-y^2}$ (D) $d_{x^2-y^2} \cong d_{xz} < d_{xy} \cong d_{yz} \cong d_{z^2}$

(5) નીચેના પૈકી કયું આયન તેના જલીય દ્રાવણમાં ચુંબકીય ચાકમાત્રાનું મૂલ્ય 3.87 ધરાવે છે ?

(A) Cu^{2+} (B) Cr^{3+} (C) Co^{3+} (D) Fe^{3+}

(6) નીચેના પૈકી આયર્નની મિશ્રધાતુ કઈ છે ?

(A) સ્ટેનલેસ સ્ટીલ (B) પિત્તળ (C) કાંસુ (D) નિક્રોમ

(7) નીચેના પૈકી સંક્રાંતિ તત્ત્વનું કયું સંયોજન સૂકાકોષમાં વપરાય છે ?

(A) V_2O_5 (B) $KMnO_4$ (C) $K_2Cr_2O_7$ (D) MnO_2

(8) નીચેના પૈકી કયું તત્ત્વ રેડિયોસક્રિય છે ?

(A) Pr (B) Pm (C) Gd (D) Tm

(9) ઍક્ટિનાઇડ શ્રેણીના તત્ત્વોની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના કઈ છે ?

(A) $[Xe]\ 4f^{0-14}\ 5d^{0-1}\ 6s^2$ (B) $[Xe]\ 4f^{0-14}\ 5d^{0-10}\ 6s^2$

(C) $[Rn]\ 5f^{0-14}\ 5d^{0-2}\ 6s^2$ (D) $[Rn]\ 5f^{0-14}\ 6d^{0-2}\ 7s^2$

(10) નીચેના પૈકી કયું વિધાન ખોટું છે ?

(A) બધા જ સંક્રાંતિ તત્ત્વોના પરમાણુઓ અનુચુંબકીય છે.

(B) બધા જ સંક્રાંતિ તત્ત્વો ધાતુતત્ત્વો છે.

(C) d-વિભાગના બધા જ તત્ત્વો સંક્રાંતિ તત્ત્વો છે.

(D) આવર્તકોષ્ટકમાં d-વિભાગનું સ્થાન s અને p-વિભાગના તત્ત્વોની વચ્ચે છે.

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર લખો :

(1) આંતરસંક્રાંતિ તત્ત્વો કયા આવર્તના સભ્યો છે ?

(2) કયા વિભાગના તત્ત્વોને આંતરસંક્રાંતિ તત્ત્વો કહે છે ?

(3) પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણી (Scથી Zn) પૈકીનું કયું તત્ત્વ સંક્રાંતિ તત્ત્વ તરીકે વર્તતું નથી ?

(4) d^5 અને d^{10} ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના ધરાવતા પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીના તત્ત્વો કયાં છે ?

(5) પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીના કયા આયનોના જલીય દ્રાવણો ભૂરા રંગના હોય છે ?

(6) ચુંબકીય ચાકમાત્રાનો એકમ લખો.

(7) સંક્રાંતિ ધાતુતત્ત્વો સાથે કયા અધાતુ તત્ત્વો આંતરાલીય સંયોજનો બનાવે છે ?

(8) ઉદ્દીપકના ઉદ્દીપન કાર્ય માટે જવાબદાર કેન્દ્રો કયાં છે ?

(9) દાંતના પોલાણમાં કઈ મિશ્રધાતુ ભરવામાં આવે છે ?

(10) વિદ્યુત અવરોધક તાર બનાવવા કઈ મિશ્રધાતુ વપરાય છે ?

(11) ક્યુપ્રોનિકલ કઈ ધાતુઓની મિશ્રધાતુ છે ?

(12) સંક્રાંતિ તત્ત્વનું કયું સંયોજન ઍસિડિક અને બેઝિક માધ્યમમાં પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે ?

(13) લેન્થેનાઇડ શ્રેણીના તત્ત્વોને કઈ સામાન્ય સંજ્ઞાથી દર્શાવાય છે ?

(14) લેન્થેનાઇડ શ્રેણીના તત્ત્વોની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના લખો.

(15) f-વિભાગના તત્ત્વનું કયું સંયોજન વર્ણકમાં ઉપયોગી છે ?

(16) વ્યાખ્યા આપો :

(i) સંક્રાંતિ તત્ત્વો (ii) d-d સંક્રાંતિ (iii) આંતરાલીય સંયોજન (iv) મિશ્રધાતુ (v) લેન્થેનાઇડ શ્રેણી (vi) ઍક્ટિનાઇડ શ્રેણી

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર લખો :

(1) Cr અને Cuની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના લખો.

(2) ચુંબકીય ચાકમાત્રા નક્કી કરવાનું સૂત્ર લખો અને તેમાંની સંજ્ઞાઓની ઓળખ આપો.

(3) $KMnO_4$ના બે ગુણધર્મો અને બે ઉપયોગો લખો.

(4) $K_2Cr_2O_7$ના બે ગુણધર્મો અને બે ઉપયોગો લખો.

(5) f-વિભાગના તત્ત્વોની ચાર ઉપયોગિતા લખો.

(6) મિશ્રધાતુ બનાવવા માટે હ્યુમ અને રોથરી વૈજ્ઞાનિકોએ રજૂ કરેલા ત્રણ નિયમો જણાવો.

(7) કારણ આપી સમજાવો :

(i) Cr અને Cuની દ્વિતીય આયનીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય તેના પડોશી તત્ત્વો કરતાં વધુ જોવા મળે છે.

(ii) પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીમાં Znની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા ઘટવાને બદલે વધે છે.

(iii) પ્રથમ સંક્રાંતિ શ્રેણીમાં Crથી Cu તત્ત્વોની પરમાણ્વિય ત્રિજ્યા લગભગ સમાન છે.

(iv) Pd, Ag અને Cdની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં d^{10} હોવા છતાં Pd અને Ag સંક્રાંતિ તત્ત્વ ગણાય છે, જ્યારે Cd સંક્રાંતિ તત્ત્વ ગણાતું નથી.

(8) ચુંબકીય ચાકમાત્રા ગણો : Sc^{3+}, Ti^{4+}, V^{4+}, Cr^{3+}, Cr^{6+}, Mn^{2+}, Fe^{2+}, Co^{3+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :

(1) સંક્રાંતિ તત્ત્વોના સામાન્ય ગુણધર્મો જણાવો.

(2) સંક્રાંતિ તત્ત્વોના ઉદ્દીપકીય અને ચુંબકીય ગુણધર્મો ચર્ચો.

(3) સંક્રાંતિ ધાતુઆયનોની સંકીર્ણ સંયોજનો બનાવવાની ક્ષમતાની લાક્ષણિકતા વર્ણવો.

(4) પોટૅશિયમ ડાયક્રોમેટ અને પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટની બનાવટ જણાવો.

(5) d-વિભાગના તત્ત્વોની ઉપયોગિતા વર્ણવો.

(6) ઍક્ટિનાઇડ તત્ત્વોની, લેન્થેનાઇડ તત્ત્વો સાથે સરખામણી કરો.

(7) ટૂંક નોંધ લખો :

(i) આંતરાલીય સંયોજનો

(ii) મિશ્રધાતુઓ

(iii) લેન્થેનોઇડ તત્ત્વોની રાસાયણિક પ્રતિક્રિયાત્મકતા

(iv) લેન્થેનાઇડ સંકોચન