तत्वों का वर्गीकरण एवं गुणधर्मों में आवर्तिता
(CLASSIFICATION OF ELEMENTS AND PERIODICITY IN PROPERTIES)

- **आयनन एन्थैल्पी**

तत्वों द्वारा इलेक्ट्रॉन त्यागने की मात्रात्मक प्रकृति 'आयनन एन्थैल्पी' कही जाती है। तलस्थ अवस्था में विलगित गैसीय परमाणु (Isolated Gaseous Atom) से बाह्यतम इलेक्ट्रॉन को बाहर निकालने में जो ऊर्जा लगती है, उसे 'तत्व की आयनन एन्थैल्पी' कहते हैं।

परमाणु से इलेक्ट्रॉन को पृथक करने में हमेशा ऊर्जा की आवश्यकता होती हैं। अतः आयनन एन्थैल्पी हमेशा धानात्मक होती है। आवर्त में बाई से दाईं तरफ बढ़ने पर तत्वों के प्रथम आयनन एन्थैल्पी के मानों में सामान्यतया वृद्धि होती है तथा जब हम वर्ग में नीचे की ओर बढ़ते हैं, तब उनके मानों में कमी आती है।

- **इलेक्ट्रॉन लब्धि एन्थैल्पी**

यह एन्थैल्पी इस तथ्य की माप कही जा सकती है कि किस सरलता से परमाणु इलेक्ट्रॉन को ग्रहण करके ऋणायन बना लेता है।

परमाणु द्वारा इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने का प्रक्रम ऊष्माक्षेपी (exothermic) अथवा ऊष्माशोषी (endothermic) होगा, यह तत्व के स्वभाव पर निर्भर कता है।

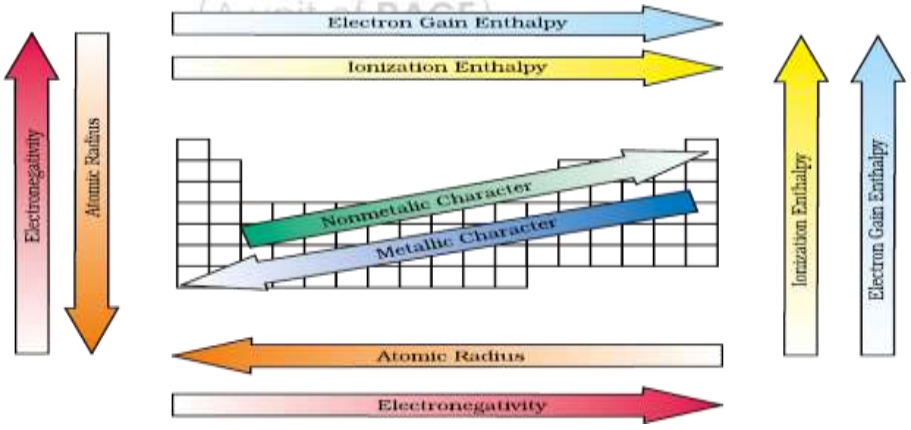
सामान्य नियम के अनुसार आवर्त सारणी के आवर्त में जब हम दाई तरफ बढ़ते हैं, तब बढ़ते हुए परमाणु क्रमांक के साथ इलेक्ट्रॉन लब्धि एन्थैल्पी अधिक ऋणात्मक होती है। आवर्त सारणी में बाई से दाई ओर जाने पर प्रभावी नाभिकीय आवेश में वृद्धि होती है। फलस्वरूप छोटे परमाणु में इलेक्ट्रॉन को जोड़ना सरल होता है, क्योंकि प्रविष्ट हुआ इलेक्ट्रॉन धनावेशित नाभिक के सन्निकट होगा।

- **विद्युत ऋणात्मकता**

परमाणु के रासायनिक यौगिक में सहसंयोजक आबंध के इलेक्ट्रॉन युग्म को अपनी ओर आकर्षित करने की योग्यता का गुणात्मक माप विद्युत ऋणात्मकता है।

साधारणतया विद्युत–ऋणात्मकता आवर्त सारणी में आवर्त में बाई से दाई तरफ (Li से F) जाने पर बढ़ती है तथा वर्ग में नीचे (F से At) जाने पर कम होती है।

RAO'S ACADEMY for Competitive Exams



आवर्त सारणी में तत्वों की आवर्त प्रवृत्ति

- **तत्वों के इलेक्ट्रानिक विन्यास तथा आवर्त–सारणी**

पिछले एकक में हमने यह जाना कि किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉन की पहचान चार क्वांटम संख्याओं से की जा सकती है। मुख्य क्वांटम संख्या (n) परमाणु के मुख्य ऊर्जा स्तर, जिसे 'कोश' (shell) कहते हैं, को व्यक्त करती है। हमने यह भी जाना कि किस तरह परमाणु में इलेक्ट्रॉन भिन्न–भिन्न उप–कोशों में भरें जाते हैं, जिन्हें हम s,p,d,f कहते हैं। परमाणु में इलेक्ट्रॉनों के वितरण को ही उसका 'इलेक्ट्रॉनिक विन्यास' कहते हैं। किसी तत्व की आवर्त सारणी में स्थिति उसके भरे जाने वाले अंतिम कक्षक की क्वांटम–संख्याओं को दर्शाती है। इस भाग में हम दीर्घाकार आवर्त सारणी तथा तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के मध्य सीधे संबंध के बारे में जानकारी प्राप्त करेंगे।

(क) आवर्त में इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

आवर्त मुख्य ऊर्जा या बाह्य कोश के लिए n का मान बताता है। आवर्त सारणी में प्रत्येक उत्तरोत्तर आवर्त (successive period) की पूर्ति अगले उच्च मुख्य ऊर्जा स्तर n=1, n=2 आदि से संबंधित होती है। यह देखा जा सकता है कि प्रत्येक आवर्त में तत्वों की संख्या, भरे जाने वाले ऊर्जा–स्तर में उपलब्ध परमाणु–कक्षकों की संख्या से दुगुनी होती है। इस प्रकार प्रथम आवर्त (n=1) का प्रारंभ सबसे निचले स्तर (1s) के भरने से शुरू होता है। उसमें दो तत्व होते हैं। हाइड्रोजन का विन्यास ($1s^1$) तथा हीलियम ($1s^2$) है। इस प्रकार, प्रथम कोश (K कोश) पूर्ण हो जाता है। दूसरा आवर्त (n=2) लीथियम से आरंभ होता है (Li=$1s^2$, $2s^1$), जिसमें तीसरा इलेक्ट्रॉन 2s कक्षक में प्रवेश करता है। अगले तत्व बेरिलियम में चार इलेक्ट्रॉन उपस्थित होते हैं। इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास ($1s^2$, $2s^2$) है। इसके बाद बोरॉन तत्व से शुरू करते हुए जब हम निऑन तत्व तक पहुँचते हैं, तो 2p कक्षक पूर्ण रूप से इलेक्ट्रॉनों से भर जाता है। इस प्रकार L कोश निऑन ($2s^2$ $2p^6$) तत्व के साथ पूर्ण हो जाता है। अतः दूसरे आवर्त में तत्वों की संख्या आठ होती हैं। आवर्त सारणी का तीसरा आवर्त (n=3) सोडियम तत्व के साथ प्रारंभ होता है, जिसमें इलेक्ट्रॉन 3s कक्षक में जाता है। उत्तरोत्तर 3s एवं 3p कक्षकों में इलेक्ट्रॉनों के भरने के पश्चात् तीसरे आवर्त में तत्वों की संख्या सोडियम से ऑर्गन तक कुल मिलाकर आठ हो जाती है।

चौथे आवर्त (n=4) का प्रारंभ पोटैशियम से, 4s कक्षक के भरने के साथ होता है। यहाँ यह बात महत्वपूर्ण है कि 4p कक्षक के भरे से पूर्व ही 3d कक्षक का भरना शुरू हो जाता है जो ऊर्जात्मक (energetically) रूप से अनुकूल है। इस प्रकार, हमें तत्वों की 3d संक्रमण–श्रेणी (3d transtitian series) प्राप्त हो जाती है। यह स्केन्डियम (Scandium : Z=21) से प्रारंभ होती है, जिसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $3d^1$, $4s^2$ होता है। 3d कक्षक जिंक (Zn, Z=30) पर पूर्ण रूप से भर जाता है, जिसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $3d^{10}$, $4s^2$ है। चौथ आवर्त 4p कक्षकों के भरने के साथ क्रिप्टॉन (Krypton) पर समाप्त होता है। कुल मिलाकर चौथे आवर्त में 18 तत्व होते हैं। पाँचवाँ आवर्त (n=5) रूबिडियम से शुरू होता है, चौथे आवर्त के समान है। उसमें 4d इट्रियम (ytrrium, Z=39) से 4d संक्रमण श्रेणी (4d transition series) शुरू होती है। यह आवर्त 5p कक्षकों के भरने पर जीनॉन (Xenon) पर समाप्त होता है। छठवें आवर्त (n=6) में 32 तत्व होते है। उत्तरोत्तर इलेक्ट्रॉन 6s, 4f, 5d तथा 6p कक्षकों में भरे जाते हैं। 4f कक्षकों का भरना सीरियम (cerium, Z=58) से शुरू होकर ल्यूटीशियम (Lutetium, Z=71) पर समाप्त होता है। इसे 4f **आंतरिक संक्रमण श्रेणी या लेन्थैनॉयड श्रेणी** (lenthanoid Series) कहते हैं।

सातवाँ आवर्त (n=7) छठवें आवर्त के समान है, जिसमें इलेक्ट्रॉन उत्तरोत्तर 7s, 5f, 6d और 7p कक्षक में भरते हैं। इनमें कृत्रिम विधियों (artificial methods) द्वारा मानव–निर्मित रेडियोधर्मी तत्व हैं। सातवाँ आवर्त 118 वें परमाणु क्रमांक वाले (अभी खाजे जाने वाले) तत्व के साथ पूर्ण होगा, जो उत्कृष्ट गैस–परिवार से संबंधित होगा।

ऐक्टिनियम (Actinium, Z=89) के पश्चात् 5f कक्षक भरने के फलस्वरूप 5f आंतरिक **संक्रमण–श्रेणी** (5f inner transition series) प्राप्त होती है। इसे **'ऐक्टिनॉयड श्रेणी'** (Actinoid Series) कहते हैं। 4f तथा 5f आंतरिक

संक्रमण –श्रेणियों को आवर्त सारणी के मुख्य भाग से बाहर रखा गया है, ताकि इसकी संरचना को अक्षुण्ण रखा जा सके और साथ ही समान गुणधर्मों वाले तत्वों को एक ही स्तंभ में रखकर वर्गीकरण के सिद्धांत का भी पालन किया जा सके।

(ख) वर्गवार इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

एक ही वर्ग या ऊर्ध्वाधर स्तंभ में उपस्थित तत्वों के संयोजकता कोश इलेक्ट्रॉनिक विन्यास समान होते हैं। इनके बाह्य कक्षकों में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या एवं गुणधर्म भी समान होते हैं। उदाहरण के लिए वर्ग 1 के तत्वों (क्षार धातुओं) का संयोजकता कोश इलेक्ट्रॉनिक विन्यास nd^1 होता है, जैसा नीचे दिखाया गया है। इस प्रकार यह स्पष्ट हो जात है कि किसी तत्व के गुणर्धम उसके परमाणु–क्रमांक पर निर्भर करते हैं, न कि उसके सापेक्षिक परमाणु–द्रव्यमान पर।

- **इलेक्ट्रॉनिक विन्यास और तत्वों के प्रकार (s,p,d,f ब्लॉक)**

आवर्त वर्गीकरण का सैद्धांतिक मूलाधार 'ऑफबाऊ का सिद्धांत' (Aufbau Principle) तथा परमाणुओं का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास हैं आवर्त सारणी के ऊर्ध्वाधर स्तंभों (vertical columns) में स्थित तत्व एक **वर्ग** (Group) अथवा **परिवार** (family) की रचना करते हैं, और समान रासायनिक गुणधर्म दर्शाते हैं। यह समानता इसलिए होती है, क्योंकि इन तत्वों के बाह्यतम कोश में इलेक्ट्रॉनों की संख्या और वितरण एक ही प्रकार का होता है। इन तत्वों का विभाजन चार विभिन्न ब्लॉकों **(s,p,d और f)** में किया जा सकता है, जो इस बात पर निर्भर करता है कि किस प्रकार के कक्षक इलेक्ट्रॉनों द्वारा भरे जा रहे हैं। इसे चित्र में दर्शाया गया है।

Atomic number	Symbol	Electronic configuration
3	Li	$1s^2 2s^1$ **(or)** [He]$2s^1$
11	Na	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ **(or)** [Ne]$3s^1$
19	K	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ **(or)** [Ar]$4s^1$
37	Rb	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^1$ **(or)** [Kr]$5s^1$
55	Cs	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^1$ **(or)** [Xe]$6s^1$
87	Fr	[Urn]$7s^1$

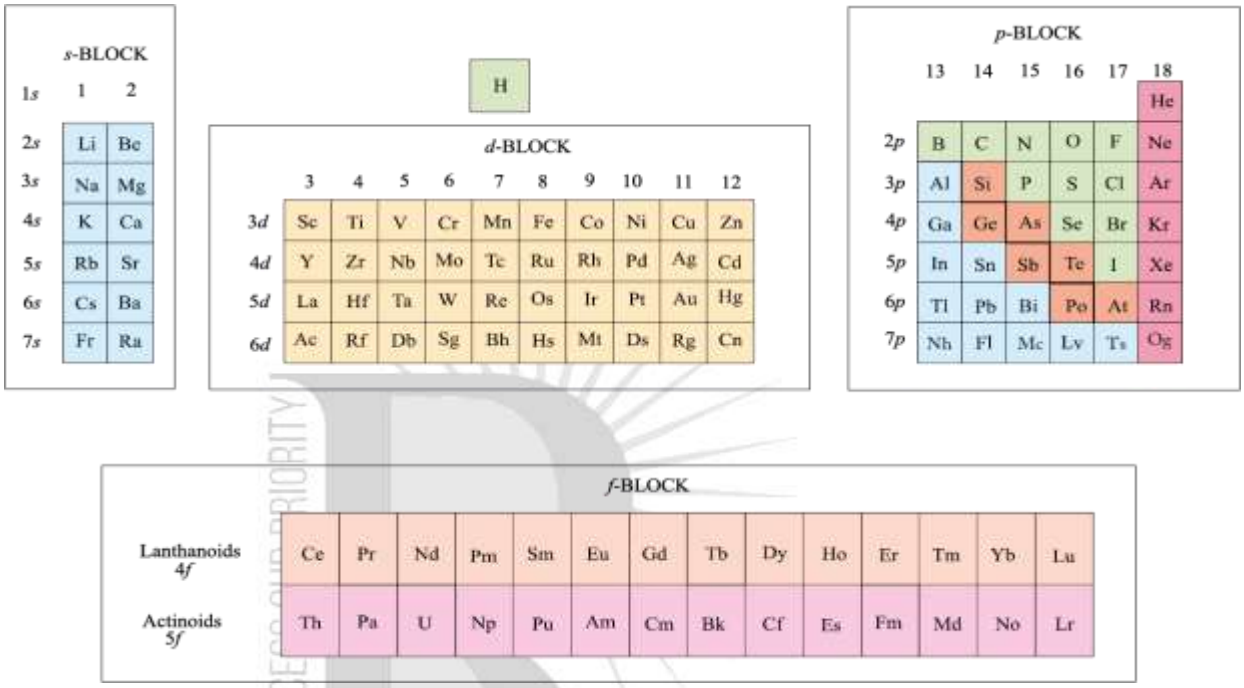
इस प्रकार के वर्गीकरण में दो अपवाद देखने को मिलते हैं। पहला अपवाद हीलियम का है। उसे s-ब्लॉक के तत्वों में संबद्ध होना चाहिए, परंतु इसका स्थान आवर्त सारणी में वर्ग 18 के तत्वों के साथ p-ब्लॉक में है। इसका औचित्य इस आधार पर है कि हीलियम का संयोजी कोश (valance shell) पूरा भरा हुआ है ($He=1s^2$), जिसके फलस्वरूप यह उत्कृष्ट गैसों के अभिलक्षणों को प्रदर्शित करती है। दूसरा अपवाद हाइड्रोजन का है। इसमें केवल एक s-इलेक्ट्रॉन ($H=1s^1$) है इस प्रकार इसका स्थान वर्ग 1 में क्षारीय धातुओं के साथ होना चाहिए। दूसरी ओर, यह एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके उत्कृष्ट गैस (हीलियम) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त कर सकती है। इस प्रकार इसका व्यवहार वर्ग 17 (हैलोजेन परिवार) की भाँति हो सकता है। चूँकि यह एक विशेष स्थिति है, अतः हाइड्रोजन को आवर्त सारणी में सबसे ऊपर अलग से स्थान देना अधिक तर्कसंगत माना गया है।

अब आवर्त सारणी में दिखाए गए चार प्रकार के तत्वों के मुख्य लक्षणों की चर्चा हम करेंगे। इन तत्वों के बारे में अधिक जानकारी का विवरण बाद में दिया जाएगा। उनके लक्षणों की चर्चा करने के लिए जिस शब्दावली का उपयोग किया गया है, उसका वर्गीकरण किया गया है।

- **s-ब्लॉक के तत्व**

वर्ग 1 के तत्वों (क्षारीय धातुओं) तथा वर्ग 2 के तत्वों (क्षारीय मृदा धातुओं) के बाह्यतम कोश के सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास क्रमशः ns^1 तथा ns^2 हैं।इन दोनों वर्गों के तत्व आवर्त सारणी के ब्लॉक से संबंध हैं। ये सभी क्रियाशील धातुएँ हैं। इनके आयतन एंथैल्पी के मान कम होते हैं। ये तत्व सरलतापूर्वक बाह्यतम इलेक्ट्रॉन त्यागने के पश्चात् 1+ आयन (क्षारीय

धातुओं में) या 2+ आयन (मृदा क्षारीय धातुओं में) बना लेते हैं। वर्ग में नीचे की ओर जाने पर इन धातुओं के धात्विक लक्षण तथा अभिक्रियाशीलता में वृद्धि होती है। अधिक अभिक्रियाशील होने के कारण वे प्रकृति में शुद्ध रूप में नहीं पाई जाती हैं। लीथियम और बेरीलियम को छोड़कर s-ब्लॉक के तत्वों के यौगिक मुख्य रूप से आयनिक होते हैं।



विभिन्न कक्षकों के भरने के आधार पर आवर्त सारणी में तत्वों के प्रकार। तत्वों को मोटे तौर पर धातु प्रधातु एवं उपधातु के रूप में दर्शाया गया है।

- **p-ब्लॉक के तत्व**

आवर्त सारणी के p-ब्लॉक में वर्ग 13 से लेकर वर्ग 18 तक के तत्व सम्मिलित हैं। p-ब्लॉक के तत्वों और s-ब्लॉक के तत्वों को संयुक्त रूप से **निरूपक तत्व** (Representative elements) **या मुख्य वर्ग के तत्व** (Main Group Elements) कहा जाता है। प्रत्येक आवर्त में इनका बाह्यतम इलेक्ट्रॉनिक विन्यास ns^2, np^1 से ns^2, np^6 तक परिवर्तित होता है। प्रत्येक आवर्त np^2, np^6, उत्कृष्ट गैस के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के साथ समाप्त होता है। उत्कृष्ट गैसों में संयोजी कोश में सभी कक्षक इलेक्ट्रॉनों से पूरे भरे होते हैं। इलेक्ट्रॉनों को हटाकर या जोड़कर इस स्थायी व्यवस्था को बदलना बहुत कठिन होता है। इसीलिए उत्कृष्ट गैसों की रासायनिक अभिक्रियाशीलता बहुत कम होती है। उत्कृष्ट गैसों के परिवार से पहले अधातुओं के रासायनिक रूप से दो महत्वपूर्ण वर्ग हैं। ये वर्ग हैं 17 वें वर्ग के हैलोजेन (Halogens) तथा 16 वें वर्ग के तत्व 'चाल्कोजन' (Chalcogen) इन दो वर्गों के तत्वों की उच्च ऋणात्मक इलेक्ट्रॉन लब्धि एंथैल्पी (negative electron gain enthalpy) होती है। ये तत्व आसानी से क्रमशः एक या दो इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर स्थायी उत्कृष्ट गैस इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त कर लेते हैं। आवर्त में बाई से दाई ओर बढ़ने पर तत्वों के अधात्विक लक्षणों में वृद्धि होती है तथा किसी वर्ग में ऊपर से नीचे की तरफ जाने पर धात्विक लक्षणों में वृद्धि होती है।

- **ब्लॉक के तत्व (संक्रमण तत्व)**

आवर्त सारणी के मध्य में स्थित वर्ग 3 से वर्ग 12 वाले तत्व d-ब्लॉक के तत्व कहलाते हैं। इस ब्लॉक के तत्वों की पहचान इनके आंतरिक d-आर्बिटल में इलेक्ट्रॉनों के भरे जाने के आधार पर की जाती है। यही कारण है कि ये तत्व **d-ब्लॉक के तत्व** कहलाते हैं। इन तत्वों का सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $(n-1)d^{1-10}ns^{0-2}$ है। ये सभी तत्व धातुएँ हैं। इन तत्वों के आयन प्रायः रंगीन होते हैं तथा परिवर्ती संयोजकता एवं अनुचुंबकीयता प्रदर्शित करते हैं, और उत्प्रेरक के रूप में प्रयुक्त होते हैं। Zn, Cd तथा Hg के सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $(n-1)d^{10}ns^2$ होते हुए भी ये धातुएँ संक्रमण तत्वों के बहुत–से लक्षणों को प्रदर्शित नहीं करती हैं। ब्लॉक के तत्व रासायनिक तौर पर अतिक्रियाशील ब्लॉक के तत्वों तथा कम क्रियाशील 13वें तथा 14वें वर्गों के तत्वों के बीच एक प्रकार से सेतु का कार्य करते हैं। इसी कारण ब्लॉक के तत्वों को 'संक्रमण तत्व' भी कहते हैं।

- **ब्लॉक के तत्व (आंतरिक संक्रमण तत्व)**

मुख्य आवर्त सारणी में नीचे जिन तत्वों को दो क्षैतिज पंक्तियों में रखा गया है, उन्हें लैन्थेनॉयड ($_{58}Ce - _{72}Lu$) तथा ऐक्टीनॉयड ($_{90}^{Th} - _{103}Lr$) कहते हैं। इन श्रेणियों के तत्वों की पहचान इनके सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $[(n-2)f^{1-14}\ (n-1)d^{0-1}ns^2]$ द्वारा की जाती है। इन तत्वों में अंतिम इलेक्ट्रॉन fउप–कोश में भरता हैं। इसी आधार पर इन श्रेणियों के तत्वों को **f-ब्लॉक के तत्व** (आंतरिक संक्रमण तत्व) कहते हैं। ये सभी तत्व धातुएँ हैं। प्रत्येक श्रेणी में तत्वों के गुण लगभग समान हैं। प्रारंभिक ऐक्टीनॉयड श्रेणी के तत्वों की अनेक संभावित ऑक्सीकरण अवस्थाओं के फलस्वरूप इन तत्वों का रसायन इनके संगत लैन्थैनॉयड श्रेणी के तत्वों की तुलना में अत्यधिक जटिल होता है। ऐक्टीनॉयड श्रेणी के तत्व रेडियोधर्मी (Radioactive) होते हैं। बहुत से ऐक्टीनॉयड तत्वों को नाभिकीय अभिक्रियाओं द्वारा नैनाग्राम (Nenogram) या उससे भी कम भाग में प्राप्त किया गया है। इन तत्वों के रसायन का अध्ययन पूर्ण रूप से नहीं हो पाया है। यूरेनियम के बाद वाले तत्व 'परायूरेनिरयम तत्व' कहलाते हैं।

- **धातु, अधातु और उप–धातु**

तत्वों के s-,p-,d तथा f-ब्लॉकों में वर्गीकरण के अलावा इनके गुणों के आधार पर मौटे तौर पर इन्हें धातुओं तथा अधातुओं में विभाजित किया जा सकता है। ज्ञात तत्वों में 78 प्रतिशत से अधिक संख्या धातुओं की है, जो आवर्त सारणी की बाई ओर स्थित हैं। धातुएँ कमरे के ताप पर सामान्यतया ठोस होती हैं। मर्करी इसका अपवाद है, गैलियम और सीजियम के गलनांक भी बहुत कम, क्रमशः 303K और 302K हैं। धातुओं के गलनांक एवं क्वथनांक उच्च होते हैं। ये ताप तथा विद्युत के सुचालक होते हैं। ये आघातवर्ध्य (हथौड़े से पीटने पर पतली चादर में ढाले जा सकने वाले) तथा तन्य (जिसके तार खींचे जा सकते हैं) होते हैं। दूसरी अधातुएँ आवर्त सारणी के दाई ओर स्थित हैं। दीर्घ आवर्त सारणी में किसी वर्ग में तत्वों के धात्विक गुणों में ऊपर से नीचे की ओर जाने पर वृद्धि होती है और आवर्त में बाई ओर से दाई ओर जाने पर धात्विक गुण कम होते जाते हैं। अधातुएँ कक्षताप पर ठोस एवं गैस होती हैं। इनके गलनांक तथा क्वथनांक कम होते हैं (बोरोन और कार्बन अपवाद हैं) ये ताप तथा विद्युत के अल्प चालक हैं। बहुत से अधात्विक ठोस भंगुर (Brittle) होते हैं। ये ही अघात और तन्य नहीं होते हैं। तत्वों के धात्विक से अधात्विक गुणों में परिवर्तन असंलग्न (abrupt) नहीं होता है, बल्कि यह परिवर्तन टेढ़ी–मेढ़ी रेखा (Zig-Zag line) के रूप में देखने को मिलता है। आवर्त सारणी से विकर्ण (टेढ़ी–मेढ़ी) रेखा के सीमावर्ती स्थित जर्मेनियम, सिलिकॉन, आर्सेनिक, ऐन्टेमनी तथा टेलुनियम तत्व, धातुओं एवं अधातुओं– 'दोनों के अभिलक्षण दर्शाते हैं। इस प्रकार के तत्वों को उप–धातु' (Metalloid) कहते हैं।