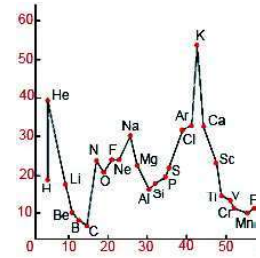
अध्याय–4

तत्वों का आवर्ती वर्गीकरण

(PERIODIC CLASSIFICATION OF ELEMENTS)



हमारे आस–पास विभिन्न पदार्थ पाए जाते हैं जिन्हें हम तत्व, यौगिक एवं मिश्रण के रूप में वर्गीकृत करते हैं। आज इन्हें जिस प्रकार वर्गीकृत किया गया है क्या वर्गीकरण का स्वरूप पहले भी ऐसा ही था? यदि हम तत्वों को ही देखें तो किसी पदार्थ को तत्व के रूप में समझ पाने में लम्बा समय लगा है, जिसका इतिहास काफी रोचक है।

4.1 तत्व, तब और अब

दार्शनिक अरस्तु (ईसा पूर्व 384–322) के अनुसार ब्रह्माण्ड पाँच तत्वों अग्नि, जल, वायु, पृथ्वी तथा आकाश से मिलकर बना है। बाद में ब्रिटिश वैज्ञानिक राबर्ट बॉयल (1627–1691) ने पदार्थों के संबंध में कई प्रयोग किए। इन प्रयोगों के आधार पर उनका तर्क था कि अरस्तु द्वारा उल्लेखित पंच तत्वों को तत्व की श्रेणी में नहीं रखा जा सकता।

18वीं शताब्दी में फ्रांसिसी रसायनज्ञ लवाइजिए के अनुसार तत्व वह पदार्थ है जिसे और सरल पदार्थ में विघटित नहीं किया जा सकता, उदाहरण के लिए हम जानते हैं कि जल को हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन में विघटित किया जा सकता है अतः जल तत्व नहीं है। लवाइजिए ने रासायनिक तत्वों के प्रायोगिक आंकड़ों के आधार पर जो सूची बनायी उसमें 33 तत्व थे। वर्तमान में 118 तत्व ज्ञात हैं। इतने सारे तत्वों और उनके गुणधर्मों का अलग–अलग अध्ययन कर पाना बहुत कठिन है। इस कठिनाई को दूर करने के लिए वैज्ञानिकों ने कई प्रयास किए ताकि तत्वों का अध्ययन आसानी से किया जा सके।

4.2 तत्वों को क्रम में व्यवस्थित करने की आवश्यकता क्यों?

हम अपने घर में विभिन्न वस्तुओं को उनके गुणधर्मों तथा उपयोगिता के आधार पर अलग–अलग रखते हैं जैसे– पहनने के कपड़ों को अलग तथा बिछाने और ओढ़ने के कपड़ों को अलग। यहाँ तक कि पहनने के कपड़ों में भी ठंड में पहनने वाले कपड़ों को गर्मी में पहनने वाले कपड़ों से अलग रखा जाता है। क्या आपने कभी सोचा, किराना दुकानदार से कोई भी सामान माँगने पर वह उसे आसानी से कैसे दे पाता है?

वस्तुओं को व्यवस्थित रखने पर समय तथा ऊर्जा की बचत होती है। इस प्रकार वैज्ञानिकों ने भी तत्वों को उनके गुणधर्मो के आधार पर व्यवस्थित करने के कई प्रयास किए।

कक्षा 9वीं में हमने तत्वों की परमाणु संख्या (atomic number), परमाणु भार (atomic weight) तथा इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (electronic configuration) का अध्ययन किया है। सारणी–1 में कुछ तत्वों के परमाणु भार तथा परमाणु संख्या दी गई है, उन्हें–

(क) बढ़ते हुए परमाणु भार के क्रम में व्यवस्थित कीजिए।

(ख) बढ़ती हुई परमाणु संख्या के क्रम में व्यवस्थित कीजिए।

सारणी–1

तत्व	परमाणु भार	परमाणु संख्या	तत्व	परमाणु भार	परमाणु संख्या
S	32.1	16	B	10.8	5
Li	6.9	3	P	31	15
Al	27	13	Ca	40.1	20
O	16	8	Ne	22.2	10
Ar	39.9	18	C	12	6
Be	9	4	Cl	35.5	17
H	1	1	Na	23	11
Si	28.08	14	N	14	7
F	19	9	Mg	24.3	12
He	4	2	K	39.1	19

- क्या (क) तथा (ख) के अनुसार व्यवस्थित तत्वों का क्रम एक समान है?
- इन तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास बनाइए।
- क्या इन तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर भी समूह बन सकते हैं?

अब आप समझ गए होंगे कि तत्वों को व्यवस्थित क्यों करते हैं तथा व्यवस्थित करने के कई तरीके हो सकते हैं। आइए, पूर्व में रसायनज्ञों द्वारा किए गए प्रयासों को समझें।

तत्वों के वर्गीकरण के प्रयास डाल्टन के परमाणु सिद्धांत (1808) से पूर्व ही प्रारंभ हो गए थे, उनके परमाणु सिद्धांत ने वैज्ञानिकों को एक नई दिशा दी कि तत्वों के परमाणु भार तथा गुणों में संबंध होता है।

4.3 डॉबेराइनर का त्रिक नियम (Dobereiner's law of triads)

जर्मन वैज्ञानिक डॉबेराइनर ने परमाणु भार के आधार पर तत्वों का वर्गीकरण किया। उन्होंने जब समान गुणधर्म वाले तीन तत्वों, जैसे– पोटैशियम, लिथियम और सोडियम को परमाणु भार के बढ़ते क्रम में एक के नीचे एक रखा तब उन्होंने देखा कि बीच वाले तत्व का परमाणु भार अन्य दो तत्वों के परमाणु भार का औसत होता है।

जे. डब्ल्यू. डॉबेराइनर (1780–1849)

जोहान्न वुल्फगांग डॉबेराइनर ने जर्मनी के म्यून्शबर्ग में औषधिक विज्ञान की पढ़ाई की और उसके बाद स्ट्रैसबर्ग में रसायन शास्त्र का अध्ययन किया। उन्होंने सबसे पहले प्लैटिनम को उत्प्रेरक के रूप में पहचाना तथा तीन त्रिकों की खोज की जिससे आगे चलकर तत्वों की आवर्त सारणी का विकास हुआ।

Li 6.9
Na 23
K 39.1

यहाँ सोडियम का परमाणु भार लिथियम और पोटैशियम के परमाणु भारों के औसत के निकट है। इसके गुणधर्म भी लिथियम और पोटैशियम के गुणधर्मों के मध्य हैं। डॉबेराइनर ने तत्वों के परमाणु भार और उसके गुणधर्मों के बीच इस संबंध को एक नियम के रूप में प्रतिपादित किया कि समान गुणों वाले तीन तत्वों को यदि उनके बढ़ते हुए परमाणु भार के क्रम में व्यवस्थित किया जाए तो समूह के बीच वाले तत्व का परमाणु भार तथा गुणधर्म शेष दो तत्वों के परमाणु भारों का औसत तथा गुणधर्म उनके मध्य के होते हैं। डॉबेराइनर उस समय तक ज्ञात तत्वों में से केवल तीन त्रिक ही बना सके थे (सारणी–2)।

यह नियम कुछ ही तत्वों के लिए सही पाया गया, इसलिए त्रिक में वर्गीकृत करने की यह पद्धति सफल नहीं रही।

जैसे ही परमाणु भार के आधार पर तत्वों के गुणधर्मों की समानता का पता चला, वैसे ही कई तरह से तत्वों को व्यवस्थित करने के प्रयास किए जाने लगे। ऐसा ही एक प्रयास न्यूलैंड्स ने भी किया।

सारणी–2 : डॉबेराइनर के त्रिक

तत्वों के त्रिक		
I	**II**	**III**
Li	Ca	Cl
Na	Sr	Br
K	Ba	I

4.4 न्यूलैंड्स का अष्टक सिद्धांत (Newlands' law of octaves)

क्या आप जानते हैं?

भारतीय संगीत प्रणाली में सात सुर होते हैं –

सा रे ग म प ध नि

पाश्चात्य संगीत में ये सुर हैं– *डो रे मि फा सो ला टि*

प्रत्येक आठवाँ सुर पहले सुर जैसा होता है तथा वह अगली पंक्ति का पहला सुर होता है। इन सुरों की सहायता से संगीत की रचना की जाती है।

डॉबेराइनर के प्रयासों ने दूसरे रसायनज्ञों का ध्यान इस ओर आकर्षित किया कि तत्वों के गुणधर्म उनके परमाणु भार से संबंधित होते हैं। इसी क्रम में ब्रिटिश वैज्ञानिक जॉन एलेक्जेंडर न्यूलैंड्स (1837–1898) ने अष्टक का नियम दिया जिसके अनुसार यदि तत्वों को उनके बढ़ते परमाणु भार के क्रम में व्यवस्थित किया जाए तो वे इस प्रकार क्रमबद्ध हो जाते हैं कि एक निश्चित अंतराल के बाद उनके गुणों की पुनरावृत्ति होती है और प्रत्येक आठवें तत्व की विशेषताएं या गुणधर्म पहले तत्व के गुणधर्म से मिलते हैं। उन्होंने इसकी तुलना संगीत के सुरों से की इसलिए इसे अष्टक का सिद्धांत कहा जाता है। इसे उन्होंने सबसे कम परमाणु भार वाले तत्व हाइड्रोजन से प्रारंभ किया तथा 56वें तत्व थोरियम पर समाप्त किया।

सारणी–3 : न्यूलैंड्स का अष्टक

भारतीय संगीत के सुर	सा	रे	ग	म	प	ध	नि
पाश्चात्य संगीत के सुर	डो	रे	मि	फा	सो	ला	टि
तत्व	H	Li	Be	B	C	N	O
	F	Na	Mg	Al	Si	P	S
	Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe

न्यूलैंड्स के अष्टक में हाइड्रोजन और फ्लुओरीन के गुणधर्म समान थे। फ्लुओरीन, हाइड्रोजन के बाद आठवाँ तत्व है इसी तरह लिथियम और सोडियम में समानता है।

न्यूलैंड्स की सारणी में कई विसंगतियाँ पाई गईं जैसे–

- यह केवल 56 तत्वों तक ही सीमित थी व इसमें नए तत्वों के लिए कोई रिक्त स्थान नहीं था।
- यह सिद्धांत केवल कैल्सियम तक ही लागू होता था क्योंकि कैल्सियम के बाद आठवें तत्व के गुणधर्म पहले तत्व से नहीं मिलते थे।
- कुछ तत्व जिनके गुण समान नहीं हैं उन्हें एक ही समूह में स्थान दिया गया, जैसे– आयरन के रासायनिक गुणधर्म ऑक्सीजन तथा सल्फर से नहीं मिलते।

अतः इस नियम के अनुसार भी तत्वों का सफल वर्गीकरण नहीं किया जा सका।

प्रश्न

1. दी गई सारणी का अवलोकन कीजिए और बताइए कि–

समूह ''अ''	तत्व	Li	?	K
	परमाणु भार	6.9	23.0	39.1
समूह''ब''	तत्व	Ca	Sr	Ba
	परमाणु भार	40.1	?	137.3
समूह''स''	तत्व	Cl	Br	I
	परमाणु भार	35.5	?	126.9

(i) समूह ''अ'' के मध्य में कौन सा तत्व आएगा?

(ii) समूह ''ब'' के मध्य वाले तत्व का परमाणु भार क्या होगा?

(iii) समूह ''स'' के मध्य वाले तत्व का परमाणु भार क्या होगा?

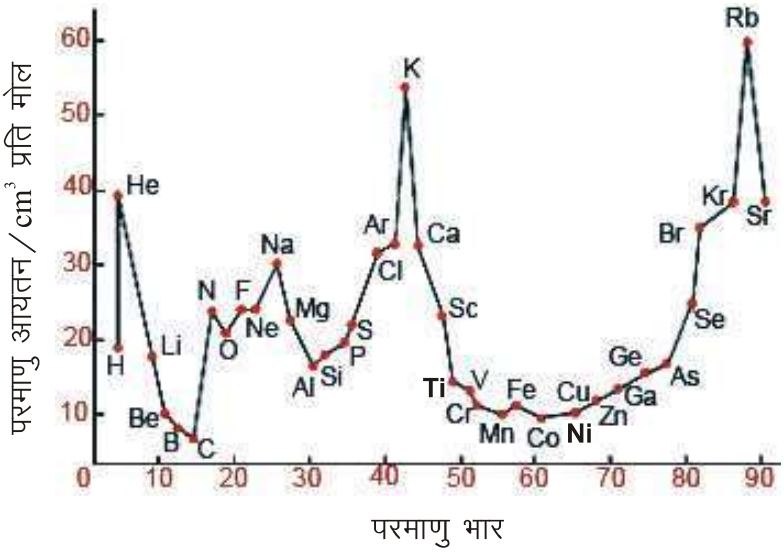
2. डॉबेराइनर के वर्गीकरण की क्या सीमाएँ हैं ?

3. सारणी–3 के आधार पर बताइए, सोडियम के गुण किन–किन तत्वों से मिलते हैं?

4.5 लोथर मेयर का परमाणु आयतन वक्र (Lothar Meyer's atomic volume curve)

जर्मन वैज्ञानिक लोथर मेयर (1830–95) ने तत्वों के परमाणु भार तथा परमाणु आयतन के मध्य ग्राफ बनाया। उन्होंने देखा कि वक्र में सोडियम, पोटैशियम और रूबिडियम तत्व वक्र के उच्चतम शिखर पर तथा फ्लुओरीन, क्लोरीन और ब्रोमीन चढ़ाव के बीच स्थित हैं। मैग्नीशियम, कैल्सियम आदि धातुएँ वक्र में घटाव वाले भागों पर तथा बेरिलियम, बोरॉन, कार्बन, ऐलुमिनियम आदि धातुएँ वक्र के निम्नतम बिन्दुओं पर स्थित हैं (चित्र 1)।

लोथर मेयर का ग्राफ



चित्र–1 : लोथर मेयर का वक्र

इसके आधार पर उन्होंने देखा कि समान गुणों वाले तत्व वक्र में समान स्थानों पर स्थित हैं अर्थात् तत्वों के परमाणु आयतन उनके परमाणु भार के आवर्ती फलन (periodic function) होते हैं।

जब लोथर मेयर के द्वारा परमाणु आयतन और परमाणु भार के आधार पर तत्वों का वर्गीकरण किया गया, उसी दौरान मेन्डेलीफ द्वारा परमाणु भार और तत्वों के भौतिक एवं रासायनिक गुणधर्मों के आधार पर वर्गीकरण सरल

रूप में प्रस्तुत किया गया। लोथर मेयर ने तत्वों के गुणधर्मों के लिए आवर्ती शब्द का उपयोग कर मेन्डेलीफ को एक दिशा दी जिससे मेन्डेलीफ को अपनी आवर्त सारणी बनाने में सहायता मिली।

4.6 मेन्डेलीफ का वर्गीकरण (Mendeleev's classification)

तत्वों के वर्गीकरण का मुख्य श्रेय रूसी रसायनज्ञ डमित्री इवानोविच मेन्डेलीफ को जाता है। तत्वों की आवर्त सारणी के प्रारंभिक विकास में उनका प्रमुख योगदान रहा। जब मेन्डेलीफ ने अपना कार्य आरंभ किया तब 63 तत्व ज्ञात थे। उन्होंने तत्वों के परमाणु भार एवं उनके भौतिक तथा रासायनिक गुणधर्मों के बीच संबंधों का अध्ययन किया। रासायनिक गुणधर्मों के अंतर्गत मेन्डेलीफ ने तत्वों के ऑक्सीजन एवं हाइड्रोजन के साथ बने यौगिकों को चुना क्योंकि दोनों तत्व अत्यन्त सक्रिय हैं तथा अधिकांश तत्वों के साथ यौगिक बनाते हैं।

उन्होंने 63 कार्ड लिए एवं प्रत्येक कार्ड पर अलग–अलग तत्वों के गुणधर्मों को लिखा। समान गुणधर्म वाले तत्वों के समूह बनाने पर उन्होंने पाया कि तत्व अपने परमाणु भार के बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित हो गए थे। उन्होंने अधिकांश तत्वों को एक सारणी की तरह व्यवस्थित कर दिया जिसमें समान गुणधर्म वाले तत्व एक दूसरे के नीचे आते थे।

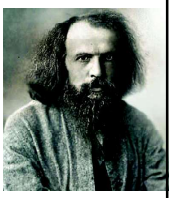
यह भी देखा गया कि समान गुणधर्म वाले तत्व एक निश्चित अंतराल के बाद फिर आते हैं। इस आधार पर मेन्डेलीफ ने आवर्त नियम बनाया कि तत्वों के भौतिक और रासायनिक गुण उनके परमाणु भारों के आवर्ती फलन होते हैं। मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में उर्ध्व स्तंभ को समूह/वर्ग (group) कहते हैं तथा क्षैतिज पंक्तियों को आवर्त (period) कहते हैं (चित्र 2)।

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
आवर्त ↓	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	संक्रमण श्रेणी
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 प्रथम श्रेणी:	K 39.102	Ca 40.08	Sc 44.96	Ti 47.90	V 50.94	Cr 50.20	Mn 54.94	Fe Co Ni 55.85 58.93 58.71
द्वितीय श्रेणी:	Cu 63.54	Zn 65.37	Ga 69.72	Ge 72.59	As 74.92	Se 78.96	Br 79.909	
5 प्रथम श्रेणी:	Rb 85.47	Sr 87.62	Y 88.91	Zr 91.22	Nb 92.91	Mo 95.94	Tc 99	Ru Rh Pd 101.07 102.91 106.4
द्वितीय श्रेणी:	Ag 107.87	Cd 112.40	In 114.82	Sn 118.69	Sb 121.75	Te 127.60	I 126.90	
6 प्रथम श्रेणी:	Cs 132.90	Ba 137.34	La 138.91	Hf 178.49	Ta 180.95	W 183.85		Os Ir Pt 190.2 192.2 195.09
द्वितीय श्रेणी:	Au 196.97	Hg 200.59	Tl 204.37	Pb 207.19	Bi 208.98			

चित्र–2 : मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी

मेन्डेलीफ आवर्त सारणी का प्रकाशन 1872 में एक जर्मन पत्रिका में हुआ। सारणी के उर्ध्व स्तंभ के शीर्ष पर ऑक्साइड तथा हाइड्राइड के सूत्र दिए गए। जिसमें अँग्रेजी का अक्षर 'R' समूह के किसी तत्व को प्रदर्शित करता है अर्थात् कार्बन के हाइड्राइड CH_4 को RH_4 तथा ऑक्साइड CO_2 को RO_2 लिखा गया। मेन्डेलीफ ने किसी तत्व की समूह में स्थिति का निर्धारण उसके यौगिकों के आधार पर किया। यौगिक के सूत्र द्वारा तत्वों की संयोजकता ज्ञात की। किसी वर्ग या समूह की क्रम संख्या उस वर्ग के तत्वों की ऑक्सीजन के सापेक्ष संयोजकता दर्शाती है, जैसे–जिस तत्व के ऑक्साइड का सूत्र R_2O है वे प्रथम समूह में और जिनका सूत्र RO है उन्हें द्वितीय समूह में रखा गया। क्या आप बता सकते हैं कि तृतीय समूह के ऑक्साइड का सूत्र क्या होगा?

डमित्री इवानोविच मेन्डेलीफ (1834–1907)



रूसी रसायनज्ञ मेन्डेलीफ को आवर्त सारणी का जनक कहा जाता है। इसके साथ–साथ रूसी रसायन उद्योग और खनन के आधुनिकीकरण में उनका बड़ा योगदान रहा। उन्होंने पेट्रोलियम की उत्पत्ति के लिए एक सिद्धांत भी प्रतिपादित किया। रसायन शास्त्र अध्यापन की एक नई पद्धति विकसित करने के उनके प्रयास के परिणामस्वरुप तत्वों की आवर्त सारणी को व्यवस्थित स्वरूप मिला।

इस प्रकार प्रथम, द्वितीय और तृतीय समूह के तत्वों की संयोजकताएँ क्रमशः 1, 2 और 3 हैं।

4.6.1 मेन्डेलीफ आवर्त सारणी की उपलब्धियाँ (Achievements of Mendeleev's periodic table)

1. **तत्वों के अध्ययन में सहायक**–मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में प्रत्येक आवर्त में तत्वों के गुणों में क्रमिक परिवर्तन दिखाई देता है। वहीं एक वर्ग के तत्वों के गुणों में समानता पाई जाती है। अतः किसी वर्ग के एक तत्व के सामान्य गुणों की जानकारी होने पर उस वर्ग के अन्य तत्वों के गुणों के बारे में आसानी से जाना जा सकता है। इस प्रकार मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी तत्वों के अध्ययन में सहायक हुई।

2. **नए तत्वों की खोज में सहायक–** मेन्डेलीफ ने अपनी आवर्त सारणी में कुछ स्थान रिक्त छोड़ दिए थे। इन रिक्त स्थानों को दोष के रूप में देखने के बजाय मेन्डेलीफ ने कुछ ऐसे तत्वों के अस्तित्व का अनुमान लगाया जो उस समय तक ज्ञात नहीं थे। इनका नामकरण उन्होंने उसी समूह में इससे पहले आने वाले तत्व के नाम में 'एका' उपसर्ग लगाकर किया। उदाहरण के लिए, बाद में खोजे गए तत्व स्कैंडियम, गैलियम, जर्मेनियम को क्रमशः एका–बोरॉन, एका–ऐलुमिनियम तथा एका–सिलिकन कहा।

3. **संदिग्ध परमाणु भार में सुधार–** मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में बेरिलियम के परमाणु भार को संयोजकता के आधार पर ठीक किया गया। इसे त्रिसंयोजक न मानकर द्विसंयोजक माना और उसका स्थान लिथियम और बोरॉन के बीच रखा गया। इंडियम, यूरेनियम आदि तत्वों के परमाणु भारों में भी इसी प्रकार सुधार किया गया।

4. **अक्रिय गैसों को स्थान –** मेन्डेलीफ के समय तक हीलियम, निऑन और ऑर्गान जैसी अक्रिय गैसों की खोज नहीं हुई थी इसलिए आवर्त सारणी में इनके लिए कोई स्थान नहीं रखा गया था। जब इन गैसों की खोज हुई तो इन तत्वों का एक अलग समूह बनाकर आवर्त सारणी में नौवां स्तंभ शून्य समूह के रूप में वैज्ञानिक रेमसे (Ramsay) द्वारा जोड़ा गया।

4.6.2 मेन्डेलीफ आवर्त सारणी की सीमाएँ (Limitations of Mendeleev's periodic table)

1. **हाइड्रोजन का स्थान अनिश्चित**– हाइड्रोजन क्षार धातुओं के आयनों (Na^+, K^+) की भांति H^+ आयन तथा हैलोजन आयन (Cl^-, Br^-) की भांति H^- आयन भी बनाता है। इसलिए यह निश्चित नहीं किया जा सका कि उसे किस वर्ग में रखना उचित होगा।
2. **भारी तत्वों को हल्के तत्वों से पहले रखा जाना**– संयोजकता के अनुसार रखे जाने पर कुछ स्थानों पर भारी तत्वों को हल्के तत्वों से पहले रखा गया जो मेन्डेलीफ नियम के अनुसार नहीं है जैसे– कोबाल्ट (परमाणु भार 58.9) को निकैल (परमाणु भार 58.7) के पहले रखा गया।
3. **समस्थानिकों को अलग–अलग स्थान नहीं दिया जाना**– किसी तत्व के समस्थानिकों के रासायनिक गुणधर्म समान किन्तु परमाणु भार अलग–अलग होते हैं अतः उन्हें आवर्त सारणी में अलग–अलग स्थान मिलना चाहिए, परंतु मेन्डेलीफ आवर्त सारणी में समस्थानिकों के लिए कोई स्थान नहीं था।
4. **एक तत्व से दूसरे तत्व की ओर बढ़ने पर परमाणु भार नियमित रूप से नहीं बढ़ना–** इसलिए यह अनुमान लगाना कठिन हो गया कि दो तत्वों के मध्य कितने तत्व खोजे जा सकते हैं, विशेषकर जब हम भारी तत्वों पर विचार करते हैं, तो कठिनाई आती है।

प्रश्न

1. लोथर मेयर के द्वारा तत्वों के वर्गीकरण का आधार क्या है?
2. मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी के समूह 1 व 2 में पाए जाने वाले प्रथम चार–चार तत्वों के नाम तथा संकेत लिखिए।
3. मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में कुछ रिक्त स्थान छोड़े गए थे, उनमें रखे गए तत्वों के नाम लिखिए।
4. उन दो तत्वों के नाम लिखिए जिनके संदिग्ध परमाणु भार में मेन्डेलीफ द्वारा सुधार किया गया।
5. अक्रिय गैसों को एक पृथक समूह में रखने का क्या कारण है? लिखिए।

मेण्डेलीफ के वर्गीकरण की कमियों को 20वीं सदी के आरंभ में अवपरमाणुक कणों (subatomic particles) की खोज और परमाणु की आंतरिक संरचना की समझ बनने के बाद दूर करना संभव हुआ।

4.7 मोसले का आधुनिक आवर्त नियम (Moseley's modern periodic law)

ब्रिटिश वैज्ञानिक हेनरी मोसले (1887–1915) ने तत्वों के परमाणुओं के एक्स किरण (X-ray) स्पेक्ट्रम का अध्ययन किया तब उन्हें तत्वों की एक्स किरण तरंग लंबाई और मेन्डेलीफ आवर्त सारणी में तत्वों के क्रमांक के बीच संबंध दिखाई दिया। मेन्डेलीफ के समय परमाणु भार तत्व की पहचान थी। मोसले के काम से परमाणु के एक और गुण की पहचान हुई जिसे परमाणु संख्या कहा गया जो तत्व की विशिष्ट पहचान बनी। यह किसी तत्व के परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोट्रॉनों की संख्या को दर्शाता है। इस आधार पर उन्होंने तत्वों के परमाणु भार के स्थान पर परमाणु संख्या को वर्गीकरण का आधार बनाने का सुझाव दिया। उन्होंने बताया कि तत्वों के रासायनिक गुण उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास पर निर्भर करते हैं और इलेक्ट्रॉनिक विन्यास परमाणु संख्या के आधार पर होते हैं। अतः उन्होंने मेन्डेलीफ के आवर्त नियम में संशोधन कर 1913 में आधुनिक आवर्त नियम दिया, जिसके अनुसार तत्वों के भौतिक और रासायनिक गुण उनकी परमाणु संख्या के आवर्ती फलन (periodic function) होते हैं।

आधुनिक आवर्त सारणी

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H हाइड्रोजन 1.0																	2 He हीलियम 4.0
3 Li लिथियम 6.9	4 Be बेरिलियम 9.0											5 B बोरॉन 10.8	6 C कार्बन 12.0	7 N नाइट्रोजन 14.0	8 O ऑक्सीजन 16.0	9 F फ्लुओरीन 19.0	10 Ne निऑन 20.2
11 Na सोडियम 23.0	12 Mg मैग्नीशियम 24.3											13 Al ऐलुमिनियम 27.0	14 Si सिलिकन 28.1	15 P फॉस्फोरस 31.0	16 S सल्फर (गंधक) 32.1	17 Cl क्लोरीन 35.5	18 Ar ऑर्गन 39.9
19 K पोटैशियम 39.1	20 Ca कैल्सियम 40.1	21 Sc स्कैन्डियम 44.9	22 Ti टाइटेनियम 47.9	23 V वैनेडियम 50.9	24 Cr क्रोमियम 52.0	25 Mn मैंग्नीज 54.9	26 Fe आयरन (लोहा) 55.8	27 Co कोबाल्ट 58.9	28 Ni निकैल 58.7	29 Cu कॉपर (ताँबा) 63.5	30 Zn जिंक (जस्ता) 65.4	31 Ga गैलियम 69.7	32 Ge जर्मेनियम 72.6	33 As आर्सेनिक 74.9	34 Se सिलीनियम 79.0	35 Br ब्रोमीन 79.9	36 Kr क्रिप्टॉन 83.8
37 Rb रूबिडियम 85.5	38 Sr स्ट्रॉन्शियम 87.5	39 Y इट्रियम 88.9	40 Zr जर्कोनियम 91.2	41 Nb नायोबियम 92.9	42 Mo मॉलिब्डेनम 95.9	43 Tc टेक्नीशियम (98)	44 Ru रूथीनियम 101.1	45 Rh रोडियम 102.9	46 Pd पैलेडियम 106.4	47 Ag सिल्वर (चाँदी) 107.9	48 Cd कैडमियम 112.4	49 In इंडियम 114.8	50 Sn टिन 118.7	51 Sb ऐन्टिमनी 121.8	52 Te टैल्यूरियम 127.6	53 I आयोडीन 126.9	54 Xe जीनॉन 131.3
55 Cs सीज़ियम 132.9	56 Ba बेरियम 137.3	57 * La लैन्थेनम 138.9	72 Hf हाफनियम 178.5	73 Ta टैन्टेलम 180.9	74 W टंग्स्टेन 183.9	75 Re रीनियम 186.2	76 Os ऑस्मियम 190.2	77 Ir इरीडियम 192.2	78 Pt प्लैटिनम 195.1	79 Au गोल्ड (सोना) 197.0	80 Hg मर्करी (पारा) 200.6	81 Tl थैलियम 204.4	82 Pb लेड (सीसा) 207.2	83 Bi बिस्मथ 209.0	84 Po पोलोनियम (209)	85 At ऐस्टैटीन (210)	86 Rn रेडॉन (222)
87 Fr फ्रेंसियम (223)	88 Ra रेडियम (226)	89 ** Ac ऐक्टिनियम (227)	104 Rf रदरफर्डियम (261)	105 Db डुबनियम (262)	106 Sg सीबोर्गियम (263)	107 Bh बोहरियम (262)	108 Hs हैसियम (265)	109 Mt मिटनेरियम (267)	110 Ds डार्मस्टेशियम (281.2)	111 Rg रॉन्टगेनियम (282.2)	112 Cn कॉपरनिसियम (285.2)	113 Nh निहोनियम (286.2)	114 Fl फ्लोरोवियम (289.2)	115 Mc मॉस्कोवियम (289.2)	116 Lv लिवरमोरियम (293.2)	117 Ts टेनेसीन (294.2)	118 Og ऑग्नेसॉन (294.2)

1 — परमाणु संख्या
H — संकेत
हाइड्रोजन — नाम
1.0 — परमाणु भार

धातुएँ | उपधातुएँ | अधातुएँ | नोबल गैसें (अक्रिय) | अध्ययन जारी

कोष्ठक () में दी गई संख्या उस तत्व के सबसे लम्बी अर्धायु वाले आइसोटोप (समस्थानिक) का परमाणु भार है।

* लैन्थेनाइड	58 Ce सीरियम 140.1	59 Pr प्रासियोडायमियम 140.9	60 Nd नियोडिमियम 144.2	61 Pm प्रोमिथियम (145)	62 Sm सेमेरियम 150.4	63 Eu यूरोपियम 152.0	64 Gd गैडोलिनियम 157.3	65 Tb टरबियम 158.9	66 Dy डिप्रोसियम 162.5	67 Ho होल्मियम 164.9	68 Er अर्बियम 167.3	69 Tm थूलियम 168.9	70 Yb इटर्बियम 173.0	71 Lu ल्यूटीशियम 175.0
** ऐक्टिनाइड	90 Th थोरियम 232.0	91 Pa प्रोटैक्टिनियम (231)	92 U यूरेनियम 238.0	93 Np नेप्ट्यूनियम (237)	94 Pu प्लूटोनियम (244)	95 Am ऐमेरिशियम (243)	96 Cm क्यूरियम (247)	97 Bk बर्केलियम (247)	98 Cf कैलीफोर्नियम (251)	99 Es आइन्स्टाइनियम (254)	100 Fm फर्मियम (257)	101 Md मेन्डेलीनियम (258)	102 No नोबेलियम (259)	103 Lr लोरेन्सियम (262)

चित्र–3 : आधुनिक आवर्त सारणी

4.8 आधुनिक आवर्त सारणी (Modern periodic table)

बोर ने मोसले के नियम के अनुसार तत्वों को बढ़ती हुई परमाणु संख्या के आधार पर एक सारणी में व्यवस्थित किया जिसे बोर की आवर्त सारणी कहते हैं। उस समय तक ज्ञात 92 तत्वों को उन्होंने इस सारणी में स्थान दिया। इसे आवर्त सारणी का दीर्घ रूप (long form of periodic table) या आधुनिक आवर्त सारणी (modern periodic table) भी कहते हैं (चित्र–3)। वर्तमान में परमाणु संख्या 92 के बाद वाले संश्लेषित तत्वों (परमाणु संख्या 118 तक) को इस सारणी में स्थान मिल चुका है। परमाणु संख्या 113, 115, 117 तथा 118 वाले तत्वों के IUPAC द्वारा प्रस्तावित नामों को 8 नवम्बर 2016 तक अंतिम रूप दिया जाएगा।

इस सारणी में 18 उर्ध्व खाने हैं इन्हें वर्ग/समूह (group) कहते हैं और 7 क्षैतिज पंक्तियाँ हैं जिन्हें आवर्त (period) कहते हैं।

समूह– जिस प्रकार मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में तत्वों की समूह में स्थिति संयोजकता द्वारा निर्धारित की जाती है उसी प्रकार आधुनिक आवर्त सारणी में इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को आधार माना गया।

- समूह 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 और 18 के तत्व सामान्य तत्व कहलाते हैं।
- समूह 3 से 12 तक के तत्व संक्रमण तत्व कहलाते हैं।
- समूह 3 में लैन्थेनम (La परमाणु संख्या 57) के पश्चात् 14 तत्व आवर्त सारणी में नीचे स्थित हैं, जिन्हें लैन्थेनाइड कहते हैं। इसी प्रकार समूह 3 में ही ऐक्टिनियम (Ac परमाणु संख्या 89) के पश्चात् 14 तत्व सारणी में नीचे स्थित हैं। जिन्हें ऐक्टिनाइड कहते हैं। इन्हें मुख्य सारणी के नीचे इसलिए दर्शाया जाता है ताकि आवर्त सारणी का स्वरूप सुविधाजनक हो।

आवर्त– आधुनिक आवर्त सारणी में किसी एक आवर्त में स्थित सभी तत्वों में कोशों की संख्या समान होती है।

किसी आवर्त में बाईं ओर से दाईं ओर बढ़ने पर तत्व की परमाणु संख्या में क्रमशः एक की वृद्धि होती है, तो संयोजी इलेक्ट्रॉनों की संख्या में भी एक की वृद्धि होती है। लिथियम, बेरिलियम, बोरॉन, कार्बन, नाइट्रोजन आदि तत्वों के संयोजी इलेक्ट्रॉनों की संख्या अलग–अलग है, अतः यह अलग–अलग समूह के तत्व हैं किन्तु इनमें कोशों की संख्या समान होने के कारण ये एक ही आवर्त के तत्व हैं। क्या आप बता सकते हैं कि ये किस आवर्त के तत्व हैं?

विभिन्न कोशों में भरे जाने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या के आधार पर हम इन आवर्तो में तत्वों की संख्या बता सकते हैं। हम जानते हैं कि किसी कोश में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या सूत्र $2n^2$ के द्वारा ज्ञात की जाती है जहाँ n = कोश की संख्या है।

जैसे– K कोश = $2 \times (1)^2 = 2$ इसलिए प्रथम आवर्त में तत्वों की संख्या दो है।

उपरोक्त आधार पर तीसरे आवर्त में तत्वों की संख्या कितनी होगी? यदि M कोश में अधिकतम संभावित इलेक्ट्रॉनों की संख्या की गणना की जाए तो वह 18 प्राप्त होगी। किन्तु आप जानते हैं कि बोर–बरी नियम के अनुसार बाह्यतम कक्ष में इलेक्ट्रॉनों की संख्या 8 से अधिक नहीं हो सकती। चूंकि यहाँ M कोश बाह्यतम कोश है, अतः इसमें 8 से अधिक इलेक्ट्रॉन नहीं आ सकते और यही कारण है कि सारणी के तीसरे आवर्त में तत्वों की संख्या 8 होती है।

इसके आगे के आवर्तों में तत्वों की संख्या का निर्धारण, कोश में इलेक्ट्रॉनों के वितरण के अन्य नियमों के अनुसार होता है, जिसका अध्ययन हम अगली कक्षाओं में करेंगे।

- आधुनिक आवर्त सारणी के आरंभ के 3 आवर्त, लघु आवर्त कहलाते हैं इनमें क्रमशः 2, 8 और 8 तत्व होते हैं।
- इसके बाद के दो आवर्त, दीर्घ आवर्त कहलाते हैं, इनमें 18,18 तत्व होते हैं।
- छठवें आवर्त में 32 तत्व हैं, वर्तमान में सातवें आवर्त में भी चार नए तत्वों की खोज के साथ 32 तत्व हो चुके हैं।

4.8.1 आधुनिक आवर्त सारणी की विशेषताएँ (Characteristics of Modern periodic table)

- आवर्त सारणी परमाणु संख्या पर आधारित है।
- प्रत्येक तत्व की स्थिति उसके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर निश्चित की गई है।
- यह विभिन्न तत्वों के गुणों में क्रमिक परिवर्तन को अधिक स्पष्ट रूप से दर्शाती है।
- हाइड्रोजन के द्वारा ऋण आयन (H^-) और धन आयन (H^+) दोनों बनाने की क्षमता के कारण वह रासायनिक गुणों में समूह 17 के सदस्यों (जो ऋण आयन देते हैं) और समूह 1 के सदस्यों (जो धन आयन देते हैं) दोनों के समान है। इसलिए मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी की तरह ही आधुनिक आवर्त सारणी में भी उसका स्थान अनिश्चित है। लेकिन हाइड्रोजन को सामान्यतः समूह एक के शीर्ष पर दर्शाया जाता है।

प्रश्न

1. आधुनिक आवर्त नियम के अनुसार तत्वों के गुणधर्म किसके आवर्ती फलन होते हैं?
2. दूसरे आवर्त में तत्वों की संख्या कितनी होगी?
3. क्या आप विभिन्न तत्वों के समस्थानिकों का स्थान आवर्त सारणी में सुनिश्चित कर सकते हैं? स्पष्ट कीजिए।
4. आधुनिक आवर्त सारणी में आर्गान एवं पोटैशियम के स्थान कैसे निर्धारित किए गए हैं?
5. तीन तत्वों x, y एवं z की परमाणु संख्या क्रमशः 6, 10 एवं 18 है तो बताइए कि–
   (i) कौन से दो तत्व समान वर्ग के हैं? (ii) कौन से दो तत्व समान आवर्त के हैं?

4.8.2 तत्वों के आवर्ती गुण (Periodic properties of elements)

आवर्त नियम के अनुसार तत्वों को उनकी परमाणु संख्या के बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित करने पर तत्वों के गुणों में आवर्तिता (periodicity) पायी जाती है। बढ़ती हुई परमाणु संख्या के साथ इलेक्ट्रॉनिक विन्यास की पुनरावृत्ति ही गुणों की आवर्तिता का आधार है।

आवर्त सारणी में जब हम वर्ग में नीचे की ओर बढ़ते हैं तथा आवर्त में बाईं से दाईं ओर बढ़ते हैं तब, हमें तत्वों के भौतिक व रासायनिक गुणों में नियमित परिवर्तन मिलते हैं। आइए, हम कुछ आवर्ती गुणों का अध्ययन करें–

1. संयोजकता (Valency)

संयोजकता तत्वों का महत्वपूर्ण गुणधर्म है। इसे तत्व के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर समझा जा सकता है। किसी तत्व के बाह्यतम कोश में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या या अष्टक पूर्ण करने के लिए आवश्यक इलेक्ट्रॉनों की संख्या संयोजकता है। क्या अब आप बता सकते हैं कि समूह में नीचे की ओर तथा आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर संयोजकता किस प्रकार से परिवर्तित होती है? आइए, इसे सारणी–4 में दिए गए दूसरे आवर्त के तत्वों तथा उनके हाइड्राइड के द्वारा समझें।

सारणी–4 : दूसरे आवर्त के तत्वों की संयोजकता में आवर्तिता

तत्व	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
हाइड्राइड	LiH	BeH_2	BH_3	CH_4	NH_3	H_2O	HF	-
संयोजकता	1	2	3	4	3	2	1	0

आवर्त सारणी के दूसरे आवर्त में हाइड्रोजन के सापेक्ष तत्वों की संयोजकता एक से चार तक बढ़ती है और फिर शून्य तक घटती है।

प्रश्न

1. किसी तत्व के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास से आप संयोजकता की गणना कैसे करेंगे?
2. समूह में ऊपर से नीचे आने पर संयोजकता किस प्रकार परिवर्तित होती है?

2. परमाणु आकार (Atomic size)

अलग–अलग तत्वों के परमाणुओं का आकार भी अलग–अलग होता है। उनके आकारों की तुलना उनकी परमाणु त्रिज्याओं के मान के आधार पर की जाती है। परमाणु त्रिज्या (atomic radius) से तात्पर्य है परमाणु के नाभिक के केन्द्र से उसके बाह्यतम इलेक्ट्रॉनिक कोश के बीच की दूरी।

सारणी–5 में समूह 17 के तत्वों की परमाणु त्रिज्याएँ दी गई हैं। इन्हें बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित कीजिए और प्रश्नों का उत्तर दीजिए।

1. किस तत्व का परमाणु आकार सबसे बड़ा तथा किसका सबसे छोटा है?
2. समूह में ऊपर से नीचे जाने पर परमाणु आकार में क्या परिवर्तन होता है?

हम देखते हैं कि समूह में ऊपर से नीचे जाने पर परमाणु का आकार बढ़ता है। इसका कारण है कि नीचे जाने पर एक नया कोश जुड़ जाता है। इससे नाभिक और बाहरी कोश के बीच की दूरी बढ़ जाती है।

सारणी–5 : कुछ परमाणु त्रिज्याएँ

17 वें समूह के तत्व	परमाणु त्रिज्या (pm)
Br	114
F	64
I	133
Cl	99
At	144

सारणी–6 में तीसरे आवर्त के तत्वों की परमाणु त्रिज्याएँ दी गई हैं।

सारणी–6 : तीसरे आवर्त के तत्वों की परमाणु त्रिज्याएँ

तीसरे आवर्त के तत्व	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
परमाणु त्रिज्या (pm)	186	160	143	117	110	104	99

- आवर्त में बाईं ओर से दाईं ओर जाने पर परमाणु त्रिज्या किस प्रकार बदलती है?

हम देखते हैं कि आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर परमाणु त्रिज्या घटती है। नाभिक में आवेश बढ़ने से नाभिक इलेक्ट्रॉनों को ज्यादा आकर्षित करता है, जिससे परमाणु का आकार घटता जाता है।

3. धात्विक एवं अधात्विक गुणधर्म (Metallic and non-metallic properties)

अब तक 118 तत्वों की खोज की जा चुकी है। प्रत्येक तत्व के अपने कुछ लाक्षणिक गुण होते हैं। इन्हीं गुणों के आधार पर प्रारंभ में तत्वों को मुख्य रूप से दो भागों में बाँटा गया– धातु एवं अधातु।

सारणी–7 : द्वितीय आवर्त के तत्वों में धात्विक एवं अधात्विक गुणधर्म

द्वितीय आवर्त	Li	Be	B	C	N	O	F
परमाणु संख्या	3	4	5	6	7	8	9

सारणी–7 देखकर बताइए कि–

- कौन से तत्व धन आयन व कौन से तत्व ऋण आयन बनाते हैं?
- सारणी–7 में धातु एवं अधातु किस–किस ओर स्थित हैं?
- सारणी में बाईं ओर से दाईं ओर जाने पर धात्विक एवं अधात्विक गुणधर्म किस प्रकार परिवर्तित होते हैं?

हम जानते हैं कि जो तत्व इलेक्ट्रॉन त्यागकर धनायन बनाते हैं धातुएँ कहलाते हैं उदाहरण– लोहा, जिंक, सोडियम आदि। जो तत्व इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर ऋणायन बनाते हैं, वे अधातुएँ कहलाते हैं उदाहरण– ऑक्सीजन, क्लोरीन आदि। आइए, इसे अन्य उदाहरणों द्वारा समझें।

आधुनिक आवर्त सारणी में एक टेढ़ी–मेढ़ी रेखा धातुओं को अधातुओं से अलग करती है। इस रेखा पर आने वाले तत्व – बोरॉन, सिलिकन, जर्मेनियम, आर्सेनिक, ऐन्टिमनी, टेल्यूरियम एवं पोलोनियम – धातुओं एवं अधातुओं दोनों के गुणधर्म प्रदर्शित करते हैं, इन्हें अर्द्ध–धातु या उपधातु कहते हैं।

आवर्त सारणी का अवलोकन करने पर हमें ज्ञात होता है कि समूह में ऊपर से नीचे आने पर धात्विक गुणों में वृद्धि और अधात्विक गुणों में कमी होती है।

- सोचिए, क्या आवर्त में भी इन गुणों में परिवर्तन होता है ?

4. आयनन ऊर्जा/आयनन विभव (Ionisation energy/Ionisation potential)

गैसीय अवस्था में किसी विलगित परमाणु के सबसे दुबर्लता से बंधे इलेक्ट्रॉन को बाहर निकालने के लिए जितनी ऊर्जा की आवश्यकता होती है उसे आयनन ऊर्जा/आयनन विभव कहते हैं। विलगित परमाणु प्राप्त करने के लिए ठोस तथा द्रव तत्वों को गैस में परिवर्तित किया जाता है एवं यदि तत्व अणु रूप में हो तो उसे पहले परमाणु के रूप में वियोजित किया जाता है। आयनन ऊर्जा की इकाई इलेक्ट्रॉन वोल्ट (eV) होती है।

आइए, प्रथम समूह के तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को देखें–

सारणी–8 : प्रथम समूह के तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

तत्व	परमाणु संख्या	इलेक्ट्रॉनिक विन्यास
H	1	1
Li	3	2,1
Na	11	2,8,1
K	19	2,8,8,1

हाइड्रोजन से पोटैशियम की ओर जाने पर इलेक्ट्रॉनों की संख्या बढ़ने के साथ–साथ कक्षाओं की संख्या भी बढ़ती जाती है इसलिए नाभिक की अंतिम इलेक्ट्रॉन से दूरी बढ़ जाती है। जिसके कारण बाहरी कोश से इलेक्ट्रॉन को निकालने के लिए कम ऊर्जा की आवश्यकता होती है। अतः वर्ग में ऊपर से नीचे आने पर आयनन ऊर्जा का मान कम होता जाता है।

आइए, अब हम द्वितीय आवर्त को देखते हैं –

सारणी–9 : द्वितीय आवर्त के तत्वों की आयनन ऊर्जा

तत्व	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
आयनन ऊर्जा (eV)	5.6	9.9	8.3	11.3	14.5	13.6	17.4	21.6

लिथियम से निऑन की तरफ बढ़ते हुए क्या कक्षों की संख्या में कोई परिवर्तन होता है? हम देखते हैं कि सभी में कक्षाओं की संख्या दो (K और L) ही है लेकिन परमाणु संख्या बढ़ती जाती है जिस कारण नाभिकीय आवेश में वृद्धि होती है। अतः इलेक्ट्रॉनों पर नाभिकीय आकर्षण बढ़ जाने के कारण बाहरी कोश के इलेक्ट्रॉनों को निकालने के लिए अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है। इसलिए आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर प्रायः आयनन ऊर्जा का मान बढ़ता जाता है।

प्रश्न

1. किसी वर्ग (समूह) में आयनन ऊर्जा किस प्रकार परिवर्तित होती है?
2. एक ही आवर्त के तत्वों की आयनन ऊर्जा में किस प्रकार परिवर्तन होता है? उसका कारण समझाइए।

5. इलेक्ट्रॉन बंधुता (Electron affinity)

हम जानते हैं कि धातुएँ इलेक्ट्रॉन त्यागकर धन आयन बनाती हैं। समूह 1 व 2 के तत्वों के बाहरी कोश में 1 व 2 इलेक्ट्रॉन होते हैं, ये इलेक्ट्रॉन त्यागकर एक संयोजी (+1) व द्विसंयोजी (+2) आयन बनाते हैं। ये सभी तत्व आवर्त सारणी में बाईं ओर स्थित हैं।

आवर्त सारणी के दाईं ओर अधातुएँ होती हैं, ये इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर ऋण आयन बनाती हैं। परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन को जोड़ने से बने हुए आयन पर एक ऋण आवेश आता है तथा ऊर्जा निकलती है, निकली हुई यह ऊर्जा इलेक्ट्रॉन बंधुता कहलाती है।

सामान्यतः किसी आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर इलेक्ट्रॉन बन्धुता का मान बढ़ता है और किसी वर्ग में ऊपर से नीचे आने पर इसका मान कम होता है।

6. विद्युत ऋणता (Electronegativity)

यदि दो अलग–अलग प्रकार के परमाणुओं के बीच एक सहसंयोजक बंध हो तो किसी एक परमाणु की साझे के इलेक्ट्रॉन युग्म को अपनी ओर आकर्षित करने की प्रवृत्ति दूसरे परमाणु की इस प्रवृत्ति से अधिक होती है। जैसे– HCl अणु में साझे का एक इलेक्ट्रॉन युग्म है। इसमें क्लोरीन परमाणु, हाइड्रोजन परमाणु की अपेक्षा साझे के इलेक्ट्रॉन युग्म को अधिक आकर्षित करता है। इसलिए इलेक्ट्रॉन युग्म क्लोरीन के अधिक निकट रहता है। वह परमाणु जो साझे के इस इलेक्ट्रॉन युग्म को अपनी ओर आकर्षित करता है अधिक ऋणविद्युती कहलाता है और वह आंशिक ऋणावेशित हो जाता है।

अतः किसी यौगिक के अणु में उसके किसी परमाणु द्वारा साझे के इलेक्ट्रॉन युग्म को अपनी ओर आकर्षित करने (और इस प्रकार आंशिक ऋणावेशित हो जाने) की प्रवृत्ति को विद्युत ऋणता कहते हैं।

सामान्यतः किसी आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर विद्युत ऋणता बढ़ती है और किसी वर्ग में नीचे आने पर इसका मान कम होता है।

इलेक्ट्रॉन बन्धुता और विद्युत ऋणता एक दूसरे से भिन्न हैं। विद्युत ऋणता सहसंयोजक बंध से जुड़े दो परमाणुओं के साझे के इलेक्ट्रॉन युग्म को किसी एक परमाणु द्वारा आकर्षित करने का गुण है। अतः यह सापेक्ष संख्या है तथा इसकी कोई इकाई नहीं होती, जबकि इलेक्ट्रॉन बन्धुता स्वतंत्र गैसीय परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन जोड़ने पर मुक्त ऊर्जा है जिसकी इकाई eV है।

प्रश्न

1. इलेक्ट्रॉन बंधुता किस प्रकार विद्युत ऋणता से भिन्न है?
2. किस वर्ग के तत्वों की इलेक्ट्रॉन बंधुता सर्वाधिक होती है?

हमने सीखा

- तत्वों का वर्गीकरण उनके समान गुणधर्मों के आधार पर किया गया है।
- तत्वों के वर्गीकरण के प्रयास डाल्टन के परमाणु सिद्धांत (1808) से पूर्व ही प्रारंभ हो गए थे किन्तु उनके परमाणु सिद्धांत ने वैज्ञानिकों को एक नई दिशा दी कि तत्व के परमाणु भार तथा गुण में संबंध होता है।
- डॉबेराइनर ने समान गुणों वाले तीन–तीन तत्वों की त्रिक बनाकर वर्गीकरण किया।
- न्यूलैंड्स ने तत्वों का वर्गीकरण कर अष्टक सिद्धांत दिया तथा उसकी तुलना संगीत के सुरों से की।
- लोथर मेयर ने तत्वों के गुणधर्मों के लिए आवर्ती शब्द का उपयोग कर मेन्डेलीफ को एक दिशा दी जिससे मेन्डेलीफ को आवर्त सारणी बनाने में सहायता मिली।
- मेन्डेलीफ ने तत्वों को उनके परमाणु भार के बढ़ते हुए क्रम में वर्गीकृत किया।
- मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में छोड़े गए रिक्त स्थानों से भविष्य में नए तत्वों की खोज करने में सहायता मिली।
- मोसले ने परमाणु संख्या पर आधारित आधुनिक आवर्त नियम दिया।
- आधुनिक आवर्त सारणी में 18 समूह (वर्ग) व 7 आवर्त हैं जिसमें 118 तत्वों को इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर व्यवस्थित किया गया है।
- समूह तथा आवर्त में तत्वों के विभिन्न गुण जैसे–संयोजकता, परमाणु आकार, धात्विक व अधात्विक गुण, आयनन ऊर्जा, इलेक्ट्रॉन बंधुता एवं विद्युत ऋणता में क्रमिक परिवर्तन होता है।
- तत्वों के गुणों में आवर्तिता तत्व के बाह्य कक्ष में इलेक्ट्रॉनिक विन्यास की पुनरावृत्ति के कारण होती है।

मुख्य बिन्दु (Keywords)

त्रिक नियम, अष्टक नियम, आवर्ती फलन, आवर्तिता, परमाणु आकार, परमाणु त्रिज्या, आयनन विभव, इलेक्ट्रॉन बंधुता, विद्युत ऋणता।

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनिए–

(i) किस तत्व का आवर्त सारणी में स्थान निश्चित नहीं है–

(अ) सोडियम (ब) क्लोरीन (स) हीलियम (द) हाइड्रोजन

(ii) मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में तत्वों को व्यवस्थित किया गया है–

(अ) अणुभार के वृद्धि क्रम में (ब) परमाणु भार के वृद्धि क्रम में

(स) परमाणु संख्या के वृद्धि क्रम में (द) परमाणु त्रिज्या के वृद्धि क्रम में

(iii) आधुनिक आवर्त नियम प्रतिपादित किया–

(अ) न्यूलैंड्स ने (ब) मोसले ने

(स) मेन्डेलीफ ने (द) डॉबेराइनर ने

(iv) समूह में ऊपर से नीचे आने पर धात्विक गुण–

(अ) न तो बढ़ता है और न ही घटता है (ब) घटता है

(स) बढ़ता है (द) पहले बढ़ता है फिर घटता है।

(v) Na, Li, K के आकार का बढ़ता हुआ क्रम होगा–

(अ) $Li < Na < K$ (ब) $K < Na < Li$

(स) $Na < Li < K$ (द) इनमें से कोई नहीं

2. एक ही वर्ग में उपस्थित तत्वों के रासायनिक गुणधर्म समान होते हैं, क्यों?

3. हाइड्रोजन को किस समूह तथा किस आवर्त में रखना चाहिए? तर्क दीजिए।

4. निम्नलिखित जोड़ों में से उस तत्व को चुनिए जिसका आकार बड़ा है तथा उसका कारण भी लिखिए।

(i) Mg (परमाणु संख्या 12) या Cl (परमाणु संख्या 17)

(ii) Na (परमाणु संख्या 11) या K (परमाणु संख्या 19)

5. तीन तत्वों A, B एवं C की परमाणु संख्या क्रमशः 3, 9 एवं 11 है। कारण सहित व्याख्या कीजिए कि किन दो तत्वों के रासायनिक गुण समान होंगे।

6. तीन तत्वों की परमाणु संख्या क्रमशः 5, 7 एवं 10 है बताइए कि–

(i) कौन सा तत्व वर्ग 18 का है?

(ii) कौन सा तत्व वर्ग 15 का है?

(iii) कौन सा तत्व वर्ग 13 का है?

ये सभी तत्व किस आवर्त के हैं?

7. किसी त्रिक के तीन तत्व 'A', 'B' एवं 'C' में 'A' का परमाणु भार 7 एवं C का परमाणु भार 39 है तो डोबेराइनर त्रिक नियम के अनुसार तत्व 'B' का परमाणु भार क्या होगा?

8. आवर्त सारणी का एक भाग दिया गया है–

Li	Be	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl

यदि हम बाएँ से दाएँ क्षैतिज रूप से चलते हैं तो–

(i) तत्वों के धात्विक गुणों में क्या परिवर्तन होगा?

(ii) विद्युतऋणता में क्या परिवर्तन होगा?

(iii) आयनन ऊर्जा में क्या परिवर्तन होगा?

9. मेन्डेलीफ ने अपनी आवर्त सारणी में रिक्त स्थान क्यों छोड़े थे? अपने उत्तर की व्याख्या एक उदाहरण द्वारा कीजिए।

10. क्या डॉबेराइनर के त्रिक, न्यूलैंड्स के अष्टक स्तंभ में भी पाए जाते हैं? तुलना कर लिखिए।

11. आधुनिक आवर्त सारणी में समूह में ऊपर से नीचे जाने पर और बाएँ से दाएँ जाने पर निम्नलिखित गुणों में किस प्रकार परिवर्तन होता है? संयोजकता, परमाणु आकार, आयनन विभव, विद्युत ऋणता।

12. एक तत्व B का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2, 8, 7 है तथा वह तत्व A के साथ अभिक्रिया कर AB_2 प्रकार का आयनिक यौगिक बनाता है, तत्व A की संयोजकता क्या होगी?

13. आधुनिक आवर्त सारणी एवं मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में तत्वों की व्यवस्था की तुलना कीजिए।