5

तत्वों का आवर्त वर्गीकरण

PERIODIC CLASSIFICATION OF ELEMENTS

हम जानते हैं कि हमारे आसपास के पदार्थ तत्व, मिश्रण एवं यौगिक के रूप में पाये जाते हैं। साथ-ही-साथ हम यह भी जानते हैं कि तत्व एक ही प्रकार के परमाणुओं से बने होते हैं। सन 1800 ई॰ तक केवल 30 तत्वों का ही पता चला था। अर्थात् प्रारम्भ में तत्वों की संख्याएँ बहुत कम थीं। इसलिए उनके अध्ययन के लिए किसी विशेष व्यवस्था की आवश्यकता नहीं पड़ी लेकिन जैसे-जैसे नए तत्वों की खोज होती गई उनका अध्ययन कठिन होता गया।

जैसे—सब्जी की दुकान में आलू, प्याज, टमाटर, बैंगन, अदरख, कच्चा मिर्च इत्यादि की ढेरियाँ अलग-अलग रखी होती हैं। यदि सभी को एक ही साथ मिलाकर रखा जाए और आप एक किलो प्याज लेना चाहें तो अनुमान लगाइए कि एक किलो प्याज लेने में कितनी परेशानी होगी।

यदि किसी विद्यालय के सभी छात्रों को मैदान में एक साथ खड़ा कर दिया जाए तो यह बताना मुश्किल हो जाएगा कि कौन छात्र किस वर्ग में पढ़ता है, लेकिन जब उन्हें अपने-अपने वर्ग के कमरे में जाने के लिए कहा जाय तो वर्ग के कमरों में उनके जाते ही यह पता आसानी से चल जाता है कि वह किस वर्ग में पढ़ता है। ठीक उसी प्रकार समान गुण वाले तत्वों को एक वर्ग में सजा देने से उनके अध्ययन में सुविधा होती है।

आज 114 तत्वों का आविष्कार हो चुका है तथा भविष्य में इससे भी अधिक तत्वों के ज्ञात होने की संभावना है। इनमें से छः तत्व हीलियम (He), निऑन (Ne), आर्गन (Ar), क्रीप्टन (Kr), जेनॉन (Xe), रेडॉन (Rn) निष्क्रिय हैं अर्थात् रासायनिक अभिक्रिया में भाग नहीं लेते हैं लेकिन अन्य तत्व क्रियाशील हैं जो रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेकर नये पदार्थों की रचना करते हैं। तत्वों एवं उनके यौगिकों की संख्या आज लाखों में हैं। इसलिए इनके अध्ययन के लिए विशेष व्यवस्था की आवश्यकता महसूस की जाने लगी, इसी आवश्यकता ने तत्वों के आवर्ती वर्गीकरण को जन्म दिया।

अतः **समान गुण वाले तत्वों को एक वर्ग में सजाने की विधि को तत्वों का आवर्ती वर्गीकरण कहा जाता है।**

5.1 अव्यवस्थित को व्यवस्थित करना : तत्वों के वर्गीकरण के प्रारंभिक प्रयास
MAKING ORDER OUT OF CHAOS : EARLY ATTEMPTS AT THE CALSS-IFICATION OF ELEMENTS

आप अपने विद्यालय के पुस्तकालय को अवश्य देखे होंगे। पुस्तकालय में हजारों पुस्तकें होती हैं। इतनी बड़ी संख्या के होते हुए भी जब किसी पुस्तक की वहाँ आप माँग करते हैं तो पुस्तकाध्यक्ष या पुस्तकालय में काम करने वाले कर्मचारी आसानी से माँगी गई पुस्तक को ढूँढ़ निकालते हैं, क्योंकि पुस्तकालय में पुस्तकों को विभिन्न वर्गों एवं उपवर्गों में रखा जाता है और उन्हें विभिन्न अलमारियों अथवा रेकों में रखते हैं। इसी से पुस्तकों का ढूँढ़ निकालना सरल हो जाता है।

विभिन्न प्रकार के वस्तुओं एवं प्राणियों को हम उनके गुणधर्मों के आधार पर वर्गीकृत करते हैं। उदाहरण के लिए दुकानों में विभिन्न प्रकार के समान को बेचा जाता है, लेकिन एक प्रकार के समान को दुकान में एक ही जगह सजा कर रखा जाता है। जैसे— सभी प्रकार के साबुन को एक साथ एक स्थान पर रखा जाता है, सभी प्रकार के बिस्कुटों को एक साथ दूसरे स्थान पर रखा जाता है, लेकिन साबुनों में नहाने के साबुन को कपड़ा धोने के साबुन से अलग रखा जाता है, बिस्कुटों में भी नमकीन बिस्कुट को मीठा बिस्कुट से अलग रखा जाता है।

मान लीजिए कि आपको किसी खजाने का पता बताने वाला कई टुकड़ों में बँटा हुआ एक नक्शा मिलता है। क्या आप उन टुकड़ों को जोड़कर आसानी से खजाना तक पहुँच सकते हैं। नहीं, क्योंकि टुकड़े अव्यवस्थित हैं। रसायन विज्ञान में भी ऐसी ही व्यवस्था थी। तत्व तो ज्ञात थे लेकिन उनके वर्गीकरण एवं अध्ययन की कोई विधि ज्ञात नहीं थी। जॉन डाल्टन के परमाणुवाद के सिद्धांत की स्थापना के बाद 19वीं शताब्दी के प्रारंभ में कुछ ऐसे तत्वों की जानकारी हुई जिनके गुण आपस में समान थे। जैसे— F, Cl, Br, I इत्यादि। इस कारण वैज्ञानिकों ने तत्वों को उनके गुणों के आधार पर उनके वर्गीकरण की आवश्यकता समझी जिससे वैज्ञानिकों ने तत्वों को उनके गुणधर्मों के आधार पर वर्गीकृत करने के प्रयास किए ताकि अव्यवस्थित को व्यवस्थित किया जा सके।

प्रारंभ में तत्वों को उनके गुणों के आधार पर दो वर्गों— धातु एवं अधातु में बाँटा गया। लेकिन कुछ ऐसे तत्व थे जिसमें धातु एवं अधातु दोनों के गुण पाए गये तथा कुछ धातुओं में अधातुओं के गुण और कुछ अधातुओं में धातुओं के गुण पाए गये जिससे धातु एवं अधातु के बीच स्पष्ट विभाजन संभव नहीं हो सका। तब तत्वों के वर्गीकरण का प्रयास उनके परमाणु द्रव्यमान (Atomic mass) के आधार पर किया जाने लगा क्योंकि वैज्ञानिकों ने माना कि तत्वों का सबसे मौलिक गुण उनका परमाणु द्रव्यमान है जो रासायनिक परिवर्तन में स्थिर रहता है। तत्वों के वर्गीकरण से संबंधित वैज्ञानिकों के प्रयास इस प्रकार हैं—

5.1.1 डॉबेराइनर के त्रिक (Dobereiner's Triads)

सन् 1817 ई॰ में जर्मन रसायनज्ञ जोहान्न वुल्फगांग डॉबेराइनर (जे॰ डब्ल्यू॰ डॉबेराइनर) ने बताया कि **यदि समान गुण वाले तीन-तीन तत्वों को परमाणु द्रव्यमानों के बढ़ते हुए क्रम (आरोही क्रम) में सजाया जाय तो बीच वाले तत्व का परमाणु द्रव्यमान, शेष दो तत्वों के परमाणु द्रव्यमान के औसत के लगभग बराबर होता है।** इस नियम को डॉबेराइनर का त्रिक नियम कहते हैं। जैसे—

	तत्व	परमाणु द्रव्यमान	बीच वाले तत्व का परमाणु द्रव्यमान
(i) क्षारीय धातु	लिथियम (Lithium) (Li)	7	∴ सोडियम का परमाणु द्रव्यमान $= \frac{7+39}{2} = \frac{46}{2} = 23$
	सोडियम (Sodium) (Na)	23	
	पोटैशियम (Potassium) (K)	39	
(ii) क्षारीय मृदा धातु	कैल्सियम (Calcium) (Ca)	40	∴ स्ट्रॉन्सियम का परमाणु द्रव्यमान $= \frac{40+137}{2} = \frac{177}{2} = 88.5$
	स्ट्रॉन्सियम (Strontium) (Sr)	88	
	बेरियम (Barium) (Ba)	137	
(iii) हैलोजन समूह	क्लोरीन (Chlorine) (Cl)	35.5	∴ ब्रोमीन का परमाणु द्रव्यमान $= \frac{35.5+127}{2} = \frac{162.5}{2} = 81.25$
	ब्रोमीन (Bromine) (Br)	80	
	आयोडीन (Iodine) (I)	127	

लेकिन डॉबेराइनर का यह त्रिक नियम कुछ ही तत्वों तक सीमित रहा। डॉबेराइनर उस समय तक ज्ञात तत्वों में केवल तीन त्रिक ही ज्ञात कर सके थे। इसलिए कुछ समय के बाद वर्गीकरण की यह पद्धति सफल नहीं रही।

डॉबेराइनर के वर्गीकरण की सीमाएँ
(The limitation of Dobereiner Classification) :

(i) उस समय तक ज्ञात सभी तत्वों का वर्गीकरण त्रिक के आधार पर नहीं हो सका।

(ii) यह त्रिक नियम कुछ ही तत्वों तक सीमित रहा।

(iii) उस समय तक ज्ञात तत्वों में केवल तीन त्रिक ही ज्ञात हो सके।

5.1.2 न्यूलैंड्स का अष्टक सिद्धांत (Newland's law of octaves)

सन् 1866 ई॰ में इंग्लैंड के वैज्ञानिक जॉन एलेक्जेन्डर न्यूलैंड्स ने तत्वों को उनके परमाणु द्रव्यमानों के बढ़ते हुए क्रम में सजाया तो पाया कि प्रत्येक आठवें तत्व का गुण प्रथम तत्व के गुण के समान होता है जैसा कि संगीत का आठवाँ स्वर पहले स्वर के समान होता है। इसे न्यूलैंड्स का अष्टक नियम कहते हैं। उन्होंने सबसे कम परमाणु द्रव्यमान वाले तत्व हाइड्रोजन (H) से आरंभ किया और 56वें तत्व थोरियम (Tr) पर समाप्त किया।

न्यूलैंड्स का अष्टक सारणी
(Newland's Octaves Table)

क्रम संख्या	1	2	3	4	5	6	7
संगीत स्वर (पाश्चात्य संगीत के स्वर)	सा (डो)	रे (रे)	गा (मि)	मा (फा)	पा (सो)	धा (ल)	नि (टि)
तत्व	H	Li	Be	B	C	N	O
	F	Na	Mg	Al	Si	P	S
	Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe
	Co तथा Ni	Cu	Zn	Y	In	As	Se
	Br	Rb	Sr	Ce तथा La	Zr	—	—

चित्र 5.1

सारणी में कहीं से गिनना शुरू किया जाय तो आठवाँ तत्व का गुण प्रथम तत्व के गुण के समान होता है। यदि Li से गिनती प्रारंभ की जाय तो आठवाँ तत्व Na आता है और यदि Na से शुरू किया जाय तो आठवाँ तत्व K आता है। अत: Li, Na तथा K के गुण समान हैं। इसी प्रकार, Be, Mg तथा Ca के गुण समान हैं। इस नियम के लिए न्यूलैंड्स को "डेवी पदक" मिला था। न्यूलैंड्स के अष्टक के स्तंभ में भी डॉबेराइनर के त्रिक पाए जाते हैं। जैसे—न्यूलैंड्स के अष्टक के दूसरे स्तंभ में Li, Na, K डॉबेराइनर के त्रिक हैं।

तत्वों को इस प्रकार से उर्ध्वाधर स्तंभों (vertical columns) तथा क्षैतिज कतारों (Horizontal rows) में व्यवस्थित करने के फलस्वरूप तत्वों के गुणधर्मों में आवर्तिता (Periodicity) प्रेक्षित होती है। अत: **एक निश्चित अन्तराल के बाद समान गुणों वाले तत्वों की पुनरावृति आवर्तिता कहलाती है।**

न्यूलैंड्स के अष्टक सिद्धान्त की सीमाएँ *(The limitations of Nawland's law of octaves)* :

(i) यह सिद्धांत केवल कैल्सियम (Ca) तक ही लागू हो सका। इसके बाद प्रत्येक आठवें तत्व का गुणधर्म पहले तत्व से नहीं मिलता है।

(ii) यह केवल हल्के तत्वों के लिए ही ठीक से लागू हो पाया।

(iii) यह अधिक परमाणु द्रव्यमान वाले तत्वों पर लागू नहीं हो सका।

(iv) तत्वों को समंजित करने के लिए दो-दो तत्वों को एक साथ रखा। जैसे—Co तथा Ni, Ce तथा La

(v) कुछ असमान तत्वों को एक स्थान में रखा। जैसे—Co तथा Ni को F, Cl तथा Br के साथ रखा जबकि इनके गुणधर्म Co तथा Ni से भिन्न हैं। Fe को Co तथा Ni से अलग रखा जबकि उनके गुणधर्मों में समानता है।

(vi) निष्क्रिय गैस का आविष्कार हो जाने पर आठवें तत्व के बदले नवम तत्व प्रथम तत्व के समान गुण वाला होने लगा।

(vii) न्यूलैंड्स ने माना कि प्रकृति में केवल 56 तत्व विद्यमान हैं, अन्य तत्वों का भविष्य में भी आविष्कार संभव नहीं है। लेकिन बाद में कई नए तत्व पाए गए जिनके गुणधर्म, अष्टक सिद्धांत से मेल नहीं खाते थे।

उपर्युक्त कारणों से यह नियम अधिक प्रचलित नहीं हो सका और अन्त में इसे भी छोड़ दिया गया, लेकिन सर्वप्रथम न्यूलैंड्स ने ही आवर्त नियम का मूलमंत्र दिया कि तत्वों के परमाणु द्रव्यमानों तथा उनके गुणों में संबंध है।

5.2 अव्यवस्थित से व्यवस्थित करना : मेंडलीव की आवर्त सारणी
MAKING ORDER OUT OF CHAOS : MENDELEEV'S PERIODIC TABLE

तत्वों के वर्गीकरण के विकास का वास्तविक श्रेय रूसी रसायनज्ञ डमित्री इवानोविच मेंडलीव (D.I. Mendeleev's) को जाता है। तत्वों की आवर्त सारणी के प्रारंभिक विकास में मेंडलीव का प्रमुख योगदान रहा है।

सन् 1869 ई॰ में मेंडलीव ने तत्वों को उनके मूल गुणधर्म, परमाणु द्रव्यमान एवं रासायनिक गुण-धर्मों में समानता के आधार पर व्यवस्थित किया। मेंडलीव के समय में कुल 63 तत्व ही ज्ञात थे। उन्होंने रासायनिक गुण-धर्मों के अन्तर्गत तत्वों के ऑक्सीजन एवं हाइड्रोजन के साथ बनने वाले यौगिकों हाइड्राइड एवं ऑक्साइड के सूत्र को तत्वों के वर्गीकरण के लिए मूलभूत गुण-धर्म माना। ऑक्सीजन एवं हाइड्रोजन को इसलिए लिया कि ये अत्यन्त क्रियाशील हैं तथा लगभग सभी तत्वों के साथ यौगिक बनाते हैं।

मेंडलीव ने 63 कार्ड लिये और प्रत्येक कार्ड पर अलग-अलग उस समय ज्ञात 63 तत्वों के नाम एवं गुणधर्मों को लिखा। उन्होंने समान गुणधर्म वाले तत्वों के कार्डों को अलग कर उसे दीवार पर पिन लगाकर लटका दिया। तब उन्होंने देखा कि लगभग सभी तत्वों को स्थान मिल गया है और अपने परमाणु द्रव्यमान के आरोही (बढ़ते) क्रम में सज गया है। साथ-ही-साथ देखा कि तत्वों की एक निश्चित संख्या के बाद लगभग समान गुण वाले तत्व पाए जाते हैं। अपने इस निष्कर्ष के आधार पर उन्होंने एक नियम का प्रतिपादन किया जिसे मेंडलीव का आवर्त नियम कहते हैं।

मेंडलीव का आवर्त नियम (Periodic law of Mendeleev's) : **"तत्वों के गुणधर्म उनके परमाणुद्रव्यमानों के आवर्त फलन होते हैं"** (The properties of element are the periodic function of their atomic masses.)

आवर्त (Periodic) का सामान्य अर्थ होता है कि किसी राशि या गुण का निश्चित अन्तराल के बाद दुहराया जाना और फलन (function) का अर्थ है निर्भर करना। जैसे—विद्यालय में 40 मिनट की एक घंटी होती है तो इसका अर्थ हुआ कि एक निश्चित समय (40 मिनट) के बाद एक पिरियड् प्रारंभ होता है।

अत: मेंडलीव के आवर्त नियम को हम दूसरे शब्दों में इस प्रकार कह सकते हैं कि **यदि तत्वों को उनके बढ़ते हुए परमाणु-द्रव्यमानों के क्रम में सजाया जाय तो इनकी एक निश्चित संख्या के बाद लगभग समान गुण वाले तत्व पाए जायेंगे।** मेंडलीव ने उस समय तक ज्ञात तत्वों को अपने आवर्त नियम के अनुसार सजाया जिससे एक सारणी का निर्माण हुआ, इस सारणी को मेंडलीव की आवर्त सारणी कहते हैं। इस आवर्त सारणी में 6 क्षैतिज पंक्तियाँ (Horizontal rows) और 8 उदग्र स्तंभ (Vertical column) हैं। क्षैतिज पंक्तियों को **आवर्त** (Periods) तथा उदग्र स्तंभों को **समूह या वर्ग** (Group) कहते हैं। मेंडलीव के इस आवर्त सारणी को सर्वप्रथम 1872 ई॰ में जर्मन पत्रिका में प्रकाशित किया गया था।

मेंडलीव की आवर्त सारणी
(Medeleev's Periodic Table)

समूह	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
ऑक्साइड हाइड्राइड	R_2O RH	RO RH_2	R_2O_3 RH_3	RO_2 RH_4	R_2O_5 RH_3	RO_3 RH_2	R_2O_7 RH	RO_4 RH
आवर्त ↓	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	संक्रमण श्रेणी
1	H 1.008						(H)	
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 26.98	Si 28.09	P 30.974	S 32.06	Cl 35.453	
4 प्रथम श्रेणी : द्वितीय श्रेणी :	K 39.102 Cu 63.54	Ca 40.08 Zn 65.37	Sc 44.96 Ga (---) 69.72	Ti 47.94 Ge (---) 72.59	V 50.94 As 74.92	Cr 50.20 Se 78.96	Mn 54.94 Br 79.909	Fe Co Ni 55.85 58.93 58.71
5 प्रथम श्रेणी : द्वितीय श्रेणी :	Rb 85.47 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 Rh Pd 101.07 102.91 106.4
6 प्रथम श्रेणी : द्वितीय श्रेणी :	Cs 132.90 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 Ir Pt 190.2 192.2 195.09

आवर्त सारणी के शीर्ष पर ऑक्साइड तथा हाइड्राइड के सूत्र में अंग्रेजी का अक्षर "R" समूह के किसी भी तत्व को दर्शाता है। जैसे—कार्बन के ऑक्साइड CO_2 को RO_2 एवं कार्बन के हाइड्राइड CH_4 को RH_4 लिखा गया है। इसी प्रकार, K, Al, Si तथा Ba के ऑक्साइड के सूत्र क्रमशः K_2O, Al_2O_3, SiO_2 तथा BaO होंगे और हाइड्राइड के सूत्र क्रमशः KH, AlH_3, SiH_4 तथा BaH_2 होंगे।

मेंडलीव के आवर्त-सारणी का मापदंड
(Criteria of Mendeleev's Periodic table) :

(i) तत्वों के परमाणु द्रव्यमानों को आरोही क्रम में सजाया गया।
(ii) समान गुणधर्म वाले तत्वों को एक समूह में रखा गया।
(iii) तत्वों के हाइड्राइडों एवं ऑक्साइडों के सूत्र को एक मूलभूत गुणधर्म मानकर वर्गीकरण किया गया।

5.2.1 मेंडलीव की आवर्त सारणी की उपलब्धियाँ (गुण)
(Achievements of Mendeleev's Periodic Table)

(1) मेंडलीव ने आवर्त सारणी में तत्वों को परमाणु द्रव्यमान के आरोही क्रम में सजाया और समान गुणधर्म वाले तत्वों को एक साथ एक समूह में रखा।

(2) मेंडलीव ने समान गुणधर्म वाले तत्वों को एक साथ एक समूह में रखने के क्रम में अधिक द्रव्यमान वाले तत्व को कहीं-कहीं कम द्रव्यमान वाले तत्व से पहले रख दिया और कुछ रिक्त स्थान छोड़ दिये थे। जैसे—कोबाल्ट (Co) को निकेल (Ni) से पहले रखा गया जबकि कोबाल्ट का परमाणु द्रव्यमान (58.9), निकेल के परमाणु द्रव्यमान (58.7) से ज्यादा है। इसी प्रकार, टेल्यूरियम (Te) को आयोडीन (I) से पहले रखा गया जबकि टेल्यूरियम का परमाणु द्रव्यमान (127.60), आयोडीन के परमाणु द्रव्यमान (126.9) से ज्यादा है।

(3) मेंडलीव ने आवर्त सारणी में कुछ तत्वों के लिए रिक्त स्थान छोड़ दिये थे जो उस समय ज्ञात नहीं थे और भविष्यवाणी की थी कि भविष्य में नये तत्वों का आविष्कार होगा जिनसे ये रिक्त स्थान भरे जायेंगे। इनका नामकरण उन्होंने उसी समूह में इससे पहले आने वाले तत्व के नाम में एका (संस्कृत शब्द) उपसर्ग लगाकर किया था। जैसे—एका-बोरॉन (Eka-boron), एका-ऐलुमिनियम (Eka-aluminium) तथा एका-सिलिकन (Eka-Silicon) इत्यादि। आजकल ये क्रमशः स्कैंडियम (Sc), गैलियम (Ga) तथा जर्मेनियम (Ge) के नाम से जाने जाते हैं। ''एका-ऐलुमिनियम'' तथा बाद में ज्ञात ''गैलियम'' के गुणधर्म की तुलना करने पर पाया कि दोनों के गुणधर्म एक समान हैं।

एका-ऐलुमिनियम तथा गैलियम के गुणधर्म

(Properties of Eka-aluminium and gallium)

गुणधर्म	एका-ऐलुमिनियम	गैलियम
परमाणु द्रव्यमान	68	69.7
ऑक्साइड का सूत्र	E_2O_3	Ga_2O_3
क्लोराइड का सूत्र	ECl_3	$GaCl_3$

(4) उत्कृष्ट (निष्क्रिय) गैस हीलियम (He), निऑन (Ne), आर्गन (Ar) इत्यादि की खोज बहुत देर (1894 ई॰ में) से हुई क्योंकि ये क्रियाशील नहीं है और वायुमण्डल में इनकी मात्रा बहुत कम है। जब इन गैसों की खोज हुई तब मेंडलीव की आवर्त-सारणी को छेड़-छाड़ किए बिना ही इन्हें एक नए समूह (वर्ग) शून्य में रखा जा सका।

अतः मेंडलीव की आवर्त-सारणी की प्रमुख विशेषताएँ (गुण) निम्नलिखित हैं—

(i) तत्वों के सामान्य अध्ययन में सुविधा।

(ii) नये तत्वों के विषय में भविष्यवाणी अर्थात् नये तत्वों के आविष्कार में सुविधा।

(iii) तत्वों के यौगिकों की प्रकृति की जानकारी।

(iv) अनुसंधान कार्य में सहायता इत्यादि।

5.2.2 मेंडलीव के वर्गीकरण की सीमाएँ (दोष) (Limitations of Mendeleev's Classification)

(1) हाइड्रोजन की अनिश्चित स्थिति : हाइड्रोजन (H) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास क्षार धातुओं के समान ही होता है। यह विद्युत धनात्मक तत्व है और इसकी संयोजकता 1 होती है।

यह क्षार धातुओं के जैसा हैलोजन, ऑक्सीजन एवं सल्फर (गंधक) के साथ अभिक्रिया कर एक जैसे सूत्र वाले यौगिक बनाते हैं। जैसे—

हाइड्रोजन के यौगिक	क्षार धातु (सोडियम) के यौगिक
HCl (क्लोरीन के साथ)	NaCl
H_2O (ऑक्सीजन के साथ)	Na_2O
H_2S (सल्फर के साथ)	Na_2S

हाइड्रोजन अधातु है। इसके गुण हैलोजन से मिलते हैं। यह हैलोजन के समान द्विपरमाणुक अणु के रूप में पाई जाती है और धातुओं एवं अधातुओं से अभिक्रिया कर सहसंयोजक यौगिक बनाती है। उपर्युक्त कारणों के कारण मेंडलीव अपनी आवर्त सारणी में हाइड्रोजन को सही स्थान नहीं दे पाए। हाइड्रोजन को I A में क्षार धातुओं एवं VII B में हैलोजन तत्वों दोनों ही के साथ रखा गया है जो विवादपूर्ण है। यह मेंडलीव की आवर्त सारणी की मुख्य पहली कमी थी। अत: हाइड्रोजन को अति विशिष्ट तत्व के रूप में माना जाता है।

(2) समस्थानिकों के लिए स्थान उपलब्ध नहीं : मेंडलीव की आवर्त सारणी बनने के काफी समय बाद समस्थानिकों की खोज हुई। समस्थानिकों के परमाणु द्रव्यमान भिन्न-भिन्न होते हैं लेकिन रासायनिक गुणधर्म समान होते हैं। मेंडलीव की आवर्त सारणी परमाणु द्रव्यमान पर आधारित है। अत: परमाणु द्रव्यमान की दृष्टि से आवर्त सारणी में इन्हें अलग-अलग स्थान मिलना चाहिए था। लेकिन समस्थानिकों को मेंडलीव की आवर्त सारणी में अलग-अलग स्थान नहीं दिये गये थे। यह मेंडलीव की आवर्त सारणी की मुख्य दूसरी कमी थी।

(3) परमाणुद्रव्यमान के क्रम में अतिक्रमण : मेंडलीव की आवर्त सारणी में तत्वों को उनके बढ़ते हुए परमाणु-द्रव्यमानों के क्रम में रखा गया है। इसलिए कम परमाणु-द्रव्यमान वाले तत्व पहले आना चाहिए और अधिक परमाणु-द्रव्यमान वाले तत्व को बाद में आना चाहिए। लेकिन जब कुछ तत्वों को उनके रासायनिक गुणधर्मों के आधार पर उनके सही समूह में रखा गया तो पाया कि अधिक परमाणु द्रव्यमान वाला तत्व पहले आ जाता है और कम परमाणु द्रव्यमान वाला तत्व बाद में आता है। यह मेंडलीव के आवर्त नियम के विपरीत है। जैसे—टेल्यूरियम (Te) का परमाणु द्रव्यमान 127.60 और आयोडीन (I) का परमाणु द्रव्यमान 126.90 है। अत: नियमानुसार आयोडीन को पहले और टेल्यूरियम को बाद में होना चाहिए। लेकिन मेंडलीव ने टेल्यूरियम को पहले और आयोडीन को बाद में रखा है। इसी प्रकार, कोबाल्ट (Co) को निकेल (Ni) के पहले रखा गया है जबकि कोबाल्ट का परमाणु द्रव्यमान (58.93), निकेल के परमाणु द्रव्यमान (58.71) से अधिक है। अत: मेंडलीव का आवर्त नियम इस असंगत स्थिति को नहीं समझा पाता है।

(4) समूह (VIII) में तीन-तीन तत्वों का एक साथ रखा जाना : मेंडलीव की आवर्त सारणी में तत्वों को उनके बढ़ते हुए परमाणु द्रव्यमानों के क्रम में सजाया गया है। इसलिए एक समूह में एक ही तत्व रहना चाहिए था। लेकिन समूह VIII में तीन-तीन तत्वों को एक साथ रखा गया है जो सारणी में अनियमितता उत्पन्न करती है और अनुचित प्रतीत होता है। जैसे—Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd इत्यादि।

(5) समान गुण वाले तत्वों का अलग-अलग समूहों में रखा जाना : मेंडलीव की आवर्त सारणी में कुछ समान गुणों वाले तत्वों को अलग-अलग समूह में रख दिया गया है जबकि इन्हें एक ही समूह में रखा जाना चाहिए। जैसे—Cu तथा Hg समान गुण प्रदर्शित करते हैं, लेकिन Cu को समूह I B में और Hg को समूह II B में रखा गया है। इसी प्रकार Ag तथा Tl, Au तथा Pt, Ba तथा Pb को भिन्न-भिन्न समूहों में रखा गया है।

(6) **दो तत्वों के बीच नये तत्व की खोज में कठिनाई :** एक तत्व से दूसरे तत्व की ओर बढ़ने पर परमाणु द्रव्यमान नियमित रूप से नहीं बढ़ते हैं। दो तत्वों के बीच परमाणु द्रव्यमान में कहीं एक का अंतर है तो कहीं दो का, कहीं तीन का अंतर है तो कहीं दशमलव के बाद के अंक में अंतर है। अत: यह अनुमान लगाना कठिन हो जाता है कि दो तत्वों के बीच कितने नये तत्व खोजे जा सकते हैं।

5.3 अव्यवस्थित से व्यवस्थित करना : आधुनिक आवर्त सारणी

MAKING ORDER OUT OF CHAOS : THE MODERN PERIODIC TABLE

मेंडलीव की आवर्त सारणी में त्रुटियों के कारण यह माना गया कि तत्वों का वर्गीकरण परमाणु द्रव्यमान के आधार पर पूर्ण उचित नहीं है। इस क्रम में वैज्ञानिकों की आगे खोज जारी रही। सन् 1913 ई॰ में ब्रिटिश वैज्ञानिक हेनरी मोसले (Henry Moseley) ने परमाणु संरचना के अध्ययन के क्रम में परमाणु संख्या (क्रमांक) की खोज की और बताया कि परमाणु संख्या ही तत्वों का मौलिक गुण है, क्योंकि रासायनिक अभिक्रिया में इलेक्ट्रॉनों के स्थानान्तरण से परमाणु द्रव्यमान में अन्तर हो जाता है, लेकिन परमाणु-संख्या में कोई परिवर्तन नहीं होता है। तत्व का परमाणु-संख्या स्थिर होता है और किन्हीं दो तत्वों की परमाणु-संख्या एक ही (समान) नहीं होती है। किसी तत्व की परमाणु-संख्या तत्व के परमाणु में उपस्थिति प्रोट्रॉनों की संख्या (अर्थात् इलेक्ट्रॉनों की संख्या) के बराबर होती है। अत: हम कह सकते हैं कि तत्वों के वर्गीकरण का वर्तमान आधार उनका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (electronic configuration) है। परमाणु-संख्या की खोज के बाद मेंडलीव के आवर्त नियम को जो परमाणु द्रव्यमान पर आधारित था, परिवर्तित करने के लिए प्रभावित किया। परमाणु-संख्या को आधार मानकर मोसले ने मेंडलीव के आवर्त नियम में संशोधन करते हुए एक नया आवर्त नियम दिया जिसे आधुनिक आवर्त नियम कहते हैं।

आधुनिक आवर्त नियम (Modern Periodic law) : **"तत्वों के गुणधर्म उनकी परमाणु-संख्या का आवर्त फलन होते हैं।"** (Properties of elements are a periodic function of their atomic number.) अर्थात् यदि तत्वों को उनकी परमाणु-संख्या के बढ़ते हुए क्रम में सजाया जाय तो एक निश्चित अन्तराल के बाद समान गुण वाले तत्व प्राप्त होते हैं।

एक तत्व से दूसरे तत्व तक बढ़ने पर परमाणु-संख्या में एक की वृद्धि होती है। अत: तत्वों को उनकी परमाणु-संख्या के आरोही (बढ़ते हुए) क्रम में सजाने पर जो वर्गीकरण प्राप्त होता है उसे आधुनिक आवर्त सारणी (Modern periodic table) या आवर्त सारणी का दीर्घ रूप (Long form of the periodic table) कहते हैं।

5.3.1 आधुनिक आवर्त सारणी में तत्वों की स्थिति (Position of elements in the Modern Periodic Table)

आधुनिक आवर्त सारणी में 7 आवर्त एवं 18 समूह हैं। इन 7 आवर्तों में पहले आवर्त को अति लघु आवर्त (Very short period), दूसरे एवं तीसरे आवर्त को लघु आवर्त (Short period) कहते हैं। चौथे एवं पाँचवें आवर्त को दीर्घ आवर्त (Long period) और छठे आवर्त को अति दीर्घ आवर्त (Very long period) कहते हैं। सातवाँ आवर्त अभी अधूरा (Incomplete) है।

आधुनिक आवर्त सारणी में बाईं ओर स्थित तत्व धातु हैं और दाईं ओर स्थित तत्व अधातु हैं। धातुओं एवं अधातुओं को उपधातु द्वारा अलग किया गया है। आवर्त सारणी में छायांकित तत्व उपधातु हैं।

इस आवर्त सारणी को चार ब्लॉक में बाँटा गया है। समूह 1 एवं 2 को s-ब्लॉक, समूह 13 से 18 तक को p-ब्लॉक, समूह 3 से 12 तक को d-ब्लॉक एवं आवर्त सारणी के नीचे स्थित तत्वों लैंथेनाइड्स तथा ऐक्टीनाइड्स को f-ब्लॉक कहते हैं। प्रत्येक आवर्त का प्रथम सदस्य क्षार धातु है और अंतिम सदस्य अक्रिय (निष्क्रिय) गैस है। केवल प्रथम आवर्त का प्रथम सदस्य हाइड्रोजन (H) है और सातवें आवर्त का अंतिम सदस्य अभी Uno है क्योंकि यह अभी अधूरा है।

आवर्त सारणी के किसी खास आवर्त में तत्वों की संख्या नियत होती है। विभिन्न कक्षों में भरे जाने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या के आधार पर उस आवर्तों में तत्वों की संख्या ज्ञात की जा सकती है। किसी कोश में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $2n^2$ होती है जहाँ n = कोश की संख्या है। जैसे—

प्रथम कोश (K) : $2(1)^2 = 2 \times 1 = 2$ अत: प्रथम आवर्त में दो तत्व (H एवं He) होते हैं क्योंकि प्रथम आवर्त में एक इलेक्ट्रॉन कोश होते हैं जिसमें सिर्फ दो इलेक्ट्रॉन रह सकते हैं।

दूसरा कोश (L) : $2(2)^2 = 2 \times 4 = 8$, अत: दूसरे आवर्त में 8 तत्व (Li, Be, B, C, N, O, F एवं Ne) होते हैं क्योंकि दूसरे आवर्त में दो इलेक्ट्रॉन कोश होते हैं जिसमें अधिक-से-अधिक आठ इलेक्ट्रॉन रह सकते हैं।

तीसरा कोश (M) : $2(3)^2 = 2 \times 9 = 18$, चूँकि तीसरे आवर्त में तीन इलेक्ट्रॉन कोश होते हैं और बाहरी कोश में अधिक-से-अधिक आठ इलेक्ट्रॉन रह सकते हैं, इसलिए तीसरे आवर्त में भी 8 तत्व होते हैं। इस प्रकार, आवर्तों में तत्वों की संख्या निम्न प्रकार हैं—

आवर्त	तत्वों की संख्या	प्रथम और अंतिम तत्व
1	2	H और He
2	8	Li और Ne
3	8	Na और Ar
4	18	K और Kr
5	18	Rb और Xe
6	32	Cs और Rn
7	28 (अधूरा)	Fr .... अधूरा

पाठ्यक्रम के अनुसार हमें केवल 20 सामान्य तत्व, परमाणु क्रमांक 1 से 20 तक, का अध्ययन करना है। ये 20 तत्व समूह 1, 2, 13 से 18 तक में स्थित हैं। इन 20 तत्वों को उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर दर्शाते हुए आधुनिक आवर्त सारणी के एक भाग को नीचे प्रस्तुत किया गया है। परीक्षा में अधिकांश प्रश्न आवर्त सारणी के इस भाग पर आधारित होते हैं।

प्रथम बीस तत्वों की आवर्त सारणी
(Periodic Table of first twenty elements)

	समूह 1	समूह 2	समूह 13	समूह 14	समूह 15	समूह 16	समूह 17	समूह 18
प्रथम आवर्त →	H 1 1							He 2 2
दूसरा आवर्त →	Li 1 3 2	Be 2 4 2	B 3 5 2	C 4 6 2	N 5 7 2	O 6 8 2	F 7 9 2	Ne 8 10 2
तीसरा आवर्त →	Na 1 11 8 2	Mg 2 12 8 2	Al 3 13 8 2	Si 4 14 8 2	P 5 15 8 2	S 6 16 8 2	Cl 7 17 8 2	Ar 8 18 8 2
चौथा आवर्त →	K 1 19 8 8 2	Ca 2 20 8 8 2						

चित्र 5.4

उपर्युक्त आवर्त सारणी में तत्व के नीचे तत्व का परमाणु-संख्या (परमाणु-क्रमांक) लिखी गई है और तत्व के दाईं ओर इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (नीचे से ऊपर) लिखी गई है।

आवर्त सारणी से स्पष्ट पता चलता है कि आवर्त में तत्वों के क्रमागत (लगातार) परमाणु संख्या होते हैं। इसलिए आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर परमाणु-संख्या में क्रमशः इकाई की वृद्धि होती है, इसलिए संयोजकता इलेक्ट्रॉन की संख्या में भी क्रमशः इकाई की वृद्धि होती है। अतः एक आवर्त के सभी तत्वों में कोशों की संख्या समान होती है लेकिन संयोजकता इलेक्ट्रॉन की संख्या भिन्न-भिन्न होती है। आवर्त में तत्वों के संयोजकता इलेक्ट्रॉन भिन्न-भिन्न होने के कारण वे भिन्न-भिन्न गुणधर्म प्रदर्शित करते हैं। अर्थात् आवर्त में तत्व भिन्न-भिन्न गुणधर्म प्रदर्शित करते हैं।

किसी आवर्त के सबसे बाईं ओर समूह 1 और सबसे दाईं ओर समूह 18 है। समूह में तत्वों के परमाणु-संख्या लगातार नहीं होते हैं। समूह 1 और 2 तथा 13 से 17 को सामान्य तत्व (Normal elements) कहते हैं। सामान्य तत्व को प्रारूपी या विशिष्ट तत्व (Typical elements) भी कहते हैं। सामान्य तत्व के केवल बाह्यतम कोश अपूर्ण होते हैं। अतः समूह में सभी तत्वों के समान संयोजकता इलेक्ट्रॉन होते हैं। इसलिए समूह के सभी तत्व समान गुणधर्म दर्शाते हैं।

समूह 3 से समूह 12 तक के तत्व संक्रमण तत्व (Transition elements) कहलाते हैं। इन तत्वों के अंतिम दो कोश अपूर्ण होते हैं और इलेक्ट्रॉन द्वारा भरने की प्रक्रिया में होते हैं। इनका अध्ययन हम उच्च कक्षाओं में करेंगे।

समूह 1 के तत्व क्षार धातुएँ (alkali metals), समूह 2 के तत्व क्षारीय मृदा धातुएँ (alkaline earth metals) समूह 17 के तत्व हैलोजन और समूह 18 के तत्व अक्रिय गैस (noble gases) कहलाते हैं। आवर्त सारणी के नीचे स्थित तत्वों लैंथेनाइड्स तथा ऐक्टीनाइड्स समूह 3 के सदस्य हैं।

आधुनिक आवर्त सारणी द्वारा मेंडलीव की आवर्त सारणी की विसंगतियों का निवारण (Removal of anomalies of mendeleev's periodic table by Modern Periodic table) : आधुनिक आवर्त नियम के प्रतिपादन से मेंडलीव की आवर्त सारणी के अधिकांश दोष दूर हो गये जबकि मेंडलीव की आवर्त सारणी के तत्व आधुनिक आवर्त सारणी में ठीक उसी जगह पर हैं। जैसे— कोबाल्ट (Co) का परमाणु-संख्या 27 एवं निकेल (Ni) का परमाणु-संख्या 28 है। इसलिए आधुनिक आवर्त सारणी में कोबाल्ट को पहले रखा गया और निकेल को बाद में रखा गया।

किसी तत्व के सभी समस्थानिकों में प्रोटॉनों की संख्या समान होती है इसलिए उनके परमाणु संख्या भी समान होते हैं। अत: एक तत्व के सभी समस्थानिकों (जैसे—क्लोरीन के समस्थानिक Cl-35 और Cl-37) को तत्व के साथ आधुनिक आवर्त सारणी के उसी समूह में एक ही स्थान पर रखा गया।

तत्व का परमाणु-संख्या एक पूर्ण संख्या होती है, जैसे—1, 2, 3, ... इत्यादि। अत: यदि किसी तत्व का परमाणु संख्या पूर्णांक जैसे—1.5, 2.5, 3.5, ... इत्यादि हों, तो उसे आधुनिक आवर्त सारणी में स्थान मिलना संभव नहीं होगा।

हाइड्रोजन (H) विद्युत धनात्मक तत्व है और इसके गुण क्षारीय धातुओं के समान है। अत: हाइड्रोजन को आधुनिक आवर्त सारणी में प्रथम आवर्त एवं प्रथम समूह में रखा गया है।

आधुनिक आवर्त सारणी की उपलब्धियाँ

(A chievement of modern periodic table) :

(i) आधुनिक आवर्त सारणी परमाणु-संख्या पर आधारित है जो कि अधिक वैज्ञानिक है।

(ii) हाइड्रोजन को निश्चित स्थान प्रदान किया गया है।

(iii) प्रत्येक तत्व की स्थिति उसके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के क्रम में है।

(iv) प्रत्येक आवर्त क्षार धातु (प्रथम आवर्त को छोड़कर) से प्रारंभ होता है और अक्रिय तत्व से समाप्त होता है।

(v) अज्ञात तत्वों के लिए आवर्त सात में रिक्त स्थान छोड़ा गया है जिससे बहुत से तत्वों की खोज हुई है।

(vi) आधुनिक आवर्त सारणी में धातु एवं अधातु को उपधातुओं द्वारा अलग किया गया है।

(vii) आधुनिक आवर्त सारणी में सामान्य तत्वों, संक्रमण तत्वों एवं अक्रिय गैसों को स्पष्ट रूप से पृथक रखा गया है।

मेंडलीव की आवर्त सारणी एवं आधुनिक आवर्त सारणी में अंतर

(Differences between Mendeleev's periodic table and modern periodic table)

मेंडलीव की आवर्त सारणी	आधुनिक आवर्त सारणी
(i) यह तत्व के परमाणु द्रव्यमान पर आधारित है।	(i) यह तत्व के परमाणु-संख्या पर आधारित है।
(ii) इसमें उपसमूह A तथा B एक ही वर्ग के अन्तर्गत हैं।	(ii) इसमें उपसमूह A तथा B को अलग-अलग वर्गों के रूप में रखा गया है।
(iii) इसमें कुल 6 क्षैतिज पंक्तियाँ एवं 8 उदग्र स्तंभ हैं।	(iii) इसमें कुल 7 क्षैतिज पंक्तियाँ एवं 18 उदग्र स्तंभ हैं।
(iv) इसमें अक्रिय गैस का कोई स्थान नहीं है।	(iv) इसमें अक्रिय गैस को 18वें समूह में रखा गया है।
(v) इसमें कई दोष हैं।	(v) इसमें मेंडलीव के आवर्त सारणी के लगभग सभी दोष दूर हो गये हैं।
(vi) यह आवर्त सारणी का छोटा रूप है।	(vi) यह आवर्त सारणी का दीर्घ रूप है।

आधुनिक आवर्त सारणी में तत्वों का स्थान *(Position of elements in modern periodic table)* : तत्व का आवर्त सारणी में स्थान का निर्धारण का अर्थ है कि वह तत्व आवर्त सारणी के किस आवर्त और किस समूह में है। तत्व के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास से तत्व का आवर्त सारणी में स्थान निर्धारित होता है। सबसे पहले तत्व की परमाणु-संख्या के आधार पर उसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखते हैं।

आवर्त ज्ञात करना : इलेक्ट्रॉन जितनी कक्षा में वितरित होता है वह आवर्त सारणी में तत्व की आवर्त संख्या होती है। जैसे—

(i) परमाणु-संख्या (क्रमांक) = 9

∴ इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 7

∴ आवर्त = 2

(ii) परमाणु-संख्या (क्रमांक) = 20

∴ इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 8, 2

∴ आवर्त = 4

अत: इलेक्ट्रॉनिक विन्यास में कक्षा की कुल संख्या = तत्व की आवर्त संख्या

समूह ज्ञात करना : परमाणु क्रमांक 1 से 20 तक के तत्वों के लिए,

(1) संयोजकता इलेक्ट्रॉन 1 या 2 वाले तत्वों की समूह संख्या संयोजकता इलेक्ट्रॉन की संख्या के बराबर होती है। अपवाद—हीलियम (He)। यह उत्कृष्ट गैस है, इसलिए इसका समूह 18 होता है। जैसे—

(i) परमाणु क्रमांक = 19

∴ इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 8, 1

∴ संयोजकता इलेक्ट्रॉन = 1

∴ समूह की संख्या = 1

(ii) परमाणु क्रमांक = 12

∴ इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 2

∴ संयोजकता इलेक्ट्रॉन = 2

∴ समूह की संख्या = 2

(2) दो से अधिक संयोजकता इलेक्ट्रॉन वाले तत्वों की समूह संख्या संयोजकता इलेक्ट्रॉन में 10 जोड़ने से प्राप्त होता है। जैसे—

(i) परमाणु क्रमांक = 13

∴ इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 3

∴ संयोजकता इलेक्ट्रॉन = 3

∴ समूह की संख्या = 3 + 10 = 13

(ii) परमाणु क्रमांक = 15

∴ इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 5

∴ संयोजकता इलेक्ट्रॉन = 5

∴ समूह की संख्या = 5 + 10 = 15

(iii) परमाणु क्रमांक = 10

∴ इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8

∴ संयोजकता इलेक्ट्रॉन = 8

∴ समूह की संख्या = 8 + 10 = 18

5.3.2 आधुनिक आवर्त सारणी की प्रवृत्ति (Trends in the Modern Periodic Table)

आधुनिक आवर्त सारणी के विभिन्न आवर्त्तों में तत्वों को उनकी परमाणु संख्या के बढ़ते हुए क्रम में बाईं से दाईं ओर सजाया गया है। इसलिए आवर्त में बाईं से दाईं जाने पर तत्वों के परमाणुओं की संरचना में क्रमिक परिवर्तन होता है जिससे उसके गुणों में भी क्रमिक परिवर्तन होता है। समूह में ऊपर से नीचे की ओर जाने पर आवर्त संख्या बढ़ती है जिससे तत्वों के परमाणुओं की बाह्यतम कक्ष की संख्या बढ़ जाती है। इसलिए समूह में ऊपर से नीचे जाने पर तत्वों के गुणों में क्रमिक परिवर्तन होता है।

(1) **संयोजकता** (Valency) : किसी आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर (लघु आवर्त 2 तथा 3 में) तत्वों की संयोजकता 1 से बढ़कर 4 होती है और फिर घटते-घटते शून्य (0) हो जाती है। किसी तत्व की संयोजकता उसके बाहरी कक्षा में उपस्थित संयोजी इलेक्ट्रॉनों की संख्या से निर्धारित होती है। तत्व अपना अष्टक पूरा करने के लिए जितने इलेक्ट्रॉनों का त्याग या ग्रहण या साझा करते हैं वे उस तत्व की संयोजकता होती हैं।

धातु तत्व की संयोजकता = संयोजी इलेक्ट्रॉनों की संख्या

अधातु तत्व की संयोजकता = 8 – संयोजी इलेक्ट्रॉनों की संख्या

आवर्त में बाईं से दाईं

तत्व	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
परमाणु-संख्या	11	12	13	14	15	16	17	18
संयोजी इलेक्ट्रॉन	1	2	3	4	5	6	7	8
संयोजकता	1	2	3	4	3	2	1	0

जैसे—

(i) परमाणु संख्या 12 वाले तत्व मैग्नीशियम धातु का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास
= 2, 8, 2

∴ संयोजी इलेक्ट्रॉन = 2,

∴ संयोजकता = 2

(ii) परमाणु संख्या 16 वाले तत्व सल्फर धातु का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास
= 2, 8, 6

∴ संयोजी इलेक्ट्रॉन = 6,

∴ संयोजकता = 8 – संयोजी इलेक्ट्रॉन = 8 – 6 = 2

किसी एक समूह में ऊपर से नीचे जाने पर सभी तत्वों की संयोजकता समान होती है, क्योंकि संयोजी इलेक्ट्रॉनों की संख्या समान होती है।

समूह में ऊपर से नीचे

प्रथम समूह के तत्व	H	Li	Na	K	Rb	Cs	Fr
परमाणु-संख्या	1	3	11	19	37	55	87
संयोजी इलेक्ट्रॉन	1	1	1	1	1	1	1
संयोजकता	1	1	1	1	1	1	1

जैसे— समूह 1 के सभी तत्वों की संयोजकता 1 है। इसी प्रकार, समूह 2 के सभी तत्वों की संयोजकता 2 होगी।

(2) **परमाणु का आकार (साइज)** (Atomic size) : किसी परमाणु का आकार प्रायः उसके परमाणु त्रिज्या (Atomic radius) से दर्शाया जाता है। परमाणु त्रिज्या परमाणु के नाभिक के केन्द्र से बाह्यतम कक्षा के बीच की दूरी होती है। इसे Pm (पीकोमीटर) या Å (अंगस्ट्रम) में मापा जाता है।

$$1\ \text{Pm (पीकोमीटर)} = 10^{-12}\ \text{m (मीटर)}$$

$$1\ \text{Å (अंगस्ट्रम)} = 10^{-10}\ \text{m (मीटर)}$$

$\because$ H — H आबन्ध लम्बाई = 74 Pm

$\therefore$ हाइड्रोजन परमाणु की त्रिज्या $= \frac{74}{2} = 37$ Pm

किसी आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर तत्वों के परमाणुओं का आकार घटता जाता है, क्योंकि तत्वों की परमाणु-संख्या में वृद्धि होती जाती है जिससे नाभिक में धन आवेशों की संख्या बढ़ती जाती है जबकि इलेक्ट्रॉन के कक्षाओं की संख्या वही रहती है। नाभिक में धन आवेश की संख्या बढ़ने से इलेक्ट्रॉन पर नाभिक का आकर्षण बल बढ़ जाता है अर्थात् इलेक्ट्रॉन को नाभिक की ओर खींचता है जिससे परमाणु की त्रिज्या अर्थात् आकार घट जाता है।

पहले आवर्त के तत्व	H	He
परमाणु त्रिज्या (Pm)	37	160

दूसरे आवर्त के तत्व	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
परमाणु त्रिज्या (Pm)	152	111	88	77	74	66	65	190

तीसरे आवर्त के तत्व	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
परमाणु त्रिज्या (Pm)	186	160	143	118	110	104	99	200

अतः किसी आवर्त में क्षार धातु का परमाणु का आकार सबसे बड़ा और हैलोजन परमाणु का आकार सबसे छोटा होता है। अक्रिय (शून्य समूह) तत्व का परमाणु आकार किसी भी आवर्त में सबसे बड़ा होता है।

किसी समूह में ऊपर से नीचे जाने पर परमाणु का आकार बढ़ता है, क्योंकि तत्वों के परमाणुओं में कक्षा की संख्या बढ़ती जाती है। कक्षा की संख्या बढ़ने से परमाणु का आकार भी बढ़ जाता है।

धातु समूह में ऊपर से नीचे

प्रथम समूह के तत्व	H	Li	Na	K	Rb	Cs	Fr
परमाणु त्रिज्या (Pm)	37	152	186	231	244	262	270

अधातु समूह में ऊपर से नीचे

17वें समूह के तत्व	F	Cl	Br	I	At
परमाणु त्रिज्या (Pm)	64	99	114	133	140

अतः समूह 1 में तत्व H का आकार सबसे छोटा तथा तत्व Fr का आकार सबसे बड़ा होता है। समूह 17 में तत्व F का आकार सबसे छोटा तथा At का आकार सबसे बड़ा होता है। समूह 17 में तत्व F, Cl, Br तथा I को हैलोजन (halogens) कहते हैं। हैलो का अर्थ लवण और जन का अर्थ बनाने वाला, अतः हैलोजन धातुओं से क्रिया कर लवण बनाते हैं।

(3) **धात्विक एवं अधात्विक गुणधर्म** (Metallic and non-metallic properties) : किसी तत्व के परमाणु के द्वारा इलेक्ट्रॉन त्याग करने की प्रवृत्ति उसका धात्विक गुणधर्म और इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति उसका अधात्विक गुणधर्म कहलाता है। जो तत्व जितनी आसानी से इलेक्ट्रॉन का त्याग करता है, वह तत्व उतना ही ज्यादा धात्विक गुणधर्म वाला होता है और जो तत्व जितनी आसानी से इलेक्ट्रॉन का ग्रहण करता है, वह उतना ही ज्यादा अधात्विक गुणधर्म वाला होता है।

आधुनिक आवर्त सारणी में बाईं ओर धातुएँ एवं दाईं ओर अधातुएँ हैं। मध्य में उपधातु हैं जो धातुओं को अधातुओं से अलग करती है। उपधातु—बोरॉन (B), सिलिकॉन (Si), जर्मेनियम (Ge), आर्सेनिक (As), ऐंटिमनी (Sb), टेल्यूरियम (Te) एवं पोलोनियम (Po) हैं जिसमें धातु एवं आधातु दोनों के गुणधर्म पाए जाते हैं इसलिए इन्हें उपधातु या अर्धधातु कहते हैं। जैसे—दूसरे आवर्त के तत्व Li, Be, B, C, N, O, F और Ne में Li, Be धातु हैं। B उपधातु है और C, N, O, F, Ne अधातु हैं। तीसरे आवर्त के तत्व Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl और Ar में Na, Mg, Al धातु हैं, Si उपधातु है और P, S, Cl, Ar अधातु हैं। इस प्रकार आधुनिक आवर्त सारणी में पहले दस तत्वों में Li एवं Be दो धातुएँ हैं।

किसी आवर्त में बाईं से दाईं जाने पर तत्वों का धात्विक गुणधर्म घटता जाता है और अधात्विक गुणधर्म बढ़ता जाता है, क्योंकि परमाणु का आकार घटता जाता है जिससे इलेक्ट्रॉन पर नाभिक का आकर्षण बल बढ़ जाता है। इसलिए इनके परमाणुओं से इलेक्ट्रॉन हटाना कठिन होता है लेकिन बाहरी कक्ष में इलेक्ट्रॉन जोड़ना आसान होता है। अतः आवर्त तीन के सोडियम (Na) सबसे अधिक धात्विक गुणधर्म वाला और क्लोरीन (Cl) सबसे अधिक अधात्विक गुणधर्म वाला है।

तीसरे आवर्त का तत्व	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
	धातु तत्व			उपधातु	अधातु तत्व		

किसी समूह में ऊपर से नीचे की ओर जाने पर तत्वों का धात्विक गुणधर्म बढ़ता है और अधात्विक गुणधर्म घटता है, क्योंकि परमाणुओं का आकार बढ़ते जाते हैं।

अतः समूह 1 के लिथियम (Li) सबसे कम धात्विक गुणधर्म वाला एवं फ्रैंकसियम (Fr) सबसे अधिक धात्विक गुणधर्म वाला है।

प्रथम समूह के तत्व	Li	Na	K	Rb	Cs	Fr
	धात्विक गुण बढ़ता है →					

धातु में इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति होती है और अधातुओं में इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति होती है। इसलिए धातु विद्युत धनात्मक होते हैं और अधातु विद्युत ऋणात्मक होते हैं। आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर तत्वों की इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति घटती जाती है और इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति बढ़ती जाती है। इसलिए आवर्त में बाईं से दाईं जाने पर तत्वों की विद्युत धनात्मकता घटती जाती है और विद्युत ऋणात्मकता बढ़ती जाती है।

धातुओं के समूह में ऊपर से नीचे जाने से तत्वों की इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति बढ़ती जाती है और अधातुओं के समूह में तत्वों की इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति घटती जाती है। इसलिए धातुओं के समूह में ऊपर से नीचे जाने पर विद्युत धनात्मकता बढ़ती है और अधातुओं के समूह में विद्युत ऋणात्मकता घटती है। इन प्रवृत्तियों के कारण ही धातुओं के ऑक्साइड सामान्यतः क्षारीय होते हैं और अधातुओं के ऑक्साइड सामान्यतः अम्लीय होते हैं।

आधुनिक आवर्त सारणी के आवर्त और समूह में तत्व के गुणों में परिवर्तन

गुण	आवर्त में बाईं से दाईं	समूह में ऊपर से नीचे
(i) संयोजकता (Valency)	भिन्न-भिन्न	समान
(ii) परमाणु साइज (Atomic size)	घटती है	बढ़ती है
(iii) धात्विक गुणधर्म (Metallic properties)	घटता है	बढ़ता है
(iv) अधात्विक गुणधर्म (Non-metallic properties)	बढ़ता है	घटता है
(v) विद्युत धनात्मकता (Electro positivity)	घटता है	बढ़ता है
(vi) विद्युत ऋणात्मकता (Electro negativity)	बढ़ती है	घटती है
(vii) रासायनिक क्रियाशीलता (Chemical reactivity)	पहले घटती है बाद में बढ़ती है	धातुओं की बढ़ती है अधातुओं की घटती है
(viii) इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति (Tendency of lose electron)	घटती है	धातुओं में बढ़ती है
(ix) इलेक्ट्रॉन ग्रहण की प्रवृत्ति (Tendency of gain electron)	बढ़ती है	अधातुओं में घटती है

मानक N.C.E.R.T. प्रश्न एवं उनके उत्तर
(STANDARD N.C.E.R.T. QUESTIONS AND THEIR ANSWERS)

1 क्या डॉबेराइनर के त्रिक, न्यूलैंड्स के अष्टक के स्तंभ में भी पाए जाते हैं? तुलना करके पता कीजिए।

Did Dobereiner's triads also exist in the column's of Newlands' octaves? Compare and find out. [N.C.E.R.T.]

उत्तर : हाँ, जैसे—Li, Na, K डॉबेराइनर के त्रिक हैं जो न्यूलैंड्स के अष्टक के स्तंभ "रे" (संगीत के स्वर) में हैं।

अध्याय एक नजर में
(Chapter at a Glance)

- तत्वों को उनके गुणधर्मों में समानता के आधार पर वर्गीकृत किया गया है।
- **डॉबेराइनर के त्रिक :** यदि समान गुण वाले तीन-तीन तत्वों को परमाणु द्रव्यमानों के बढ़ते हुए क्रम में सजाया जाए तो बीच वाले तत्व का परमाणु द्रव्यमान, शेष दो तत्वों के परमाणु द्रव्यमान के औसत के लगभग बराबर होता है।
- **न्यूलैंड्स का अष्टक सिद्धांत :** तत्वों को उनके परमाणु द्रव्यमानों के बढ़ते हुए क्रम में सजाया जाता है तो प्रत्येक आठवें तत्व का गुण, प्रथम तत्व के गुणों के समान होते हैं। अतः डॉबेराइनर ने तत्वों को त्रिक में वर्गीकृत किया जबकि न्यूलैंड्स ने अष्टक सिद्धांत दिया।
- **मेंडलीव का आवर्त नियम :** तत्वों के गुणधर्म उनके परमाणु द्रव्यमानों के आवर्त फलन होते हैं। मेंडलीव ने तत्वों को उनके परमाणु द्रव्यमान के आरोही क्रम तथा रासायनिक गुणधर्मों के आधार पर वर्गीकृत किया।
- **आधुनिक आवर्त नियम :** तत्वों के गुणधर्म उनके परमाणु संख्या के आवर्त फलन होते हैं। तत्वों को परमाणु संख्या के आरोही क्रम में सजाने से मेंडलीव के आवर्त सारणी के दोष दूर हो गए।
- **समूह (वर्ग) :** आवर्त सारणी में ऊर्ध्वाधर स्तंभ को समूह कहते हैं। आधुनिक आवर्त सारणी में 18 समूह एवं मेंडलीव के आवर्त सारणी में 8 समूह हैं।
- **आवर्त :** आवर्त सारणी में क्षैतिज कतारों को आवर्त कहते हैं। आधुनिक आवर्त सारणी में 7 आवर्त एवं मेंडलीव के आवर्त सारणी में 6 आवर्त हैं।
- इस प्रकार व्यवस्थित तत्व संयोजकता, परमाणु आकार, धात्विक एवं अधात्विक अभिलक्षण जैसे गुणधर्म में आवर्तिता प्रदर्शित करते हैं।
- किसी आवर्त में बाईं से दाईं जाने पर—
  (i) संयोजकता पहले 1 से 4 तक बढ़ती है फिर घटते-घटते शून्य हो जाती है।
  (ii) परमाणुओं का आकार (साइज) घटता जाता है।
  (iii) धात्विक गुण घटता है और अधात्विक गुण बढ़ता है।
  (iv) विद्युत्त धनात्मकता घटती है और विद्युत ऋणात्मकता बढ़ती है।
  (v) धातुओं की रासायनिक क्रियाशीलता घटती है और अधातुओं की बढ़ती है।
- किसी वर्ग में ऊपर से नीचे जाने पर—
  (i) वर्ग में संयोजकता समान होती है।
  (ii) परमाणुओं का आकार बढ़ता है।
  (iii) धात्विक गुण बढ़ता है, अधात्विक गुण घटता है।
  (iv) विद्युत धनात्मकता बढ़ती है और विद्युत ऋणात्मकता घटती है।
  (v) धातुओं की रासायनिक क्रियाशीलता बढ़ती है और अधातुओं की घटती है।

An element X (atomic number 17) reacts with an element Y (atomic number 20) to form a divalent halide.

(a) आवर्त सारणी में तत्व X तथा Y को कहाँ रखा गया है?
Where in the periodic table are elements X and Y placed?

(b) X तथा Y को धातु, अधातु अथवा उपधातु के रूप में वर्गीकृत कीजिए।
Classify X and Y as metals(s), non-metal(s) or metalloid(s).

(c) तत्व Y के ऑक्साइड की प्रकृति क्या होगी? निर्मित यौगिक में बंधन की प्रकृति को पहचानिए।
What will be the nautre of oxide of element Y? Identify the nautre of bonding in the compound formed.

(d) इसके द्वि-संयोजी हैलाइड की इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना बनाइए।
Draw the electron dot sturcture of the divalent halide.

बहुविकल्पीय प्रश्न (Multiple Choice Questions)

1. आवर्त सारणी में आवर्तों की संख्या कितनी है?
(A) 7 (B) 6
(C) 9 (D) 10

2. आधुनिक आवर्त सारणी में बाईं से दायीं ओर जाने पर परमाणु साइज (आकार) [Bihar 2018 (A)]
(A) बढ़ता है (B) घटता है
(C) अपरिवर्तित रहता है (D) इनमें से कोई नहीं

3. आधुनिक आवर्त सारणी में कितने उर्ध्व स्तंभ है? [Bihar 2018 (A)]
(A) 7 (B) 9
(C) 15 (D) 15

4. आधुनिक आवर्त नियम के अनुसार, तत्त्वों का गुण धर्म [Bihar 2018 (A)]
(A) परमाणु द्रव्यमान का आवर्त फलन है
(B) परमाणु संख्या का आवर्त फलन है
(C) परमाणु साइज का आवर्त फलन है
(D) परमाणु आयतन का आवर्त फलन है

5. अब तक कितने तत्त्वों का पता लग चुका है?
(A) 118 (B) 114
(C) 104 (D) 116

6. मेंडलीफ ने आवर्त नियम कब दिया था?
(A) सन् 1889 में (B) सन् 1899 में
(C) सन् 1669 में (D) सन् 1869 में

7. हीलियम कैसा तत्व है? [Bihar 2011 (A)]
(A) अक्रिय (B) क्रियाशील
(C) सक्रिय (D) उदासीन

8. आवर्त सारणी के किसी आवर्त में बाएँ से दाएँ जाने पर तत्त्वों की परमाणु-त्रिज्या
(A) घटती है (B) पहले घटती है और पुनः बढ़ती है
(C) अपरिवर्तित रहती है (D) बढ़ती है

9. निम्नांकित में सर्वाधिक विद्युतऋणात्मक तत्त्व कौन है?
(A) F (B) H
(C) K (D) I

10. अष्टक सिद्धांत का प्रतिपादन किसने किया था? [Bihar 2017 (C), 2018 (A)]
(A) डॉबेराइनर (B) न्यूलैंड्स
(C) मेंडलीफ (D) मोसले

11. मेंडलीव ने तत्त्वों को निम्नलिखित में किसके बढ़ते हुए क्रम में वर्गीकृत किया?
(A) परमाणु संख्या (B) परमाणु द्रव्यमान
(C) रासायनिक सक्रियता (D) घनत्व

12. 'अष्टक नियम' के प्रतिपादक थे
(A) डाल्टन (B) डोबरेनर
(C) मेंडलीव (D) न्यूलैंड्स

13. त्रियक नियम का प्रतिपादन किस वैज्ञानिक ने किया था?
(A) लोथर मेयर (B) मेंडलीव
(C) डोबरेनर (D) न्यूलैंड्स

14. आवर्त सारणी के शून्य समूह का तत्त्व है [Bihar 2015 (A)]
(A) H (B) He
(C) CO_2 (D) Cl_2

15. आवर्त सारणी में कितने वर्ग होते हैं? [Bihar 2011 (C)]
(A) 5 (B) 6
(C) 7 (D) 18

16. आधुनिक आवर्त सारणी में तत्वों के वर्गीकरण का आधार है [Bihar 2013 (C)]
(A) परमाणु आयतन (B) परमाणु घनत्व
(C) परमाणु द्रव्यमान (D) परमाणु संख्या

17. आवर्त सारणी के उदग्र स्तंभों को कहा जाता है [Bihar 2016 (A)]
(A) वर्ग (B) आवर्त
(C) अपररूप (D) इनमें से कोई नहीं

18. अक्रिय तत्त्व कौन है? [Bihar 2011 (C)]
(A) कार्बन (B) हीलियम
(C) सोना (D) हाइड्रोजन

19. सबसे अधिक भास्मिक ऑक्साइड है
(A) K_2O (B) B_2O_3
(C) SO_2 (D) NO_2

20. आवर्त सारणी में कितने आवर्त हैं? [Bihar 2011 (A)]
(A) सात (B) नौ
(C) आठ (D) बारह

21. मेंडेलीफ ने अपने आवर्त सारणी में तत्त्वों को सजाया [Bihar 2016 (C)]
(A) परमाणु संख्या के बढ़ते क्रम में
(B) परमाणु द्रव्यमान के बढ़ते क्रम में
(C) आण्विक द्रव्यमान के बढ़ते क्रम में
(D) कोई नहीं

22. न्यूलैंड का अष्टक नियम किस तत्त्व तक प्रभावी है?
(A) कैल्सियम (B) बेरियम
(C) सिलिकन (D) क्रिप्टन

23. आवर्त सारणी के प्रथम वर्ग के सदस्य है
(A) अम्लीय धातु (B) क्षारीय धातु
(C) अक्रिय गैस (D) मिश्र धातु

24. मेंडलीव के आवर्त नियम के अनुसार, तत्त्वों के गुण आवर्तफलन होते हैं उनके
(A) परमाणु संख्याओं के (B) परमाणु द्रव्यमानों के
(C) परमाणु आयतन के (D) घनत्व के

25. आधुनिक आवर्त नियम के अनुसार, तत्त्वों के गुण आवर्तफलन होते हैं उनके
(A) परमाणु द्रव्यमानों के (B) परमाणु संख्याओं के
(C) परमाणु आकार के (D) धातुई गुण के

26. कौन शून्य वर्ग का तत्व है?
(A) Ca (B) Br
(C) He (D) Li

27. न्यूलैंड ने अष्टक नियम कब दिया था?
(A) सन् 1893 में (B) सन् 1892 में
(C) सन् 1793 में (D) सन् 1883 में

28. Li, Be, B, Na को बढ़ती आयनन ऊर्जा के क्रम में व्यवस्थित कीजिए।
(A) Na < Li < B < Be (B) Na > Li > Be > B
(C) Na > Li > B > Be (D) Na < B < Li < Be

29. कैल्सियम की परमाणु संख्या क्या है?
(A) 20 (B) 15
(C) 17 (D) 18

30. आवर्त सारणी में एक टेढ़ी-मेढ़ी रेखा धातुओं को अधातुओं से अलग करती है। इस रेखा पर आनेवाले तत्त्व कहलाते हैं
(A) धातु (B) अधातु
(C) मिश्रधातु (D) उपधातु

31. ओजोन के एक अणु में कितने परमाणु हैं? [Bihar 2011 (C)]
(A) 5 (B) 2
(C) 1 (D) 3

32. प्रकृति में ऑक्सीजन का संतुलन कैसे बना रहता है? [Bihar 2011 (A)]
(A) संयोजन (B) प्रकाश-संश्लेषण
(C) अपघटन (D) इनमें से कोई नहीं

33. त्रियक नियम का प्रतिपादन निम्नांकित में किस वैज्ञानिक ने किया था?
(A) न्यूलैंड्स (B) रदरफोर्ड
(C) डोबरेनर (D) डाल्टन

34. आवर्त सारणी के उदग्र स्तंभ कहलाते हैं
(A) आवर्त (B) वर्ग
(C) समजातीय (D) इनमें कोई नहीं

35. आवर्त सारणी में बाएँ से दाएँ जाने पर तत्त्वों की प्रवृत्तियों के संबंध में कौन-सा कथन असत्य है?
(A) धात्विक प्रकृति घट जाती है।
(B) संयोजकता इलेक्ट्रॉनों की संख्या बढ़ जाती है।
(C) परमाणु सुगमता से इलेक्ट्रॉन का त्याग करते हैं।
(D) इनके ऑक्साइड अधिक अम्लीय हो जाते हैं।

36. आवर्त सारणी की क्षैतिज कतारें कहलाती हैं
(A) वर्ग (B) आवर्त
(C) अपररूप (D) इनमें कोई नहीं

37. आवर्त सारणी के चतुर्थ एवं पंचम आवर्त कहलाते हैं
(A) दीर्घ आवर्त (B) लघु आवर्त
(C) सामान्य आवर्त (D) असामान्य आवर्त

38. सिलिकान क्या है? [Bihar 2011 (A)]
(A) धातु (B) अधातु
(C) उपधातु (D) इनमें कोई नहीं

39. आवर्त सारणी के प्रथम वर्ग के तत्त्वों को कहा जाता है
(A) निष्क्रिय गैस (B) क्षार धातु
(C) संक्रमण तत्त्व (D) क्षारीय पार्थिव धातु

40. किसी तत्त्व X के क्लोराइड का सूत्र XCl_2 है। यह क्लोराइड उच्च द्रवणांक वाला ठोस है। आवर्त सारणी में यह तत्त्व संभवतः निम्नांकित में किस तत्त्व के वर्ग में होगा?
(A) Na (B) Mg
(C) Al (D) Si

41. मेंडलीफ की आवर्त सारणी के प्रकाशन के समय तत्त्वों की संख्या थी
(A) 103 (B) 117
(C) 40 (D) 63

42. आवर्त सारणी के चौथे आवर्त में तत्त्वों की संख्या है
(A) 8 (B) 18
(C) 32 (D) 2

43. लघुत्तम की आवर्त संख्या है
(A) 1 (B) 2
(C) 5 (D) 7

44. न्यूलैंड्स के समय कितने तत्वों की खोज हो चुकी थी?
(A) 56 (B) 57
(C) 63 (D) 65

45. मेंडलीव द्वारा तत्वों के वर्गीकरण के समय कितने तत्व ज्ञात थे?

(A) 60 (B) 61

(C) 62 (D) 63

46. मेंडलीव की मूल आवर्त सारणी में तत्वों का कौन समूह नहीं था?

(A) 16 (B) 17

(C) 15 (D) 18

47. कौन शून्य वर्ग का तत्व है?

(A) Ca (B) Br

(C) He (D) Li

48. मेंडलीव आवर्त सारणी में कितने वर्ग होते हैं?

(A) 5 (B) 6

(C) 7 (D) 8

49. क्लोरीन की संयोजकता क्या है?

(A) 1 (B) 2

(C) – 1 (D) – 2

50. आवर्त सारणी में कितने आवर्त हैं?

(A) 7 (B) 9

(C) 8 (D) 12

51. आधुनिक आवर्त सारणी में वर्गों की संख्या क्या होती है?

(A) 9 (B) 18

(C) 11 (D) 10

52. आवर्त सारणी के वर्ग 17 के तत्त्व कहलाते हैं?

(A) क्षार धातु (B) दुर्लभ तत्त्व

(C) हैलोजन (D) संक्रमण तत्त्व

उत्तरमाला (Answers)

बहुविकल्पीय प्रश्न

1. (A)	2. (A)	3. (D)	4. (B)	5. (B)	6. (D)
7. (A)	8. (A)	9. (A)	10. (B)	11. (B)	12. (D)
13. (C)	14. (B)	15. (D)	16. (D)	17. (A)	18. (B)
19. (A)	20. (A)	21. (C)	22. (A)	23. (B)	24. (B)
25. (B)	26. (C)	27. (A)	28. (A)	29. (A)	30. (D)
31. (C)	32. (B)	33. (C)	34. (B)	35. (D)	36. (B)
37. (A)	38. (A)	39. (B)	40. (B)	41. (D)	42. (B)
43. (A)	44. (A)	45. (D)	46. (C)	47. (C)	48. (D)
49. (A)	50. (A)	51. (B)	52. (C)		