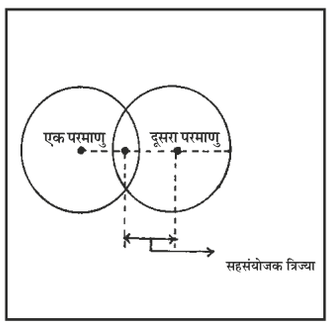
अध्याय -9

तत्वों की आवर्त सारणी



हम पढ़ेंगे

9.1 तत्वों के वर्गीकरण का संक्षिप्त इतिहास

9.2 आवर्त सारणी

9.3 मैंण्डलीफ की आवर्त सारणी

9.4 आधुनिक आवर्त सारणी (18 कालम वाली)

9.5 तत्वों के आवर्ती गुण

9.6 परमाणु आकार

9.7 आयनिक त्रिज्या

9.8 आयनन उर्जा

9.9 इलेक्ट्रॉन बंधुता

9.10 धात्विक एवं अधात्विक गुण

तत्वों के वर्गीकरण की चर्चा करने से पहले यह आवश्यक है कि हम अपने दैनिक जीवन के कुछ क्रियाकलापों पर दृष्टि डाले। कल्पना कीजिए आपको किराने का सामान लाने के लिए एक ऐसी दुकान पर भेजा गया जहाँ सारी सामग्री (साबुन, तेल, गुड़, घी, शक्कर, नमक आदि) एक साथ एक ही जगह पर ढेर रूप में रखे गए है, आपने दुकानदार से जब एक साबुन माँगा तो उसे ढूँढने में और आपको खरीदने में ज्यादा समय लगा। इससे परेशान हो आप अगली बार उस दुकान को छोड़कर दूसरी दुकान पर गए, जहाँ वो सभी वस्तुएँ अलग-अलग अलमारी मे क्रमबद्ध तरीके से रखी गई थी, उसने तुरंत आपके द्वारा मांगा गया साबुन या अन्य सामग्री दी और आप बहुत कम समय में ही खरीददारी कर घर लौट आए। आपने अनुभव किया कि इस दुकान में सामान क्रमबद्ध तरीके से रखे होने से आपकी और दुकानदार की कितनी कठिनाईयाँ दूर हो गई और इसने खरीदने एवं बेचने की प्रक्रिया को सुगम बना दिया।

इसी प्रकार आज जब पुस्तकालय में जाते हैं तब आपके द्वारा चाही गई किसी भी विषय की पुस्तक ढूँढने में आपको समय नहीं लगता क्योंकि वहाँ पर भी अलग-अलग अलमारियों में अलग-अलग विषय की पुस्तके सरल क्रमांक अंकित करके जमी होती हैं। कल्पना कीजिए यदि आपको पुस्तकालय में किताब जमी हुई न मिलकर एक साथ एक ढेर के रूप में टेबल पर रखी मिलतीं तब क्या आप इतनी सरलता से किताब ढूँढ पाते। नहीं। निश्चित ही आपको अत्यधिक असुविधा होती।

ऐसे ही कई उदाहरण आप अपने आस पास देख सकते हैं। इन्ही उदाहरणों के समान यदि आपको तत्वों के गुणों को याद करना हैं तब आप भी इन्हें क्रमबद्ध तरीके से जमाने की बात करेंगे और आसान तरीका ढूंढने का प्रयास करेंगे ठीक उसी प्रकार जैसा प्रयास रसायनज्ञों ने सन् 1815 से किया। उस समय भी रसायनज्ञों ने देखा कि नए तत्वों की निरंतर खोज के कारण तत्वों की संख्या इतनी अधिक हो गई कि इन सब तत्वों के गुणों को अलग-अलग समझना व याद रखना अत्यधिक कठिन है, इसलिए उन्होंने तत्वों के वर्गीकरण का प्रयास किया प्रकृति में अब तक 115 से अधिक तत्वों की खोज हो चुकी है। तत्वों को सबसे पहले धातु एवं अधातु के रूप में वर्गीकृत किया गया था। अभी तक इस दिशा में निम्न वैज्ञानिकों के प्रयास उल्लेखनीय रहे-

तत्वों के वर्गीकरण का इतिहास

1. प्राउट की परिकल्पना –1815
2. डोबेराइनर का त्रिक–1829
3. न्यूलैण्ड का अष्टम नियम – 1863
4. लोथर मेयर वक्र– 1869
5. मैण्डलीफ की आवर्त सारणी – 1869
6. मोसले का आधुनिक आवर्त नियम – 1913
7. आधुनिक आवर्त सारणी (18 कालम वाली)

9.1 तत्वों के वर्गीकरण का संक्षिप्त इतिहास

1. प्राउट की परिकल्पना – सन 1815 में प्राउट ने यह विचार प्रस्तुत किया कि सभी तत्वों के परमाणु भार हाइड्रोजन परमाणु के परमाणु भार के सरल गुणक होते है अत: परमाणु भार के आधार पर तत्व एक दूसरे से संबंधित हैं, परन्तु क्लोरीन जैसे परमाणु जिनके परमाणु द्रव्यमान (35.5) पूर्णांक में नहीं हैं के कारण यह विचार असफल रहा।

2. डोबेराइनर का त्रिक – सन 1829 में डोबेराइनर ने समान गुण वाले तत्वों को तीन-तीन के ऐसे समूह में व्यवस्थित किया कि बीच के तत्व का परमाणु द्रव्यमान पहले और तीसरे तत्व के परमाणु द्रव्यमानो का लगभग औसत था। इन समूहों को डोबेराइनर का त्रिक कहते है। जैसे–

उदाहरण : तत्व –	Li,	Na	K,
परमाणु द्रव्यमान	7	23	39

पहले एवं तीसरे तत्व के परमाणु द्रव्यमान का औसत $\frac{7+39}{2}=\frac{46}{2}=23$

दोष – केवल कुछ ही तत्वों को ऐसे त्रिकों में व्यवस्थित किया जा सका। सभी तत्वों को इस प्रकार व्यक्त करना असंभव था अत: यह नियम व्यापक नहीं है। लेकिन इस तथ्य ने यह बात स्पष्ट की कि तत्वों के गुणों का संबंध उनके परमाणु भारो से अवश्य है।

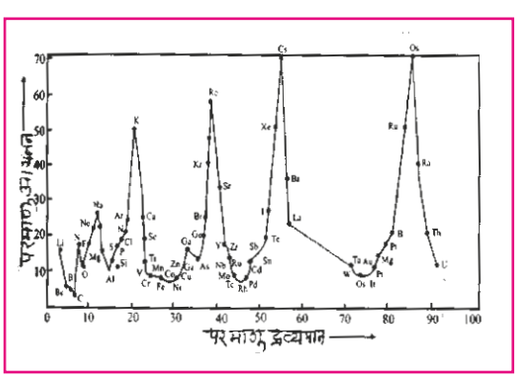
3. न्यूलैण्ड का अष्टक नियम–सन 1863 में न्यूलैंड ने तत्वों को उनके बढ़ते परमाणु भारो के अनुसार व्यवस्थित किया और पाया कि प्रत्येक आठवाँ तत्व पहले तत्व के गुणों से समानता रखता है ठीक उसी प्रकार जिस प्रकार संगीत के सात स्वरों में हर आंठवा स्वर पहले से मिलता है। इसे ही न्यूलैण्ड का अष्टक नियम कहते है जैसे–

सा	रे	ग	म	प	ध	नि
Li	Be	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl

दोष– यह नियम भारी तत्वों के लिए लागू नहीं हुआ। उत्कृष्ट गैसों (अक्रिय गैसों) He Ne Ar Kr.....) को आवर्त सारणी में जमाने से अष्टक का क्रम बिगड़ जाता है।

4.लोथर मेयर वक्र– सन 1869 में लोथर मेयर ने तत्वों के परमाणु भार तथा परमाणु आयतन के मध्य ग्राफ खींचा एवं निम्न निष्कर्ष निकाले

1. समान गुण वाले तत्व वक्र में समान स्थानों पर हैं।
2. क्षार धातुएं (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) वक्र के उच्चतम शिखर पर उपस्थित होती हैं।
3. हैलोजन (F, Cl, Br, I) वक्र के बढ़ते क्रम पर स्थित होते हैं।
4. क्षारीय मृदा धातुएँ (Mg, Ca, Sr, Ba, Ra) वक्र के घटते क्रम वाले स्थान पर होते हैं।



इन प्रश्नों के उत्तर स्वयं खोजिए

प्रश्न 1. डोबेराइनर के वर्गीकरण का आधार क्या था?

प्रश्न 2. न्यूलैंड के अष्टक नियम का उल्लेख करो?

प्रश्न 3. लोथर मेंयर वक्र को चित्र बनाकर समझाइएँ?

प्रश्न 4. X और Y दो तत्व हैं, जिनके रासायनिक गुण समान है तथा न्यूलैंड के अष्टक नियम का पालन करते हैं बताइए X तथा Y के बीच कितने तत्व होंगे?

9.2 आवर्त सारणी

आवर्त सारणी तत्वों को वगीकृत करने हेतु तैयार किया गया ऐसा चार्ट है जिसमें सभी तत्वों को क्रमबद्ध तरीके से उर्ध्वाधर एवं क्षैतिज खानों में इस प्रकार व्यवस्थित किया गया है कि निश्चित अंतराल के पश्चात तत्वों के गुणों की पुनरावृति होती है तथा समान गुण वाले तत्व एक के नीचे एक उर्ध्वाधर खानों में रखे जाते है। इन उर्ध्वाधर खानों को वर्ग एवं क्षैतिज खानों को आवर्त कहा जाता है।

चूँकि गुणों की निश्चित अंतराल के बाद पुनरावृति का गुण आवर्तिता कहलाता है तत्वों का यह वर्गीकरण टेबल या सारणी के रूप में किया गया इसलिए इस चार्ट को आवर्त सारणी नाम दिया गया।

9. 3 मैंडलीफ की आवर्त सारणी का विवरण

तत्वों के वर्गीकरण के संबंध में मैंडलीफ का कार्य अति महत्वपूर्ण है। मैंडलीफ ने परमाणु द्रव्यमान को आधार मानते हुए तत्वों को वर्गीकृत किया और बढते हुए परमाणु द्रव्यमान के क्रम में तत्वों को जमाया। उन्होंने देखा कि एक निश्चित अंतराल के बाद समान गुण वाले तत्व पुन: आ जाते है। इस आधार पर मैण्डलीफ ने एक नियम दिया जो निम्न है – **''तत्वों के भौतिक और रासायनिक गुण उनके परमाणु द्रव्यमान के आवर्ती फलन होते हैं''**। फिर अध्ययनों के आधार पर तत्वों की आवर्त सारणी दी।

मैंडलीफ की आवर्त सारणी में 7 क्षैतिज खाने होते हैं जिन्हें आवर्त (Period) कहते हैं तथा 9 उर्ध्वाधर खाने होते हैं जिन्हें समूह या वर्ग (Group) कहते हैं।

वर्ग :- 1. मैण्डलीफ की मूल आवर्त सारणी में केवल आठ ही वर्ग उपस्थित थे तथा अंतिम शून्य वर्ग जो कि अक्रिय गैसों से संबंधित है, बाद में जोड़ा गया क्योंकि उस समय निष्क्रिय गैसें ज्ञात नहीं थी।

2. इस प्रकार 1 से 8 तक वर्गों को एवं शून्य वर्गों को मिलाकर कुल 9 उर्ध्वाधर खाने हैं।

3. 1 से 7 तक के वर्गो को दो-दो उपवर्गो में बाँटा गया हैं जिन्हे A व B उपसमूह कहा गया।

4. आठवें वर्ग में तीन-तीन तत्वों को तीन आवर्तो में अलग-अलग एक साथ रखा जिन्हें संक्रमण त्रिक (Transition Triplet) कहते हैं।

आवर्त :1. मैंडलीफ की आवर्त सारणी में 7 आवर्त हैं।

2. पहले आवर्त में दो तत्व है इसे अति लघु आवर्त (Very Short Period) कहते हैं।

3. दूसरे और तीसरे आवर्त में आठ-आठ तत्व हैं इन्हें लघु आवर्त (Short Period) कहते है।

4. चौथे और पाँचवे आवर्त में अट्ठारह-अट्ठारह तत्व हैं इन्हें दीर्घ आवर्त (Long Period) कहते है।
5. छठे आवर्त में 32 तत्व हैं, यद्यपि सारणी में 18 तत्व ही दिखाई दे रहे हैं परन्तु लैंथेनाइड श्रेणी के 14 तत्व परमाणु क्रमांक 58 से 71 तक वस्तुत: इसी आवर्त के सदस्य हैं परन्तु इन्हें अलग से नीचे रखा गया है। अत: इसे अतिदीर्घ आवर्त कहते है।
6. सातवें आवर्त में 24 तत्व हैं, सारणी में 10 तत्व दिखाई दे रहे हैं परन्तु एक्टिनाइड श्रेणी के 14 तत्व भी इसी आवर्त के सदस्य हैं परन्तु उन्हे भी लैंथेनाइड के साथ नीचे रखा गया है। इसके अतिरिक्त भविष्य में खोजे जाने वाले तत्वों के लिए कई स्थान रिक्त छोड़े, इसलिए यह आवर्त अपूर्ण आवर्त कहलाता हैं।

तालिका क्रमांक-1

वर्ग / आवर्त	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			0
	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B				
1	1.008 H 1						(H)				4.008 He 2
2	6.940 Li 3	9.013 Be 4	10.82 B 5	12.001 C 6	14.003 N 7	16 O 8	19.00 F 9				20.183 Ne 10
3	22.991 Na 11	24.32 Mg 12	26.98 Al 13	28.09 Si 14	30.975 P 15	32.0066 S 16	35.457 Cl 17				39.944 Ar 18
4	39.100 K 19	40.08 Ca 20	44.96 Sc 21	47.90 Ti 22	50.95 V 23	52.01 Cr 24	54.94 Mn 25	55.85 Fe 26	58.94 Co 27	58.69 Ni 28	
	63.54 Cu 29	65.38 Zn 30	69.72 Ga 31	72.60 Ge 32	74.91 As 33	78.96 Se 34	79.91 Br 35				83.80 Kr 36
5	85.48 Rb 37	87.63 Sr 38	88.92 Y 39	91.22 Zr 40	92.91 Nb 41	95.95 Mo 42	[99] Tc 43	101.1 Ru 44	102.91 Rh 45	106.4 Pd 46	
	107.880 Ag 47	112.41 Cd 48	114.46 In 49	118.70 Sn 50	121.76 Sb 51	127.61 Te 52	126.91 I 53				131.3 Xe 54
6	132.91 Cs 55	137.36 Ba 56	138.9 La* 57	178.6 Hf 72	180.95 Ta 73	83.92 W 74	186.31 Re 75	190.2 Os 76	192.2 Ir 77	195.23 Pt 78	
	197.0 Au 79	200.61 Hg 80	204.39 Tl 81	207.21 Pb 82	209.00 Bi 83	210 Po 84	[210] At 85				222 Rn 86
7	[223] Fr 87	226.05 Ra 88	227 Ac** 89	261 Rf 104	262 Db 105	263 Sg 106	262 Bh 107	264 Hs 108	266 Mt 109	269 Uun 110	

* लैंथेनाइड श्रेणी (14 तत्व) (परमाणु क्रमांक 58 से 71 तक)

** एक्टिनाइड श्रेणी (14 तत्व) (परमाणु क्रमांक 90 से 103 तक)

मैण्डलीफ की आवर्त सारणी की उपयोगिता

1. तत्वों के सामान्य अध्ययन में यह सारणी सहायक है।
2. नए तत्वों की खोज में सहायक- मैण्डलीफ की आवर्त सारणी में अनेक रिक्त स्थान छोड़े गए थे ये स्थान ऐसे तत्वों के लिए थे जिनकी खोज उस समय तक नहीं हो पाई थी। उनमें से तीन रिक्त स्थानों के लिए मैण्डलीफ ने पडोसी तत्वों के सामान्य गुणों का अध्ययन करके भविष्य में खोजे जाने वाले तत्वों के बारे में भविष्यवाणी भी की। जब नए तत्वों को खोजा गया तो मैण्डलीफ द्वारा सम्भावित गुण तथा वास्तविक गुणों में समानता पाई गई।
3. यह सारणी तत्वों के परमाणु द्रव्यमान ज्ञात करने में तथा उनके तत्वों के परमाणु द्रव्यमानों के संशोधन में सहायक हैं।

मैण्डलीफ की आवर्त सारणी के दोष

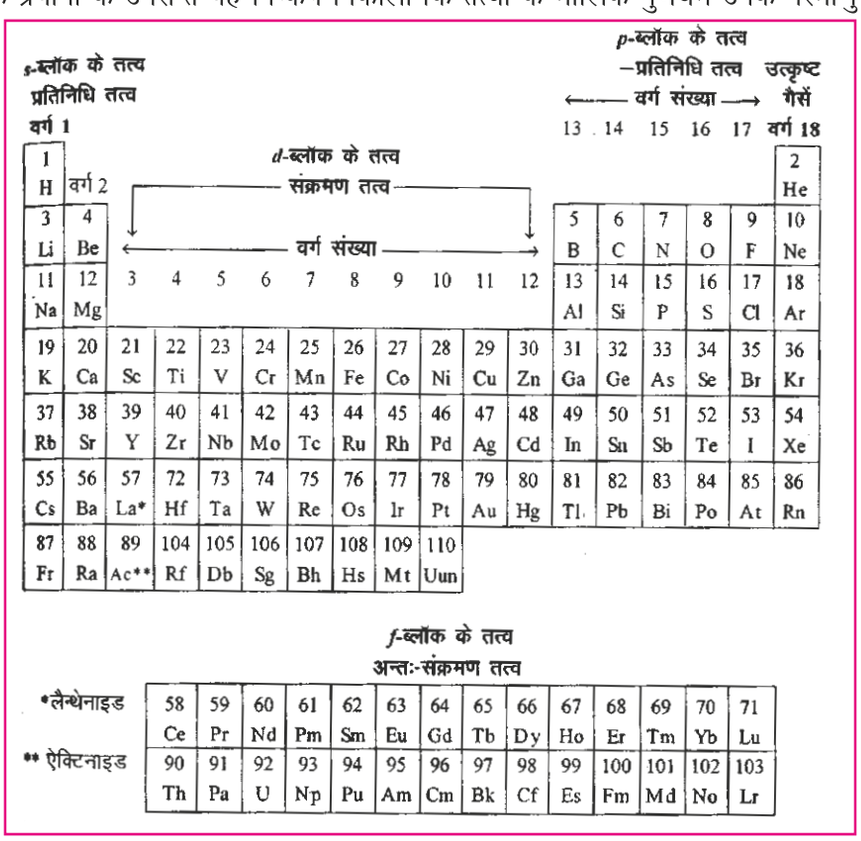
1. **हाइड्रोजन की स्थिति** - हाइड्रोजन पहले और सातवें वर्ग के तत्वों से गुणों में समानता प्रदर्शित करता हैं इस आधार पर हाइड्रोजन को पहले और सातवे वर्ग में रखा जाना चाहिए लेकिन यह न्याय संगत नहीं अत: इसका स्थान विवादस्पद है।

2. **समान गुण वाले तत्वों की स्थिति** – समान गुण वाले तत्वों को अलग अलग वर्ग में रखा गया है जैसे तांबे और पारे में समानता होने के बावजूद उन्हे क्रमशः प्रथम और द्वितीय वर्ग में अलग–अलग रखा गया।
3. **असमान गुण वाले तत्वों की स्थिति** – असमान गुण वाले तत्वों को एक ही वर्ग में रखा गया हैं जैसे सिक्का धातुओं (Cu, Ag, Au) को क्षार धातुओं (Li, Na, K, Rb, Cs) के साथ रखा गया।
4. **परमाणु द्रव्यमानों का क्रम नहीं** – कुछ स्थानों पर अधिक परमाणु भार वाले तत्वों को कम परमाणु भार वाले तत्वों से पहले रख दिया गया। जैसे आर्गन (परमाणु द्रव्यमान 39.948) को पोटेशियम (परमाणु द्रव्यमान 39.102) से पहले रखा गया।
5. **समस्थानिकों का स्थान**– एक ही तत्व के सभी समस्थानिकों को एक ही वर्ग में माना गया जबकि इनके परमाणु भार (द्रव्यमान) अलग–अलग है। अर्थात समस्थानिकों का स्थान उपयुक्त नहीं।
6. **आठवें वर्ग के तत्वों का स्थान** – आठवें वर्ग के तत्वों का स्थान उपयुक्त नहीं था क्योकि इसमें तीन–तीन तत्व एक साथ तीन–तीन अलग आवर्तो में रखे गए है।
7. **दुर्लभ मृदा तत्वों का स्थान** – लैंथेनाइड और एक्टिनाइड जो दुर्लभ मृदा तत्व कहलाते हैं, उनकों आवर्त सारणी में उचित स्थान नहीं मिला। अर्थात् उन्हें आवर्त सारणी के नीचे रखा गया।

इस प्रकार मैण्डलीफ की आवर्त सारणी में कुछ कमियां थी जिन्हें आधुनिक आवर्त सारणी में दूर करने का प्रयास किया गया।

9.4 आधुनिक आवर्त नियम व आधुनिक आवर्त सारणी (Modern Periodic law and Modern Periodic table)

मोसले ने 1913 में अनेक प्रयोगों के उपरान्त यह निष्कर्ष निकाला कि तत्वों के मौलिक गुणधर्म उनके परमाणु द्रव्यमानों पर आधारित न होकर उनकी परमाणु संख्या पर आधारित होते है। फलस्वरूप तत्वों के वर्गीकरण का आधार परमाणु द्रव्यमान न होकर परमाणु संख्या होना चाहिए। इस प्रकार मोसले ने नया आवर्त नियम दिया। जिसे आधुनिक आवर्त नियम कहते हैं। जिसके अनुसार – **''तत्वों के भौतिक एवं रासायनिक गुण उनके परमाणु क्रमांक के आवर्ती फलन होते है''**। इस आधुनिक आवर्त नियम के आधार पर बोर बरी द्वारा नई आवर्ती सारणी तैयार की गई जिसे आवर्त सारणी का दीर्घ रूप कहते हैं।



आधुनिक या दीर्घ रूप आवर्त सारणी की विशेषताएं – इस आवर्त सारणी में 18 उर्ध्वाधर स्तंभ है जिन्हे समूह (Group) कहते हैं मैण्डलीफ की आवर्त सारणी के उपवर्गो को अलग करके पूर्ण वर्ग रूप में माना गया इसमें क्षैतिज कतारे होती है जिनको आवर्त (Period) कहते हैं। आठवें वर्ग को तीन भागों में बॉटा गया तथा शून्य समूह को उसी तरह रहने दिया गया।

आवर्तों के गुण – इस आवर्त सारणी के कुल 7 आवर्तो का विवरण इस प्रकार है –

प्रथम आवर्त	**कुल 2 तत्व**	**अति लघु आवर्त**	**इलेक्ट्रॉन मुख्य कोश n -1 में प्रवेश करता है**
द्वितीय आवर्त	**कुल 8 तत्व**	**लघु आवर्त**	**इलेक्ट्रॉन मुख्य कोश n -2 में प्रवेश करता है**
तृतीय आवर्त	**कुल 8 तत्व**	**लघु आवर्त**	**इलेक्ट्रॉन मुख्य कोश n -3 में प्रवेश करता है**
चतुर्थ आवर्त	**कुल 18 तत्व**	**दीर्घ आवर्त**	**इलेक्ट्रॉन मुख्य कोश n -4 में प्रवेश करता है**
पंचम आवर्त	**कुल 18 तत्व**	**दीर्घ आवर्त**	**इलेक्ट्रॉन मुख्य कोश n -5 में प्रवेश करता है**
षष्ठम आवर्त	**कुल 32 तत्व**	**अति दीर्घ आवर्त**	**इलेक्ट्रॉन मुख्य कोश n -6 में प्रवेश करता है**
सप्तम आवर्त	**कुल 24 तत्व**	**अपूर्ण आवर्त**	**इलेक्ट्रॉन मुख्य कोश n -7 में प्रवेश करता है**

पहले आवर्त को छोडकर शेष आवर्त क्षार धातु से प्रारंभ होकर उत्कृष्ट गैसों पर समाप्त होते हैं।उपरोक्त तालिका से स्पष्ट है कि प्रथम से सातवे आवर्त तक प्रत्येक आवर्त में एक–एक कोश (n= 1, 2, 3, 4, 5,.....) बढ़ता जाता है।

वर्ग या समूह के गुण – किसी एक समूह में सभी तत्वों के बाह्यतम कोश के इलेक्ट्रानों की संख्या समान होती हैं बाह्यतम कोश के इलेक्ट्रानों को ही संयोजी इलेक्ट्रॉन कहते हैं। संयोजी इलेक्ट्रानों की संख्या समान होने के कारण ही एक समूह के सभी तत्वों के मुख्य गुणधर्म समान होते हैं। अंतिम कोश में उपस्थित इलेक्ट्रानों के आर्बिटल में स्थान के आधार पर तत्वों को चार ब्लाक एस,पी,डी और एफ (s,p, d & f) में वर्गीकृत किया जा सकता हैं।

- **प्रथम एवं द्वितीय समूह (वर्ग संख्या या 1 और 2) के तत्वों को एस ब्लॉक (s-Block) तत्व कहते है।**
- **समूह 13 से 18 तक के तत्वों को पी ब्लॉक (p-Block) तत्व कहते हैं।**
- **समूह 3 से 12 तक के तत्वों को डी ब्लॉक (d- Block) तत्व कहते हैं।**
- **आवर्ती सारणी के नीचे अलग से दो पंक्तियों में रखे तत्वों को लैन्थेनाइड एवं एक्टिनाइड के रूप में एफ ब्लॉक (f-block) तत्व कहते हैं।**

महत्वपूर्ण तथ्य– किसी परमाणु की संरचना में इलेक्ट्रान विभिन्न कोश [n=1, 2, 3, 4 अथवा K, L, M, N आदि] में उपस्थित होते हैं। प्रत्येक कोश में उपकोश भी होते है जिन्हें एस, पी, डी, एफ (s, p, d, f) द्वारा दर्शाया जाता है। प्रथम कोश (n=1 या K) में एक उपकोश (s) होता है।

- s एवं p ब्लॉक के तत्वों को सम्मिलित रूप से सामान्य या (प्रारूपी) (Normal or Typical) तत्व या प्रतिनिधित्व तत्व (Representative elements) कहते हैं।
- d ब्लॉक के तत्वों को संक्रमण तत्व (Transitional Elements) कहते हैं।
- f ब्लॉक के तत्वों को अंत: संक्रमण तत्व (Inner Transitional elments) या दुर्लभ मृदा तत्व (Rare earth elements) कहते है।

समूह एक के तत्वों को क्षार धातुएं (Alkali metals) तथा समूह 2 के तत्वों को क्षारीय मृदा धातुएं (Alkaline earth metals) कहते हैं।

तत्वों के प्रकार उनके नाम तथा आवर्त सारणी में उनके स्थान को निम्न तालिका में दर्शाया गया है।

वर्ग	वर्ग	वर्ग
1 से 2	3..... से.....12	13..... से 18
s ब्लॉक तत्व	**d ब्लॉक तत्व**	**p ब्लॉक तत्व**
(प्रारूपी या प्रतिनिधि तत्व)	(संक्रमण तत्व)	(प्रारूपी तत्व या प्रतिनिधि तत्व)
समूह-1 क्षार धातुएँ		समूह 18 अक्रिय गैस तत्व या
समूह-2 क्षारीय मृदा धातुएँ		उत्कृष्ट गैसे

f ब्लॉक तत्व

लैन्थेनाइड-दुर्लभ मृदा तत्व - अंत: संक्रमण तत्व (14 तत्व)

एक्टिनाइड्स- रेडियोएक्टिव तत्व- (14 तत्व)

महत्वपूर्ण तथ्य:- यूरेनियम 92 के पश्चात् का कोई भी तत्व प्रकृति में स्वतंत्र रूप से नहीं पाया जाता है वरन् इन्हें कृत्रिम रूप से नाभिकीय क्रियाओं द्वारा बनाया जाता है, इनकी प्रकृति रेडियोएक्टिव होती है इन्हें परायूरेनियम तत्व (Transuranium elements) कहते है।

आधुनिक आवर्त सारणी (दीर्घ रूप) मे मैण्डलीफ की आवर्त सारणी की कमियों का निराकरण- मोसले द्वारा तत्वों को परमाणु क्रमांक के वर्गीकरण का आधार मानने के बाद आधुनिक आवर्त सारणी दी गई, जिसमें मैंडलीफ आवर्त सारणी की अधिकांश कमियां दूर हो गई।

1. भारी तत्वों को हल्के तत्वों से पहले रखने वाली विसंगति स्वत: दूर हो गई।
2. समस्थानिकों का परमाणु क्रमांक एक ही होता है इसलिए उनके अलग-अलग स्थान की समस्या स्वयं समाप्त हो गई।
3. अक्रिय गैसो को वर्ग 18 में उचित स्थान मिला।
4. आठवें समूह की समस्या स्वत: हल हो गई अर्थात उसे तीन वर्गो में बांटा गया। इस प्रकार आधुनिक आवर्त सारणी में मैण्डलीफ की कई कमियों का निराकरण किया गया फिर भी इनमें कुछ दोष शेष थे जैसे- **हाइड्रोजन की स्थिति इसमें भी अस्पष्ट थी, तथा लैन्थेनाइड एवं एक्टिनाइड्स को नीचे पृथक स्थान दिया गया है, जो अव्यवहारिक है।**

इन प्रश्नों के उत्तर स्वयं खोजिए

प्रश्न 1. रिक्त स्थान की पूर्ति कीजिए

(अ) आधुनिक आवर्त सारणी का आधार..... है।

(ब) आवर्त सारणी में क्षैतिज कतारों को..... कहते है।

(स) वर्ग एक के तत्वों को..... कहते है।

(इ) संक्रमण तत्व वर्ग ..... से ..... तक के तत्वों को कहते है।

प्रश्न 2. क्षारीय मृदा धातुए एवं मृदा तत्वों का आवर्त सारणी में स्थान बताइएँ।

9.5 तत्वों के आवर्ती गुण (Periodic properties of elements) - तत्वों के गुणधर्म जो उनके इलेक्ट्रानिक विन्यास पर निर्भर करते है तथा आवर्त सारणी के किसी आवर्त में बाएँ से दाएँ जाने पर या किसी समूह में ऊपर से नीचे आने पर क्रमश: परिवर्तित होते हैं, आवर्ती गुण कहलाते है। परमाणु आकार, आयनन ऊर्जा, इलेक्ट्रॉन बंधुता, धातु एवं अधातु आदि कुछ प्रमुख आवर्ती गुण है।

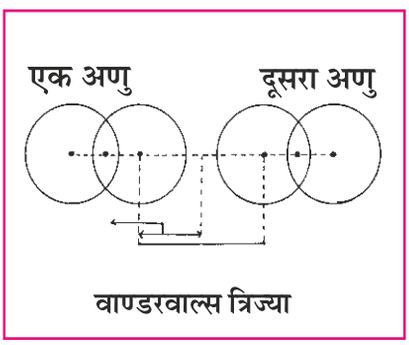
1. किसी परमाणु के आकार को परमाणु त्रिज्या के माध्यम से समझा जा सकता है।

''किसी विलगित (Isolated) परमाणु के नाभिक के केन्द्र से बाहरी कोश तक की दूरी को परमाणु त्रिज्या कहते है। '' चूँकि किसी परमाणु को विलगित अवस्था में प्राप्त करना और नाभिक के केन्द्र से बाह्य कोश तक की दूरी को मापा जाना संभव नहीं है, अत: परमाणु त्रिज्या की दो कार्यकारी संकल्पनाएँ दी गई-

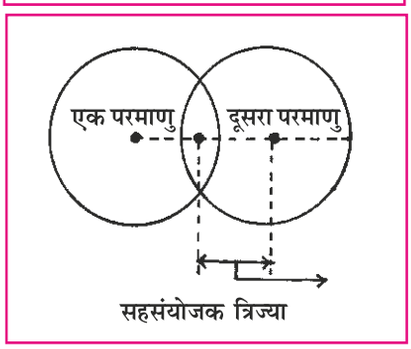
1. **वाण्डवाल्स त्रिज्या** (Vander waal's radii) - ठोस अवस्था में किसी एक तत्व के दो निकटतम अणुओं के नाभिको के बीच की दूरी का आधा वाण्डरवाल्स त्रिज्या कहलाती है।
   इसे एंगस्ट्रांग A° (1 Angstrom = 10^{-8} cm) में व्यक्त करते है।

वाण्डरवाल्स त्रिज्या

2. **सहसंयोजक त्रिज्या** (Covalent radii) - किसी तत्व के द्विपरमाणुक अणु मे एकल बंध से आबंधित दो परमाणुओं के नाभिकों के बीच की दूरी का आधा उस तत्व की सहसंयोजक त्रिज्या कहलाती है। सामान्यत: तत्वों की सहसंयोजक त्रिज्या के मान को ही हम परमाणु त्रिज्या मानते है।



सहसंयोजक त्रिज्या



विलगित परमाणु- किसी परमाणु की विलगित अवस्था से तात्पर्य है बिल्कुल अकेला एक परमाणु किन्तु केवल एक परमाणु प्राप्त करना काल्पनिक है।

9.6 परमाणु आकार -

आवर्त में (In period)- किसी आवर्त मे बाएँ से दाएँ जाने पर परमाणु क्रमांक क्रमश: बढ़ता है अर्थात प्रोटोनों की संख्या बढ़ती है फलस्वरूप बाहरी कोश के इलेक्ट्रानो पर नाभिक का आकर्षण बल बढ़ता है जिसके कारण परमाणु त्रिज्या छोटी होती जाती है इस प्रकार परमाणु आकार भी छोटा होता जाता है।

तालिका

द्वितीय आवर्त	Li	Be	B	C	N	O	F
परमाणु त्रिज्या (A^0) घटते क्रम में	1.23	0.90	0.81	0.77	0.75	0.73	0.72
परमाणु क्रमांक (बढ़ते क्रम में)	3	4	5	6	7	8	9

वर्ग में (In Group)- वर्ग में ऊपर से नीचे चलने पर परमाणु के आकार मे वृद्धि होती है अर्थात परमाणु त्रिज्या का मान बढ़ता जाता है। क्योंकि ऊपर से नीचे आने पर इलेक्ट्रान कोश की संख्या बढ़ती जाती है।

विलगित परमाणु - किसी परमाणु की विलगित अवस्था से तात्पर्य है बिल्कुल अकेला एक परमाणु, किन्तु केवल एक परमाणु प्राप्त करना काल्पनिक है।

उदाहरण – प्रथम वर्ग में परमाणु आकार के उत्तरोत्तर परिवर्तन को इस प्रकार दर्शाया जा सकता है–

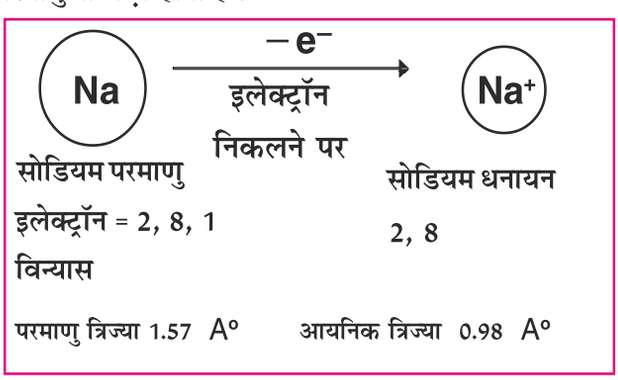
तालिका

परमाणु	परमाणु आकार	परमाणु संख्या	कोश	परमाणु त्रिज्या (A^0)
लीथियम	Li	3	2	1.23
सोडियम	Na	11	3	1.57
पोटेशियम	K	19	4	2.03

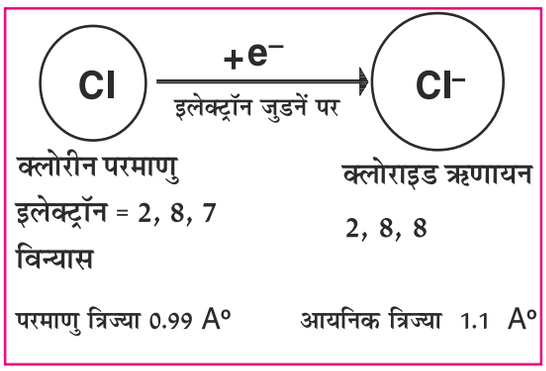
9.7 आयनिक त्रिज्या (Ionic radii) – किसी परमाणु द्वारा इलेक्ट्रॉन के ग्रहण करने तथा त्यागने के फलस्वरूप आयनों का निर्माण होता है तथा आयनो की त्रिज्या को आयनिक त्रिज्या कहते है।

जब कोई परमाणु इलेक्ट्रान त्यागता है तो धनायन बनता है। धनायन का आकार अपने परमाणु से छोटा होता है क्योंकि इलेक्ट्रान निकल जाने से प्राय: बाह्य तम कोश ही समाप्त हो जाता है इसके साथ ही इलेक्ट्रॉन की संख्या में कमी हो जाने से नाभिक इलेक्ट्रॉनों पर अधिक आकर्षण बल आरोपित करता है।

इसके विपरीत परमाणु द्वारा इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने से ऋणायन बनता है इलेक्ट्रॉन की संख्या बढ़ने, तथा प्रोटान की संख्या वही रहने से इलेक्ट्रॉन कम नाभिकीय आकर्षण महसूस करते है इस कारण ऋणायन का आकार अपने परमाणु से बड़ा होता है।



धनायन बनने पर आकार का छोटा होना



ऋणायम बनने पर आकार का बड़ा होना

9.8 आयनन ऊर्जा (Ionisation Energy) – गैसीय अवस्था में किसी तत्व के परमाणु से एक इलेक्ट्रान निकालने के लिए आवश्यक ऊर्जा को आयनन ऊर्जा कहते है इसे आई.ई. से प्रदर्शित करते है। आयनन ऊर्जा को किलो कैलोरी या किलो जूल प्रति मोल या इलेक्ट्रान वोल्ट प्रति मोल में व्यक्त करते है चूँकि इसे इलेक्ट्रान वोल्ट में भी दर्शाते है इसलिए इसे आयनन विभव भी कहते हैं।

परमाणु (g) + आयनन ऊर्जा (IE) → धनायन + इलेक्ट्रान

उदासीन परमाणु से एक इलेक्ट्रॉन के निकलने के पश्चात बने धनायन से दूसरा इलेक्ट्रॉन निकालना अपेक्षाकृत कठिन होता है इसी प्रकार तीसरा इलेक्ट्रान बाहर निकालना और भी कठिन होता है। फलस्वरूप इनके मान बढ़ते जाते है। प्रथम, द्वितीय और तृतीय इलेक्ट्रॉन निकालने के लिए आवश्यक ऊर्जा को क्रमश: प्रथम, द्वितीय और तृतीय आयनन ऊर्जा कहते है, इन्हें आई ई-1 (IE_1) आई ई-2 (IE_2) और आई ई-3 से (IE_3) निम्न प्रकार प्रदर्शित किया जाता है। $IE_1 < IE_2 < IE_3$.....

आयनन ऊर्जा में आवर्तिता

आवर्त में – किसी आवर्त में बाएँ से दाएँ जाने पर आयनन ऊर्जा का मान बढ़ता है क्योंकि परमाणु क्रमांक के बढने के साथ नाभिकीय आवेश में वृद्धि होने पर परमाणु के बाह्यतम कोश के इलेक्ट्रॉनों पर आकर्षण बल बढ़ जाता है जिससे इलेक्ट्रॉन निकलने के लिए अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

वर्ग में – किसी वर्ग में ऊपर से नीचे चलने पर आयनन ऊर्जा का मान घटता जाता है। क्योंकि ऊपर से नीचे आने पर परमाणु आकार बढ़ने से बाहरी कोश इलेक्ट्रानों पर नाभिक का आकर्षण बल कम होता जाता है जिससे परमाणु से इलेक्ट्रान निकलने में कम ऊर्जा की आवश्यकता होती जाती है।

आयनन ऊर्जा का मान घटता है (वर्ग में ऊपर से नीचे जाने पर)

आयनन ऊर्जा का मान बढ़ता है (आवर्त में बायें से दायें जाने पर)

9.9 इलेक्ट्रान बंधुता- (Electron Affinity) इलेक्ट्रान बंधुता, आयनन ऊर्जा का विपरीत गुण है यदि किसी परमाणु में इलेक्ट्रान जोड़ा जाए तो ऋणायन का निर्माण होता है तथा इस प्रक्रिया में कुछ उर्जा निकलती है।

परमाणु + इलेक्ट्रॉन → ऋणायन + मुक्त उर्जा

अतः गैसीय अवस्था में किसी परमाणु में एक इलेक्ट्रान को जोड़ने पर ऋणायन के बनने मे मुक्त उर्जा इलेक्ट्रॉन बंधुता (electron affinity) कहलाती है इसे ई.ए (E.A.) से प्रदर्शित करते है।

इलेक्ट्रॉन बंधुता को भी इलेक्ट्रान वोल्ट अथवा किलो जूल प्रति मोल में व्यक्त करते है।

प्रथम इलेक्ट्रॉन बंधुता का मान धनात्मक होता है लेकिन जब ऋणायन में पुनः इलेक्ट्रॉन जोड़ा जाता है तो उर्जा मुक्त नहीं होती वरन ऊर्जा देनी पड़ती है। अतः द्वितीय, तृतीय एवं आगे की इलेक्ट्रॉन बंधुताओं का मान ऋणात्मक होता है।

इलेक्ट्रॉन बंधुता में आवर्तिता

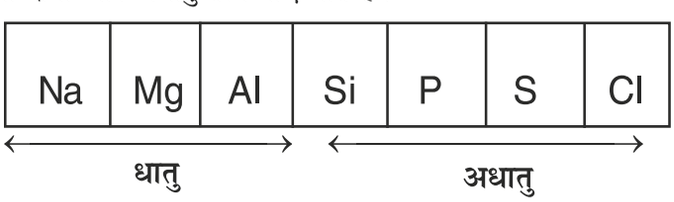
आवर्त में – किसी आवर्त में बाएँ से दाएँ जाने पर इलेक्ट्रॉन बंधुता का मान क्रमशः बढ़ता जाता है क्योंकि परमाणु आकार के कम होने से बाह्य कक्ष में इलेक्ट्रॉन जुड़ने में अधिक उर्जा उत्सर्जित होगी फलतः इलेक्ट्रॉन बंधुता का मान बढ़ जाता है।

आवर्त में बायें से दायें जाने पर → इलेक्ट्रॉन बंधुता का मान बढता है।

वर्ग मे – किसी वर्ग में ऊपर से नीचे चलने पर इलेक्ट्रान बंधुता सामान्यतः घटती है किन्तु इस क्रम में कुछ अनियमितताएँ भी पाई जाती है।

9.10 धात्विक एवं अधात्विक लक्षण (Metallic & Non Metallic Character)

किसी आवर्त में बाएँ से दाएँ जाने पर घात्तिव गुण घटता है जबकि अधात्विक गुण बढता है। आवर्त सारणी में बॉयी ओर प्रायः धातु तथा दायी ओर अधातु तत्व पाए जाते हैं।



किसी वर्ग में ऊपर से नीचे जाने पर धात्विक गुण बढ़ता है जबकि अधात्विक गुण घटता है।

आवर्त सारणी में एक सीमा रेखा खींची जा सकती है जो B, Si, As, Te, At से होकर गुजरती है इनको उपधातु कहते है। उनसे बायीं ओर के तत्व धातु जबकि दॉयी ओर के तत्व अधातु तत्व कहलाते है।

इन प्रश्नों के उत्तर स्वयं खोजिए

प्रश्न 1. आवर्त सारणी मे एक आवर्त में बॉए से दाएँ जाने पर तत्वो के धात्विक गुणों में क्या परिवर्तन होता है?

प्रश्न 2. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए –

(अ) आवर्ती सारणी के किसी समूह में ऊपर से नीचे आने पर इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति..... जाती है।

(ब) आवर्त सारणी के किसी आवर्त में बॉए से दाएँ जाने पर आयनन ऊर्जा ..... जाती है।

प्रश्न 3. वाण्डरवाल्स त्रिज्या एवं सह संयोजक त्रिज्या को चित्र के माध्यम से समझाईए।

प्रश्न 4. तत्व x आवर्त सारणी के समूह 2 का तत्व है, तथा y समूह 15 का तत्व है, तो बताइऐ–

(अ) x तत्व में संयोजी इलेक्ट्रान की संख्या क्या होगी? (ब) x तत्व की संयोजकता कितनी है?

(स) y तत्व में संयोजी इलेक्ट्रॉन की संख्या कितनी है? (द) y तत्व की संयोजकता कितनी है?

स्मरणीय बिन्दु

- तत्वों के सुगमतापूर्वक अध्ययन हेतु तत्वों के वर्गीकरण के प्रयास में प्राउट, डोबेराइनर, न्यूलैण्ड लोथर मेयर मैण्डलीफ तथा मोसले आदि वैज्ञानिकों ने उल्लेखनीय योगदान दिया।
- मैण्डलीफ के अनुसार ''तत्वों के भौतिक और रासायनिक गुण उनके परमाणु भारों के आवर्ती फलन होते है।''
- मैण्डलीफ की आवर्त सारणी में 7 आवर्त तथा 8 वर्ग है शून्य वर्ग बाद में जोड़ा गया।
- मैण्डलीफ की आवर्त सारणी नए तत्वों की खोज में सहायक सिद्ध हुई लेकिन इसके कुछ दोष भी थे जैसे हाइड्रोजन का अनिश्चित स्थान, समस्थानिकों को स्थान नहीं दिया जाना आदि।
- आधुनिक आवर्त नियम मोसले नामक वैज्ञानिक ने दिया जिसके अनुसार ''**तत्वों के भौतिक एवं रासायनिक गुण उनके परमाणु क्रमांको के आवर्ती फलन होते है।**''
- आधुनिक आवर्त सारणी के क्षैतिज रूप में सात आवर्त तथा 18 उर्ध्वाधर वर्ग होते है जिसमें तत्व इलेक्ट्रानिक विन्यास के आधार पर व्यवस्थित होते है।
- आधुनिक आवर्त सारणी में मैण्डलीफ के अधिकांश दोष स्वत: दूर हो गए।
- s एवं p ब्लॉक के तत्वों को प्रतिनिधि तत्व, सामान्य तत्व या प्रारूपी तत्व कहते हैं।
- d ब्लॉक के तत्व संक्रमण तत्व कहलाते हैं, इन्हें आवर्त सारणी में 3 से 12 वर्ग में रखा गया है।
- f ब्लॉक के तत्व अंत: संक्रमण तत्व कहलाते हैं, इन्हें आवर्त सारणी में लैन्थेनाइड एवं एक्टिनाइड के रूप में नीचे अलग से स्थान दिया गया है।
- प्रथम समूह के तत्वों को क्षार धातुएँ तथा द्वितीय समूह के तत्वों को क्षारीय मृद्रा धातुएं कहते है।

- तत्वों के वे गुणधर्म जो उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास पर निर्भर करते है तथा आवर्त सारणी के किसी आवर्त में बाएं से दाएँ जाने पर या किसी समूह में ऊपर से नीचे आने पर क्रमशः परिवर्तित होतें है आवर्ती गुण कहलाते है।
- परमाणु आकार, धात्विक गुण, आयनन ऊर्जा, इलेक्ट्रान बंधुता आदि आवर्ती गुण है–

अभ्यास

अति लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. डोबराइनर त्रिक नियम किस आधार पर बनाया गया?

प्रश्न 2. न्यूलैण्ड का अष्टक नियम संगीत के स्वरों से कैसे समझाया गया है।

प्रश्न 3. मैण्डलीफ का आवर्ती नियम क्या है।

प्रश्न 4. मैण्डलीफ वर्गीकरण के महत्वपूर्ण दोष लिखिए।

प्रश्न 5. आधुनिक आवर्त नियम क्या है यह किस वैज्ञानिक ने दिया।

प्रश्न 6. तत्वों के वर्गीकरण की दीर्घ आवर्त सारणी में कितने वर्ग एवं कितने आवर्त है।

प्रश्न 7. आधुनिक आवर्त सारणी में तत्वों को कितने प्रकारों में बांटा गया है केवल नाम लिखिए।

लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. मैण्डलीफ आवर्त सारणी की क्या उपयोगिता है।

प्रश्न 2. दीर्घ आवर्त सारणी के आवर्तो का विवरण दीजिए।

प्रश्न 3. क्षार एवं क्षारीय मृदा धातुओं के दो–दो नाम लिखकर आवर्त सारणी में उनका स्थान लिखिए।

प्रश्न 4. नई (आधुनिक) आवर्त सारणी में समस्थानिकों को रखने की समस्या को किस प्रकार हल किया गया।

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. मैण्डलीफ का आवर्त नियम लिखते हुए इस आवर्त सारणी के दोषों एवं उपयोगिता पर प्रकाश डालिए।

प्रश्न 2. आधुनिक आवर्त सारणी के वर्गो एवं आवर्तो की विशेषताएं लिखिए।

प्रश्न 3. टिप्पणी लिखिए 1– आययन विभव 2. – इलेक्ट्रॉन बंधुता।

प्रोजेक्ट

आप अपनी कक्षा के सभी सहपाठियों के नाम और उनके गत वर्ष का रिजल्ट मालूम कीजिए और उनको निम्न गुणों की आवर्तिता के आधार पर A, B,और C श्रेणी में रखिए–

गुण	A श्रेणी	B श्रेणी	C श्रेणी
पढने के प्रति रुचि	अच्छी	सामान्य	बहुत कम
खेलने के प्रति रुचि	अच्छी	अच्छी	सामान्य
कक्षा में उपस्थिति	अच्छी	सामान्य	बहुत कम