



### Periodic Table of the Elements

Atomic Number    Atomic Mass  
**Symbol**  
 Name  
 Electron Shells  
 Electron Configuration

Element symbol represents state at room temperature.  
**Solid, Liquid or Gas**

|  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |   |   |  |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |  |  |   |
|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|---|---|--|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|--|--|---|
|  | 1<br>IA<br>1A  |  | 2<br>IIA<br>2A  |  | 13<br>IIIA<br>3A   | 14<br>IVA<br>4A  | 15<br>VA<br>5A  | 16<br>VIA<br>6A  | 17<br>VIIA<br>7A   | 18<br>VIIIA<br>8A   |   |  |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |  |  |   |
|  | 1<br>H<br>Hydrogen<br>1.008<br>1s <sup>1</sup>         |  | 2<br>He<br>Helium<br>4.003<br>1s <sup>2</sup>                         |  |  |  |   |  |  |   |   |  |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |  |  |   |
|  | 3<br>Li<br>Lithium<br>6.941<br>[He]2s <sup>1</sup>     | 4<br>Be<br>Beryllium<br>9.012<br>[He]2s <sup>2</sup>   |   |  |  |  |   |  |  |   | 10<br>Ne<br>Neon<br>20.180<br>[He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>       |  |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |  |  |   |
|  | 11<br>Na<br>Sodium<br>22.990<br>[Ne]3s <sup>1</sup>    | 12<br>Mg<br>Magnesium<br>24.305<br>[Ne]3s <sup>2</sup> |   |  |  |  |   |  |  |   | 18<br>Ar<br>Argon<br>39.948<br>[Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>      |  |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |  |  |   |
|  | 19<br>K<br>Potassium<br>39.098<br>[Ar]4s <sup>1</sup>  | 20<br>Ca<br>Calcium<br>40.078<br>[Ar]4s <sup>2</sup>   | 21<br>Sc<br>Scandium<br>44.956<br>[Ar]3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> | 22<br>Ti<br>Titanium<br>47.88<br>[Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>   | 23<br>V<br>Vanadium<br>50.942<br>[Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> | 24<br>Cr<br>Chromium<br>51.996<br>[Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>  | 25<br>Mn<br>Manganese<br>54.938<br>[Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>  | 26<br>Fe<br>Iron<br>55.845<br>[Ar]3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>      | 27<br>Co<br>Cobalt<br>58.933<br>[Ar]3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>  | 28<br>Ni<br>Nickel<br>58.693<br>[Ar]3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> | 29<br>Cu<br>Copper<br>63.546<br>[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>    | 30<br>Zn<br>Zinc<br>65.38<br>[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>                    | 31<br>Ga<br>Gallium<br>69.723<br>[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> | 32<br>Ge<br>Germanium<br>72.631<br>[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> | 33<br>As<br>Arsenic<br>74.922<br>[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>   | 34<br>Se<br>Selenium<br>78.971<br>[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> | 35<br>Br<br>Bromine<br>79.904<br>[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> | 36<br>Kr<br>Krypton<br>84.798<br>[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>   |   |   |  |   |  |  |   |
|  | 37<br>Rb<br>Rubidium<br>84.468<br>[Kr]5s <sup>1</sup>  | 38<br>Sr<br>Strontium<br>87.62<br>[Kr]5s <sup>2</sup>  | 39<br>Y<br>Yttrium<br>88.906<br>[Kr]4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>   | 40<br>Zr<br>Zirconium<br>91.224<br>[Kr]4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> | 41<br>Nb<br>Niobium<br>92.906<br>[Kr]4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> | 42<br>Mo<br>Molybdenum<br>95.95<br>[Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> | 43<br>Tc<br>Technetium<br>98.907<br>[Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup> | 44<br>Ru<br>Ruthenium<br>101.07<br>[Kr]4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> | 45<br>Rh<br>Rhodium<br>106.42<br>[Kr]4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> | 46<br>Pd<br>Palladium<br>106.42<br>[Kr]4d <sup>10</sup>             | 47<br>Ag<br>Silver<br>107.868<br>[Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup>   | 48<br>Cd<br>Cadmium<br>112.414<br>[Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>               | 49<br>In<br>Indium<br>114.818<br>[Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> | 50<br>Sn<br>Tin<br>118.711<br>[Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>      | 51<br>Sb<br>Antimony<br>121.760<br>[Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> | 52<br>Te<br>Tellurium<br>127.6<br>[Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> | 53<br>I<br>Iodine<br>126.905<br>[Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup>  | 54<br>Xe<br>Xenon<br>131.29<br>[Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>     |   |   |  |   |  |  |   |
|  | 55<br>Cs<br>Cesium<br>132.905<br>[Xe]6s <sup>1</sup>   | 56<br>Ba<br>Barium<br>137.328<br>[Xe]6s <sup>2</sup>   |   |  |  |  |   |  |  |   | 86<br>Rn<br>Radon<br>222.018<br>[Xe]6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup>     |  |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |  |  |   |
|  | 87<br>Fr<br>Francium<br>223.020<br>[Rn]7s <sup>1</sup> | 88<br>Ra<br>Radium<br>226.025<br>[Rn]7s <sup>2</sup>   |   |  |  |  |   |  |  |   | 118<br>Uuo<br>Ununoctium<br>[Og]7s <sup>2</sup> 7p <sup>6</sup>         |  |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |  |  |   |
|  | Lanthanide Series                                      |  |   |  |  |  |   |  |  |   | 57<br>La<br>Lanthanum<br>138.905<br>[Xe]5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> | 58<br>Ce<br>Cerium<br>140.116<br>[Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> | 59<br>Pr<br>Praseodymium<br>140.908<br>[Xe]4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>            | 60<br>Nd<br>Neodymium<br>144.243<br>[Xe]4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>                 | 61<br>Pm<br>Promethium<br>144.913<br>[Xe]4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>                | 62<br>Sm<br>Samarium<br>150.36<br>[Xe]4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>                  | 63<br>Eu<br>Europium<br>151.964<br>[Xe]4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>                | 64<br>Gd<br>Gadolinium<br>157.25<br>[Xe]4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> | 65<br>Tb<br>Terbium<br>158.925<br>[Xe]4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup> | 66<br>Dy<br>Dysprosium<br>162.500<br>[Xe]4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> | 67<br>Ho<br>Holmium<br>164.930<br>[Xe]4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup> | 68<br>Er<br>Erbium<br>167.259<br>[Xe]4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup> | 69<br>Tm<br>Thulium<br>168.934<br>[Xe]4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup> | 70<br>Yb<br>Ytterbium<br>173.054<br>[Xe]4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup> | 71<br>Lu<br>Lutetium<br>174.967<br>[Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> |
|  | Actinide Series  |  |   |  |  |  |   |  |  |   | 89<br>Ac<br>Actinium<br>227.028<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                  | 90<br>Th<br>Thorium<br>232.038<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                                | 91<br>Pa<br>Protactinium<br>231.036<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                            | 92<br>U<br>Uranium<br>238.029<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                                    | 93<br>Np<br>Neptunium<br>237.048<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                                 | 94<br>Pu<br>Plutonium<br>244.064<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                                | 95<br>Am<br>Americium<br>243.061<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                               | 96<br>Cm<br>Curium<br>247.070<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                                    | 97<br>Bk<br>Berkelium<br>247.070<br>[Rn]7s <sup>2</sup>               | 98<br>Cf<br>Californium<br>251.080<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                 | 99<br>Es<br>Einsteinium<br>[254]<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                | 100<br>Fm<br>Fermium<br>257.095<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                | 101<br>Md<br>Mendelevium<br>258.1<br>[Rn]7s <sup>2</sup>               | 102<br>No<br>Nobelium<br>259.101<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                  | 103<br>Lr<br>Lawrencium<br>[262]<br>[Rn]7s <sup>2</sup>                                 |

Alkali Metal
Alkaline Earth
Transition Metal
Basic Metal
Metalloid
Nonmetal
Halogen
Noble Gas
Lanthanide
Actinide

© 2015 Todd Helmenstine sciencenotes.org

## d Block and f Block Elements

|  |           |           |           |                     |           |           |           |           |             |             |             |  |  |            |            |            |            |            |            |
|--|-----------|-----------|-----------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|--|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|  | 1A<br>(1) |           | 2A<br>(2) | TRANSITION ELEMENTS |           |           |           |           |             |             |             |  |  | 3A<br>(13) | 4A<br>(14) | 5A<br>(15) | 6A<br>(16) | 7A<br>(17) | 8A<br>(18) |
|  |           | d block   |           |                     |           |           |           |           |             |             |             |  |  |            |            |            |            |            |            |
|  |           | 3B<br>(3) | 4B<br>(4) | 5B<br>(5)           | 6B<br>(6) | 7B<br>(7) | 8B<br>(8) | 9B<br>(9) | 10B<br>(10) | 11B<br>(11) | 12B<br>(12) |  |  |            |            |            |            |            |            |
|  | Period 4  | 21<br>Sc  | 22<br>Ti  | 23<br>V             | 24<br>Cr  | 25<br>Mn  | 26<br>Fe  | 27<br>Co  | 28<br>Ni    | 29<br>Cu    | 30<br>Zn    |  |  |            |            |            |            |            |            |
|  | Period 5  | 39<br>Y   | 40<br>Zr  | 41<br>Nb            | 42<br>Mo  | 43<br>Tc  | 44<br>Ru  | 45<br>Rh  | 46<br>Pd    | 47<br>Ag    | 48<br>Cd    |  |  |            |            |            |            |            |            |
|  | Period 6  | 57<br>La  | 72<br>Hf  | 73<br>Ta            | 74<br>W   | 75<br>Re  | 76<br>Os  | 77<br>Ir  | 78<br>Pt    | 79<br>Au    | 80<br>Hg    |  |  |            |            |            |            |            |            |
|  | Period 7  | 89<br>Ac  | 104<br>Rf | 105<br>Db           | 106<br>Sg | 107<br>Bh | 108<br>Hs | 109<br>Mt | 110         | 111         | 112         |  |  |            |            |            |            |            |            |

d block elements  
 f block elements  
 Periodic table  
 Transition elements  
 Inner transition elements

INNER TRANSITION ELEMENTS  
f block

|          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 58<br>Ce | 59<br>Pr | 60<br>Nd | 61<br>Pm | 62<br>Sm | 63<br>Eu | 64<br>Gd | 65<br>Tb | 66<br>Dy | 67<br>Ho | 68<br>Er  | 69<br>Tm  | 70<br>Yb  | 71<br>Lu  |
| 90<br>Th | 91<br>Pa | 92<br>U  | 93<br>Np | 94<br>Pu | 95<br>Am | 96<br>Cm | 97<br>Bk | 98<br>Cf | 99<br>Es | 100<br>Fm | 101<br>Md | 102<br>No | 103<br>Lr |

هنالك أربعة أصناف من العناصر وهي مرتبة حسب تركيبها الإلكتروني :

### 1- عناصر الغازات الخاملة :

وتحتوي الطبقة الخارجية في ذراتها على (8) إلكترونات ما عدا الهليوم يحتوي على (2) إلكترون ، ولها التشكيل الإلكتروني  $(ns^2np^6)$  ، وتتميز بدرجة كبيرة من الاستقرار فلا تدخل في التفاعلات الكيميائية .

### 2- العناصر الممثلة :

أ-مجموعة عناصر "s-block elements" (s) وتنتهي بالتشكيل الإلكتروني  $(ns^1)$  أو  $(ns^2)$  وتتكون من العناصر القلوية والقلوية الأرضية.

ب-مجموعة عناصر "p-block elements" (p) وتنتهي بالتشكيل الإلكتروني  $(np^{1-5})$  وتضم عناصر المجموعات 3،4،5،6،7 الأساسية.

### 3- العناصر الانتقالية الأساسية (Transition elements) :

وتتميز بوجود عدد من الإلكترونات لا يصل لحد التشبع في مستوى الطاقة الداخلي (d) وتنتهي بالتشكيل الإلكتروني  $(ns^2) d^{1-9} (n-1)$  مع ملاحظة وجود إلكترونين في المدار ns غير ضرورياً ، وتسمى هذه المجموعة بعناصر "d-block elements" .

### 4- العناصر الانتقالية الداخلية (Inner Transition elements) :

سميت بهذا الاسم لأنها تقع ضمن متسلسلات العناصر الانتقالية الأساسية ويطلق عليها أيضاً العناصر الأرضية النادرة، وتتميز بأن الغلاف (f) غير مشبع بالإضافة إلى الغلاف (d) أيضاً غير مشبع وتنقسم إلى مجموعتين :

أ- مجموعة اللانثانيدات وتحتوي على مدار (4f) ممتلئ جزئياً أو كلياً.

ب- مجموعة الاكتينيدات وتحتوي على مدار (5f) ممتلئ جزئياً أو كلياً.

ويطلق على هذه المجموعة بعناصر "f-block elements" .

## العناصر الانتقالية الأساسية (Transition elements) والتي تسمى "d-block elements"

## تعريف العنصر الانتقالي:

هو العنصر الذي يحتوي على المدار (d) أو (f) ممتلئ جزئياً بالالكترونات سواء في الحالة الذرية أو في أي حالة من حالات أكسدها ، يعني ذلك أنه من الممكن معاملة فلزات العملة (Coinage metal) النحاس والفضة والذهب باعتبارها فلزات انتقالية ، فأيون النحاس الثنائي الموجب له الترتيب الإلكتروني (3d<sup>9</sup>) ويمتلك أيون الفضة الترتيب الإلكتروني (4d<sup>9</sup>) وكذلك يمتلك أيون الذهب الثلاثي الموجب الترتيب الإلكتروني (5d<sup>8</sup>) ، وبالرجوع إلى الجدول الدوري يمكن أن نتعرف على (58) عنصر يمكن اعتبارها عناصر انتقالية ، وتنقسم العناصر الانتقالية إلى ثلاثة مجاميع رئيسية (3d) و (4d) و (5d) .

## خصائص العناصر الانتقالية

غالبا تصنف كل عناصر B كعناصر انتقالية، مع ذلك وبتعبير أكثر دقة، تعرف العناصر الانتقالية على أنها تلك العناصر المعدنية التي تملك مدارات d غير ممتلئة بالكامل. يعد الحديد، الذي توزيعه الإلكتروني [Ar] 3d<sup>6</sup>4s<sup>2</sup> احد الأمثلة عن ذلك؛ يملك الحديد مدار 3d غير ممتلئ بالكامل، النحاس هو مثال آخر. على الرغم من أن عنصر النحاس الحر لديه التوزيع الإلكتروني التالي [Ar] 4s<sup>1</sup> 3d<sup>10</sup> نلاحظ أن مدار ممتلئ، إلا أن النحاس يشكل أيون النحاس، والذي توزيعه الإلكتروني 3d<sup>9</sup>[Ar] وفيه يكون مدار غير ممتلئ بالكامل .



تملك عناصر العائلة IIB الزنك، الكاديوم والزنابق مدارات d ممتلئة في العنصر وفي الأيونات المعروفة له، لذا وبدقة أكبر لا تعتبر معادنا انتقالية على الرغم من أنها تصنف كذلك غالبا في بعض الأحيان. يقوم الكيميائيون أيضا بتضمين الدورين الاثنين من العناصر الموجودين أسفل الجدول الدوري مع المعادن الانتقالية هذان الدوران الاثنان، غالبا ما ينسبان إلى العناصر الانتقالية الداخلية تملك هذه العناصر مدارات f مملوءة جزئيا في حالات الأكسدة المعروفة.

## الحالات التأكسدية للعناصر الانتقالية

تتصف العناصر الانتقالية بتكوينها أيونات موجبة في حالات تأكسد مختلفة وذلك بسبب تقارب طاقة الكترولونات أوربييتالات  $ns, (n-1)d$  الامر الذي يجعلها قادرة على المشاركة بعدد مختلف من الإلكترونات في التآصر الكيميائي و استقرار حالات التآكد يعتمد على عوامل عديدة منها التركيب الالكتروني ،نوع التآصر و الكيمياء الفراغية ، ويوضح الجدول حالات التآكد المختلفة للعناصر الانتقالية.

ونلاحظ ظهور اتجاه معين خلال الدورة للعناصر الانتقالية- :

| Sc | Ti | V  | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    |    |    |    |    | 1+ | 1+ |    |
|    | +2 | +2 | +2 | +2 | +2 | +2 | +2 | +2 | +2 |
|    | +3 | +3 | +3 | +3 | +3 | +3 | +3 | +3 |    |
|    | +4 | +4 | +4 | +4 | +4 |    | +4 |    |    |
|    |    | +5 | +5 | +5 | +5 |    |    |    |    |
|    |    |    | +6 | +6 | +6 |    |    |    |    |
|    |    |    |    | +7 |    |    |    |    |    |

loss of ns e-

Loss of ns and (n-1)d e-

1. يزيد رقم التآكد لكل أيون حتى الوصول للمغنيز **Mn** وبعدها تبدأ بالتناقص ويعود ذلك إلى زيادة التجاذب بين الشحنة النووية المؤثرة والإلكترونات.
2. كلما زادت حالة التآكد كلما قل ثبات العناصر الانتقالية خلال الدورة.
3. تميل العناصر ذات حالات التآكد العالية لتكون عوامل مؤكسدة جيدة بينما تميل العناصر ذات حالات التآكد المنخفضة لأن تكون عوامل مؤكسد أكثر عند الانتقال خلال الدورة.
4. الأيونات بحالة التآكد الثنائية  $(2)^+$  خلال الدورة تكون عوامل مختزلة قوية وتصبح أكثر ثباتا عند الانتقال من عنصر لآخر.

## تكوين أيونات ومركبات ملونة

أن أوربيتالات d الخمسة للأيون الحر (الحالة الغازية) للفلز الانتقالي تكون ذات طاقة متشابهة أي انها متساوية الانحلال degenerate والإلكترونات تترتب فيها حسب قاعدة باولي Pauli Principle ،وتتأثر هذه الأوربييتالات بالمجال الكهرومغناطيسي حيث يكون الفلز وعند حالة تأكسد معينة العديد من الألوان الناتجة عن امتصاص ترددات مختلفة عند اصطدامه بالمادة، وتتبدل ألوان المركبات المعقدة بتبدل حالة التآكد للفلز بما ينسجم وتغير عدد إلكترونات d والجدول يبين التبدلات اللونية المعتمدة على حالة تآكد الفلز.

| Oxidation state<br>Elements | +2       |          | +4        | +5        | +6 | +7 |
|-----------------------------|----------|----------|-----------|-----------|----|----|
| V                           | $V^{+2}$ | $V^{+3}$ | $VO^{+2}$ | $VO^{2+}$ |    |    |
|                             | Violet   | Yellow   | blue      | yellow    |    |    |

## صفات العناصر الانتقالية

تمتلك العناصر الانتقالية خصائص معينة وما يلي اهم تلك الصفات :

1. تتميز العناصر الانتقالية بأنها معدنية، هو التشابه البارز بين العناصر الانتقالية الأربعة والعشرون جميعها، ويتميز معظمها بالصلابة، والقوة، واللمعان؛ حيث إنّ معظم المعادن بيضاء اللون أو ضاربة إلى الرمادي كالحديد والفضة، أما النحاس والذهب فلهما ألواناً مميزة لا توجد بين العناصر الأخرى بالجدول الدوري.
2. تتّصف العناصر الانتقالية بامتلاكها لدرجة غليان، ودرجة الانصهار، حيث إنّ درجات الذوبان والغليان الخاصة بها عالية، باستثناء عنصر الزئبق الذي يكون في الحالة السائلة في درجة حرارة الغرفة.
3. تعتبر العناصر الانتقالية موصلات جيّدة للحرارة والكهرباء، ونتيجةً لمدى توافق هذه الخصائص كبير؛ فإنّ التقارير الناتجة يمكن مقارنتها مع الخصائص العامة للعناصر الأخرى.
4. تعتبر العديد من العناصر الانتقالية مهمّة في مجال التكنولوجيا كاستخدام التيتانيوم، والحديد، والنيكل، والنحاس للبناء، وتكنولوجيا الكهرباء، بالإضافة إلى مساهمة هذه العناصر في تكوين العديد من السبائك المفيدة فيما بينها، وبين العناصر المعدنية الأخرى.
5. تذوب معظم هذه العناصر بالأحماض المعدنية، ولكن هناك القليل منها كالبلاتين، والفضة، والذهب لا تتأثر بالأحماض البسيطة غير مؤكسدة، وتعتبر عناصر نبيلة.
6. تتميز المعادن الانتقالية بمرونتها؛ لذلك يسهل طرقها، وتشكيلها، وثنيها.
7. تمتلك العناصر الانتقالية طاقة تأين قليلة.
8. تُشكّل العناصر الانتقالية مركّبات الألوان؛ وبالتالي فإنّ المركّبات الناتجة منها والمحاليل قد تكون ملوّنة، وذلك نتيجةً لتقسيم هذه المركّبات مدار (d) إلى مستويات طاقة ثانوية، مما يسمح لها بامتصاص أطوال موجية معينة من الضوء، ونتيجةً لحالات التأكسد المختلفة؛ فيمكن لعنصر واحد أن ينتج مركّبات ومحاليل بألوان كثيرة جداً.
9. على الرّغم من تفاعلية العناصر الانتقالية؛ إلا أنها ليست تفاعلية بقدر العناصر المنتمية إلى مجموعة معادن الفلزّات القلوية.

10. تشكّل العديد من العناصر الانتقالية مركّبات مغناطيسية ، (بالإنجليزية: paramagnetic)

## أهمية العناصر الانتقالية :

تعزى أهميتها لقدرتها على تكوين معقدات، ويرجع ذلك إلى أن هذه العناصر :

1- نصف قطرها صغير .

2- شحنتها الموجبة عالية .

3- لها مدارات فارغة ذات طاقة مناسبة لكي تستقبل أزواج الإلكترونات من المجموعات التناسقية .

## التركيب الإلكتروني لعناصر المجموعة (d) العناصر الانتقالية :

للعناصر الانتقالية الأساسية لها التركيب الإلكتروني العام  $(n-1) dx \ ns^2$  حيث  $(x = 1- 9)$  غير أن طاقتي (s) و (d) متقاربتين جدا ولهذا قد يختلف الترتيب الإلكتروني عن ما سبق ذكره في حالة الاستقرار أي أن ليس من الضروري أن يكون هناك إلكترونان في الغلاف (s) ، ومن أهم أسباب ذلك زيادة طاقة الازدواج على الفرق بين طاقتي الأغلفة المذكورة ومن أمثلة ذلك التركيب الإلكتروني للكروم والنحاس في المتسلسلة الأولى :



وذلك لكون الأغلفة الممتلئة ونصف الممتلئة تكون أكثر استقرارا وعليه فإن هناك قوة دافعة أما لأخذ إلكترون من أحد المدارات للحصول على غلاف ممتلئ أو نصف ممتلئ (حالة الكروم والنحاس) أو أن تبعد الإلكترون الزائد إلى مدار آخر له طاقة مشابهة للحصول على غلاف نصف ممتلئ كما في حالة الجادولينيوم (Gd) من مجموعة (f) حيث تركيبه الإلكتروني  $(4s^2 5d^1 4f^7)$  .

## عناصر الكتلة (d) السلاسل الانتقالية الأولى والثانية والثالثة :

العناصر الانتقالية الأساسية : وهي عناصر الفئة (d) وهذه العناصر جميع مستوياتها الرئيسية مكتملة ما عدا المستويين الرئيسيين الأخيرين وتشمل :

## السلسلة الانتقالية الأولى (3d) :

تحتوي عناصر هذه المجموعة على المدار (3d) ممتلئ جزئيا وتبدأ عناصر هذه المجموعة بعنصر السكندنيوم ( $\text{Sc}_{21}$ ) الذي له التوزيع الإلكتروني  $(3d^2 4s^1)$  ويعتبر هذا العنصر أخف عناصر هذه المجموعة وتحتوي العناصر التالية للسكندنيوم على المدار (d) ممتلئ جزئيا ما عدا (عنصر النحاس أو أحد أيوناته وأيون السكندنيوم) ، وتنتهي هذه المجموعة بعنصر الزنك ( $\text{Zn}_{30}$ ) الذي له التوزيع الإلكتروني  $(3d^{10} 4s^2)$  ولا يحتوي هذا العنصر على المدار (d) ممتلئ جزئيا حتى أيوناته لا تحتوي على المدار (d) ممتلئ جزئيا .

## السلسلة الانتقالية الثانية (4d) :

تحتوي عناصر هذه المجموعة على المدار (4d) ممتلئ جزئياً ، عناصر هذه المجموعة هي ( Y , Zr , Nb , Mo , Tc ) تشمل هذه العناصر على المدار 4d ممتلئ جزئياً ما عدا (Cd) الكادميوم وأيون (Ag) الفضة ، كما تشمل أحد أيوناتها التنشيطية على المدار (4d) ممتلئ جزئياً (كلهم ما عدا اليتريوم) ، مرة أخرى نجد عناصر لا تحتوي على امتلاء جزئي في المدار (d) ، حتى نصل إلى عنصر اللانثانيوم ذو التركيب الإلكتروني في المدار الأخير (6s<sup>2</sup> 5d<sup>1</sup>) ، وبعد عنصر اللانثانيوم نلاحظ أن الإلكترونات لا تتجه لملئ المدار (5d) ولكننا نلاحظ أن الإلكترونات تملئ المدار (4f) حيث أنه أصبح أكثر استقرار من المدار (5d) وتشتمل هذه المجموعة من العناصر عنصر السيريوم (Ce<sub>58</sub>) (Xe<sub>54</sub> 6s<sup>2</sup>) (4f<sup>1</sup> 5d<sup>1</sup>) حتى عنصر اللوتيتيوم (Lu<sub>71</sub>) (Xe<sub>54</sub> 6s<sup>2</sup> 4f<sup>14</sup> 5d<sup>1</sup>) ونظراً لأنها تأتي بعد عنصر اللانثانيوم فقد سميت باللانثانيدات وتسمى أيضاً بالعناصر الأرضية النادرة للأسباب الآتية :

- 1- خامات هذه العناصر توجد على صورة أكاسيد وكلمة أكسيد تعني أرض (earth) ولذلك سميت أرضية .
- 2- خامات هذه العناصر توجد مختلطة مع بعضها البعض وقد وجد العلماء صعوبات عديدة لفصل كل عنصر بصورة نقية عن باقي العناصر المختلطة به ولذلك سميت نادرة .

تعتبر اللانثانيدات متشابهة إلى حد كبير في خواصها الكيميائية مع أنها تختلف في عدد الكترونات المستوى الفرعي (4f) ويرجع السبب في ذلك إلى أن المستوى الفرعي (4f) يكون مغموراً بعمق داخل المستويات الذرية الأخرى ومحجوباً تماماً بالمستويين الفرعيين (5s , 5p) وبذلك ليس للمستوى الفرعي (4f) تأثير كيميائي يذكر لأن اليكترونات التكافؤ متشابهة (6s<sup>2</sup> 5d<sup>1</sup>) .

## السلسلة الانتقالية الثالثة (5d) :

تشتمل عناصر هذه المجموعة على المدار (5d) ممتلئ جزئياً وتبدأ بعنصر الهافنيوم (Hf) له التركيب الإلكتروني (6s<sup>2</sup> 5d<sup>2</sup>) بعد ذلك يأتي (Au , Pt , Ir , Os , Re , W , Ta) كل من هذه العناصر أو أحد أيوناتها يحتوى على المدار (5d) ممتلئ جزئياً في العنصر المتعادل أو أحد أيوناته ما عدا الذهب في العنصر المتعادل . ونلاحظ بعد عنصر الزئبق لا يمكن مشاهدة فراغات في المدار (d) وهكذا حتى نصل إلى عنصر الأكتينيوم ذو التركيب الإلكتروني (7s<sup>2</sup> 6d<sup>1</sup>) حيث تبدأ الإلكترونات في ملئ المدار (5f) وتكوين مجموعة جديدة تحتوي على (14) عنصر تعرف بالاكتنيدات تبدأ بعنصر الثوريوم (Th<sub>90</sub>) (Rn<sub>86</sub> 7s<sup>2</sup> 5f<sup>1</sup> 6d<sup>1</sup>) وتنتهي بعنصر اللورنسيوم (Lw<sub>103</sub>) (Rn<sub>86</sub> 7s<sup>2</sup> 5f<sup>14</sup> 6d<sup>1</sup>)

ويلاحظ فيها ما يأتي :

- 1- عدد عناصرها (14) عنصر.
- 2- تسمى الاكتينيدات بالعناصر المشعة لأن أنويتها غير مستقرة.
- 3- يوجد في الطبيعة منها ثلاث عناصر فقط هي الثوريوم (Th<sub>90</sub>) والبروتواكتينيوم (Pa<sub>91</sub>) اليورانيوم (U<sub>92</sub>).
- 4- باقي العناصر لا توجد في الطبيعة ولكنها تحضر صناعيا في المفاعلات الذرية، ويمكن الحصول عليها بقذف أنوية العناصر الثقيلة بقذائف النيوترون أو بنويات عناصر خفيفة مثل الهليوم أو الكربون.

### الترتيب الإلكتروني للعناصر الانتقالية

قاعدة هوند

تميل الإلكترونات أن تكون منفردة في المدار الذري مالم يكن عددها أكبر من عدد المدارات.

In forming SIMPLE ions, 4s e<sup>-</sup> are removed before 3d e<sup>-</sup>.

| Element | Z  | e- Configuration of ATOM              | Common ion(s)                         | e- Configuration of ION   |
|---------|----|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Sc      | 21 | [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup>  | * Sc <sup>3+</sup>                    | [Ar] 4s <sup>0</sup> 3d <sup>0</sup>  |
| Ti      | 22 | [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup>  | Ti <sup>2+</sup>                      | [Ar] 4s <sup>0</sup> 3d <sup>2</sup>  |
| V       | 23 | [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup>  | V <sup>2+</sup>                       | [Ar] 4s <sup>0</sup> 3d <sup>3</sup>  |
| Cr      | 24 | [Ar] 4s <sup>1</sup> 3d <sup>5</sup>  | Cr <sup>3+</sup>                      | [Ar] 4s <sup>0</sup> 3d <sup>3</sup>  |
| Mn      | 25 | [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup>  | Mn <sup>2+</sup>                      | [Ar] 4s <sup>0</sup> 3d <sup>5</sup>  |
| Fe      | 26 | [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>6</sup>  | Fe <sup>2+</sup><br>Fe <sup>3+</sup>  | [Ar] 4s <sup>0</sup> 3d <sup>6</sup><br>[Ar] 4s <sup>0</sup> 3d <sup>5</sup>  |
| Co      | 27 | [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup>  | Co <sup>2+</sup>                      | [Ar] 4s <sup>0</sup> 3d <sup>7</sup>  |
| Ni      | 28 | [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup>  | Ni <sup>2+</sup>                      | [Ar] 4s <sup>0</sup> 3d <sup>8</sup>  |
| Cu      | 29 | [Ar] 4s <sup>1</sup> 3d <sup>10</sup> | * Cu <sup>+</sup><br>Cu <sup>2+</sup> | [Ar] 4s <sup>0</sup> 3d <sup>10</sup><br>[Ar] 4s <sup>0</sup> 3d <sup>9</sup> |
| Zn      | 30 | [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> | * Zn <sup>2+</sup>                    | [Ar] 4s <sup>0</sup> 3d <sup>10</sup>   |

\* Sc<sup>3+</sup>, Cu<sup>+</sup> and Zn<sup>2+</sup> are NOT typical transition metal ions because they have empty or complete d-sub-shells. eg Sc<sup>3+</sup> and Zn<sup>2+</sup> compounds all white ; one oxidation state only.

لكتابة الترتيب الإلكتروني نتبع الخطوات التالية:-

1- جميع العناصر الانتقالية تتبع القاعدة  $M = [ ] ns (n-1)d$

بحيث:

M هو العنصر (الفلز)

[ ] العنصر النبيل الذي يقع قبل العنصر M بدورة

n رقم الدورة للعنصر M

2- العدد الذري للعنصر توزع العشرات على اوربتال s و الاحاد على أوربتال d.

3- السلسلة الانتقالية الثالثة (الدورة السادسة) يدخل في الترتيب f14 في نهاية الترتيب الإلكتروني.

4- في المجموعة الواحدة، الترتيب الإلكتروني للسلسلتين الثانية والثالثة تتبع توزيع الإلكترونات لعنصر السلسلة الأولى.