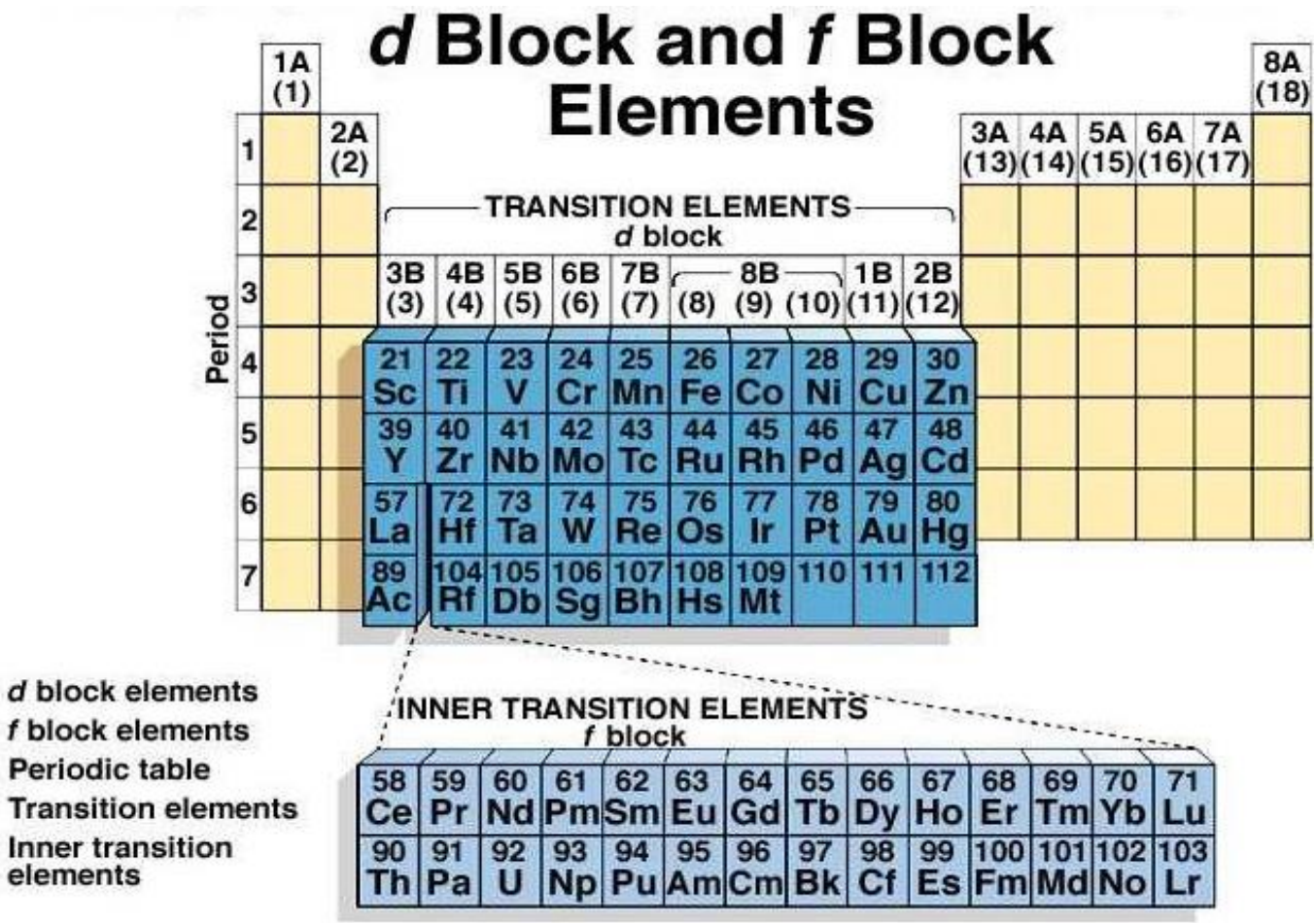
الفصل الاول: *مقدمة عن العناصر الانتقالية*

❖ العناصر الانتقالية: **Transition Elements**

يحمل مصطلح فلز انتقالي تفسيراً قديماً يتمثل بالانتقال بين العناصر الممثلة ذات الكهروموجبية العاليـــــــــة جداً (عناصر القطاع S) و العناصر الممثلة ذات الكهروموجبية الواطئة جداً (عناصر القطاع P), أما التفسير الحديث فيستعمل بشكل أوسع ليشمل عناصر الركن d من الجدول الدوري الحديث أي الفلزات التي تحتوي على أوربتالات d الممتلئة جزئياً أي أنه هناك ثلاث سلاسل من الفلزات الانتقالية تبدأ السلسة الأولى بفلز السكانديوم Sc وتنتهي بالزنك Zn , وتبدأ السلسلة الثانية بفلز يتريوم Y وتنتهي بالكادميوم Cd , وتبدأ الثالثة بفلز لانثنيوم La وتنتهي بالزئبق Hg كما في الجدول الدوري التالي .



لذا فالعنصر الذي يحتوي على المدار (d) أو (f) ممتلئ جزئيا بالاليكترونات سواء في الحالة الذرية أو في أي حالة من حالات أكسدتها ، يعني ذلك أنه من الممكن معاملة فلزات العملة (Coin age metal) النحاس والفضة والذهب باعتبارها فلزات انتقالية ، فأيون النحاس الثنائي الموجب له الترتيب الإليكتروني ($3d^9$) ويمتلك أيون الفضة الترتيب الإليكتروني ($4d^9$) وكذلك يمتلك أيون الذهب الثلاثي الموجب الترتيب الإليكتروني ($5d^8$) ، وبالرجوع إلى الجدول الدوري يمكن أن نتعرف على (58) عنصر يمكن اعتبارها عناصر انتقالية ، وتنقسم العناصر الانتقالية الى قسمين هي:

العناصر الانتقالية الأساسية (Transition elements) :

وتمتاز بوجود عدد من الاليكترونات لا يصل لحد التشبع في مستوى الطاقة الداخلي (d) وتنتهي بالتشكيل الاليكتروني $(n-1)\ d^{1-9}\ ns^2$) مع ملاحظة وجود إليكترونين في المدار ns غير ضرورياً ، وتسمى هذه المجموعة بعناصر "d-block elements" وتنقسم بدورها إلى ثلاثة دورات رئيسية (3d) و (4d) و (5d) .

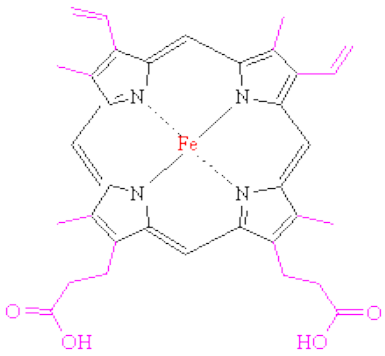
العناصر الانتقالية الداخلية (Inner Transition elements) :

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

أ-مجموعة اللانثانيدات وتحتوي على مدار (4f) ممتلئ جزئيا أو كليا .

ب- مجموعة الاكتينيدات وتحتوي على مدار (5f) ممتلئ جزئيا أو كليا .

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



اهمية العناصر الانتقالية:

الاهمية الحياتية

للعديد من العناصر الانتقالية أهمية حيوية بالغة ، وذلك لأن بعضاًمنها يدخل في تكوين أجسام الكائنات الحية ، ويساهم في تركيبها بكميات بسيطة جداً (ملليجرامات).(وهذا أمر في غاية الأهمية إذ إن زيادة كميتها أو نقصانها عن الحد الطبيعي الذي يفترض أن تكون عليه يسبب للكائن الحي آثاراً مرضية خطيرة قد تكون قاتلة في بعض الحالات.

الحديد Fe

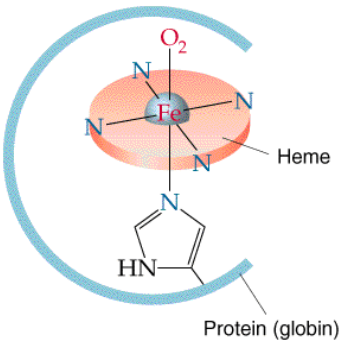
تعد مادة الهيموجلوبين في الدم من أكثر المواد أهمية لحياة الإنسان ، كما يعد الحديد العنصر المهم في جزيئات هذه المادة فهو الذي يكسب الدم لونه الأحمر . الى جانب كونه المسؤول عن نقل الأكسجين من الرئة الى مختلف أنسجة الجسم وخلاياه.

النحاس Cu

يساهم النحاس في تركيب كثير من الأنزيمات المسؤولة عن تكوين الأوعية الدموية والعظام والأعصاب.
كما يساهم في تكوين صبغة الميلانين التي تحمي أجسامنا من أشعة الشمس فوق البنفسجية.

الكوبالت Co

يدخل في تركيب فيتامين B12 وعادة مايؤدي نقصة إلى انخفاض عدد كريات الدم البيضاء والصفائح الدموية
كما يؤدي إلى الإصابة بمرض الأنيمياء (فقر الدم)



الاهمية الصناعية

التيتانيوم ومركباته :

يقاوم التآكل ويتحمل الحرارة وتعادل كثافتة نصف كثافة الحديد الصلب تقريباً، لذلك فهو يستخدم في صناعة الطيران والهندسة الكيميائية والنووية وله تطبيقات طبية حيث يدخل في صناعة أعضاء صناعية لجسم الإنسان كالمفاصل، كما يدخل أوكسيد التيتانيوم في صناعة الأصباغ البيضاء.

الحديد Fe والنيكل Ni:

يستخدم الحديد والنيكل في صناعات كثيرة ومختلفة ومتنوعة، وتظهر في الشكل أدوات مصنوعة من الحديد والصلب، وعملات معدنية من النيكل.

الكوبالت Co

يستخدم نظيرة المشع Co^{27} في المجالات الطبية لأنه يطلق أشعة جاما التي لها القدرة على اختراق الأجسام وإحداث تلف في الأجسام الحية التي يصيبها لذا يستخدم في القضاء على الخلايا السرطانية . كما يدخل الكوبالت في صناعة أعضاء صناعية لجسم الإنسان كالمفاصل.

الشكل الالكتروني للعناصر الانتقالية :- Electronic Configuration Of Transition Elements

عناصر المجاميع الرئيسية التي تسبق المجموعة الأنتقالية لايوجد لها الكترونات في المدار d ولكن العناصر الأنتقالية تحتوي على المدار d وS ففي السلسلة الأنتقالية الأولى من الـ Sc ⟵ Zn يمتلئ المدار d فقط ماعدا النحاس Cu و Cr حيث أن المدار S الخارجي لعناصر المستوى الفرعي d يكون في حالة طاقة أقل من طاقة المستوى الفرعي d للمستوى n-1 ونظراً لأن الذرات تميل لأن تكون أقل حالات الطاقة فيتم ملئ المدار S أولاً ولكن النحاس ($3d^{10}4S^1$) و الكروم ($3d^5 4S^1$) قيتم ملئ المدار d اولاً لأنها الحالة الأكثر ثباتاً أي عند وجود خمسة أو عشرة ألكترونات في المدار d .

Element	Partial Orbital Diagram (4s / 3d / 4p)	Unpaired Electrons
Sc	↑↓ / ↑	1
Ti	↑↓ / ↑ ↑	2
V	↑↓ / ↑ ↑ ↑	3
Cr	↑ / ↑ ↑ ↑ ↑ ↑	6
Mn	↑↓ / ↑ ↑ ↑ ↑ ↑	5
Fe	↑↓ / ↑↓ ↑ ↑ ↑ ↑	4
Co	↑↓ / ↑↓ ↑↓ ↑ ↑ ↑	3
Ni	↑↓ / ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑	2
Cu	↑ / ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	1
Zn	↑↓ / ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	0

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 السكانديوم (Sc_{21}) الذي له التوزيع الاليكتروني ($4S^2 3d^1$) ويعتبر هذا العنصر أخف عناصر هذه المجموعة وتحتوي العناصر التالية للسكانديوم على المدار (d) ممتلئ جزئيا ماعدا (عنصر النحاس أو أحد أيوناته وأيون السكانديوم) , وتنتهي هذه المجموعة بعنصر الزنك (Zn_{30}) الذي له التوزيع الاليكتروني ($3d^{10} 4S^2$) 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 جزئيا ، عناصر هذه المجموعة هي (Y , Zr , Nb , Mo , Tc , Ru , Rh , Pd , Ag) تشمل هذه العناصر على المدار 4d ممتلئ جزئيا ما عدا (Cd) الكادميوم وأيون (Ag) الفضة ، كما تشمل أحد أيوناتها التنشيطية على المدار (4d) مملئ جزئيا (كلهم ما عدا اليتريوم) ، مرة أخرى نجد عناصر لا تحتوي على امتلاء جزيء في المدار (d) ، حتى نصل إلى عنصر الانثانيوم ذو التركيب الاليكتروني في المدار الأخير ($6S^2\ 5d^1$) ، وبعد عنصر الانثانيوم نلاحظ أن الإليكترونات لا تتجه لملئ المدار (5d) ولكننا نلاحظ أن الاليكترونات تملى المدار (4f) حيث أنه أصبح أكثر استقرار من المدار (5d) وتشتمل هذه المجموعة من العناصر عنصر السيريوم (Ce_{58}) ($Xe54\ 6S^2\ 4f^{14}\ 5d^1$) حتى عنصر اللوتيتيوم ($Lu_{71}$) ($Xe54\ 6S^2\ 4f^{14}\ 5d^1$) ونظرا لأنها تأتي بعد عنصر الانثانيوم فقد سميت باللانثانيدات وتسمى أيضا بالعناصر الأرضية النادرة للأسباب الآتية :

1-خامات هذه العناصر توجد على صورة أكاسيد وكلمة أوكسيد 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.

ولكن تسميتها بأنها عناصر نادرة غير دقيقة للأسباب الآتية :

1-خامات هذه العناصر ليست نادرة لأنها توجد في الطبيعة بنسبة أكبر من وجود كثير من العناصر المتوفرة مثل اليود والبزموت.

2-يمكن حاليا فصل عناصر اللانثانيدات عن بعضها بسهولة بواسطة المبادلات الأيونية ولها نشاط كيميائي ومتشابهة إلى حد كبير في خواصها الكيميائية وتشبه في تفاعلاتها عنصر الكالسيوم وغالبا ثلاثية التكافؤ لأن إليكترونات التكافؤ فيها جميعا هي ($6S^2\ 5d^1$) كما يتضح من التفاعلات الآتية :

$$2Ce + 6H_2O \longrightarrow 2Ce(OH)_3 + 3H_2$$

$$Ce(OH)_3 + 3HCl \longrightarrow CeCl_3 + 3H_2O$$

علل : اللانثانيدات متشـــابهة إلى حد كبير في خواصـــها الكيميائية مع أنها تختلف في عدد اليكترونات المســـتوى الفرعي (4f) ؟

يرجع ذلك إلى أن المســـتوى الفرعي (4f) يكون مغمورا بعمق داخل المســـتويات الذرية الأخرى ومحجوبا تماما بالمســـتويين الفرعيين (5S , 5P) وبذلك ليس للمســـتوى الفرعي (4f) تأثير كيميائي يذكر لأن اليكترونات التكافؤ متشابهه ($6S^2$ $5d^1$) .

السلسلة الانتقالية الثالثة (5d) :

تشـتمل عناصـر هذه المجموعة على المدار (5d) ممتلئ جزئيا وتبدأ بعنصـر الهافنيوم (Hf) له التركيب الاليكتروني ($6S^2$ $5d^2$) بعد ذلك يأتي (Au , Pt , Ir , Os , Re , W , Ta) كل من هذه العناصـر أو أحد أيوناتها يحتوى على المدار (5d) ممتلئ جزئيا في العنصـــر المتعادل أو أحد أيوناته ما عدا الذهب في العنصـــر المتعادل . ونلاحظ بعد عنصر الزئبق لا يمكن مشاهدة فراغات في المدار (d) وهكذا حتى نصل إلى عنصر الأكتنيوم ذو التركيب الاليكتروني ($7S^2$ $6d^1$) حيث تبدأ الإليكترونات في ملء المدار (5f) وتكوين مجموعة جديدة تحتوي على (14) عنصر تعرف بالاكتنيدات تبدأ بعنصر الثوريوم (Th_{90}) (Rn86 $7S^2$ $5f^1$ $6d^1$) وتنتهي بعنصر اللورنسيوم Lw (Lw_{103}) (Rn86 $7S^2$ $5f^{14}$ $6d^1$) 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^{90}) والبروتواكتنيوم (Pa^{91}) اليورانيوم (U^{92}) .

4-باقي العناصـر لا توجد في الطبيعة ولكنها تحضـر صـناعيا في المفاعلات الذرية ، ويمكن الحصـول عليها بقذف أنوية العناصر الثقيلة بقذائف النيوترون أو بنويات عناصر خفيفة مثل الهليوم أو الكربون .

الخواص العامة للعناصر الانتقالية :

1-جميعها فلزات مثالية، فهي صـــلبة وقوية ولها درجات انصـــهار وغليان مرتفعة، وقابليتها للتوصـــيل الحراري والكهربائي عاليه.

2-تكون سبائك مع بعضها البعض ومع الفلزات الأخرى .

3-أغلبها كهروموجيه غير أن قسما قليلا منها لا يتأثر بالحوامض البسيطة وذلك لانخفاض قيم جهود أقطابها .

4-تتميز بحالات التأكسـد المتعددة حيث تتصـف العناصـر الأنتقالية بتكوينها أيونات موجبة في حالات تأكسـد مختلفة وذلك بسبب تقارب طاقة الكترونات اوربيتالات ns,(n-1)dالأمر الذي يجعلها قادرة على المشاركة بعدد مختلف من الإلكترونات في التآصر الكيميائي و استقرار حالات التأكسد يعتمد على عوامل عديدة منها التركيب الالكتروني، نوع التآصر و الكيمياء الفراغية. ويوضح الجدول حالات التأكسد المختلفة للعناصر الأنتقالية.

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	+3	
	+4	+4	+4	+4	+4		+4		
		+5	+5	+5	+5				
			+6	+6	+6				
				+7					

loss of ns e-

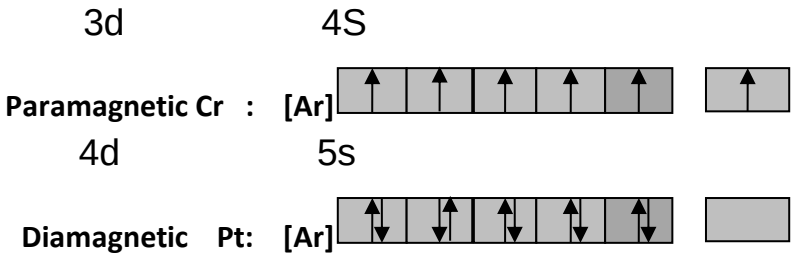
Loss of ns and (n-1) d e-

5-مركبات هذه الفلزات ملونة غالبا ويرجع ذلك إلى الانتقال الداخلي للإليكترونات داخل المدار (d) ، حيث أن هذا الانتقال يحتاج إلى طاقة بسيطة يمتصها من الضوء المرئي كما الحال في أملاح النحاس حيث أن هذه الأملاح تبدو زرقاء لأن الانتقال (d-d) يحتاج إلى طاقة بسيطة يستمدها من امتصاص اللون الأحمر وبالتالي الضوء المنتقل يحتوي على كمية أكبر من الألوان الأخرى غالبيتها الأزرق وبالتالي تبدو أملاح النحاس ملونة باللون الأزرق ، هذه الظاهرة لا تحدث في أملاح العناصر (s , p) حيث أن الاليكترونات في هذه الأملاح لا تنتقل انتقالا داخليا أي (s-s) ، (p-p) إنما تنتقل إلى المدارات الخارجية وهذا يحتاج كمية طاقة كبيرة تمتص من المنطقة الفوق البنفسجية وهذه المنطقة غير ملونة وبالتالي فإن أملاح الـ (s , p) غير ملونة .

Oxidation state / Elements	+2	+3	+4	+5	+6	+7
V	V^{+2}	V^{+3}	VO^{+2}	VO^{2+}		
	Violet	Yellow	blue	yellow		
Cr	Cr^{+2}	Cr^{+3}			CrO_4^{-2}	
	Blue	green			yellow	
Mn	Mn^{+2}	Mn^{+3}		MnO^{3-}	MnO_4	MnO_4^{2-}
	Pink	red		blue	green	violet
Fe	Fe^{+2}	Fe^{+3}				
	green	purple				

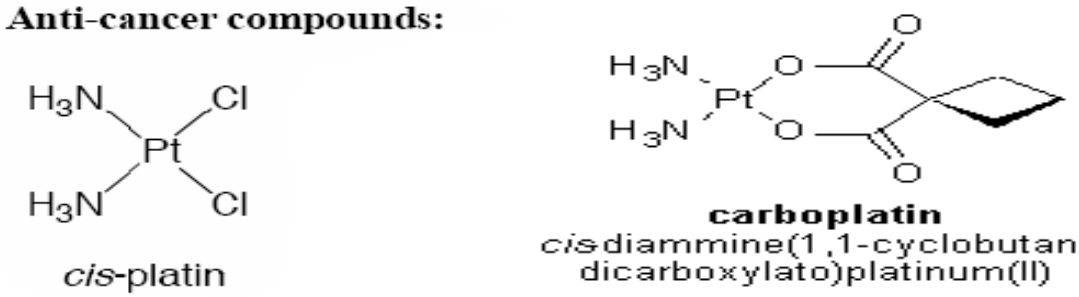
6-بسبب المدارات المملوءة جزئيا فإنها تكون مركبات بارامغناطيسية .

وسيترك الشرح التفصيلي لهذه الصفات سيذكر في محاضرات متقدمة، ولكن بصورة مبسطة تصنف المواد إلبارا- مغناطيسية وهي المواد التي تنجذب نحو المجال المغناطيسي وسبب ذلك هو امتلاك هذه المواد الكترونات منفردة حيث تعمل هذه الالكترونات بمثابة مغانط صغيرة، بالاضافة إلى المواد دايا - مغناطيسية التي تكون جميع الكتروناتها مزدوجة كما في المثال:



7-تستخدم كعوامل مساعدة (V_2O_5 , Pt , Fe) .

8-تكوين المركبات المعقدة: -تكون الفلزات الأنتقالية مركبات معقدة ذات خصائص طيفية و مغناطيسية مهمة وكثير من هذه المركبات مكونة ضرورية في الأنظمة البيولوجية (الهيموكلوبين (معقد الحديد Fe)، والمركبات مضادات مرض السرطـــان (carboplatin) (cis-platin) كما مبين أدناه:



وقد يتبادر للذهن أن كل مركب مكون من عدة عناصر يعتبر مركباً معقداً مثل الشب أو ملح موهر Mohr's Salt وهذه أملاح مزدوجة (Double salts) وليست مركبات معقدة. لذا يجب معرفة المركبات المعقدة لكي يتسنى لنا دراستها وتمييزها بالشكل الصحيح.

دراسة الخواص المميزة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى الفلزية :

1-الصفات المعدنية والتآكل والكهروموجية :

الفلزات الانتقالية تقاوم التآكل فيما عدا الحديد وهذه الخاصية تجعل التيتانيوم مفيد جدا في الصناعة حيث يقاوم التآكل بشدة ولا سيما في مياه البحر كما يستخدم النيكل والكروم لطلاء الحديد والصلب أما صفة الكهروموجية فهي تقل بصفة عامة خلال المتسلسلة كلما اتجهنا من اليسار إلى اليمين (Sc ⟶ Cu) وعلى ذلك فكثير منهم يذوب في الأحماض المعدنية مثل المنغنيز والكروم والحديد .

$$Fe + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2$$

وقليل منهم لا يذوب في الحوامض غير المؤكسدة كالذهب والفضة والبلاتين والبلاديوم ولكنها تذوب في الماء الملكي –عبارة عن خليط من ثلاث حجوم من (HCl) وحجم من (HNO_3) حيث تتكون أيونات معقدة - كلورية .

$$Au^{+3} + 3NO_3 + 4Cl^- + 6H^+ \rightleftharpoons [AuCl_4]^- + 3H_2O + 3NO_2$$

2-جهد التأين :

هو سهولة انتزاع إليكترون من ذرات العناصر الانتقالية، تكون وسيطة بين طاقات التأين لعناصر المجـمـوعات (s و p) وتختلف قيم طاقات التأين الأولى للعناصر الانتقالية عن قيم طاقات التأين لليثيوم والكربون على التوالي . وهذا يوحي بأن العناصر الانتقالية أقل خاصية موجبة من عناصر المجموعة الأولى والثانية ، وقد تكون إما روابط أيونية أو تساهمية معتمدة على الظروف. وعموما فإن حالة التأكسد المنخفضة تكون أيونية ، وتكون حالات التأكسد المرتفعة تساهمية ، ويقل الميل لكي تكون ذات صفة أيونية كلما زادت أحجام الذرات.

3-تعدد حالات الأكسدة :

إحدى الصفات المميزة للعناصر الانتقالية الأساسية هي قابليتها على إظهار عدة حالات تأكسد وتعتمد كل حالة على طبيعة العناصر المتحدة مع هذه الفلزات فتظهر أعلى حال تأكسد عندما تتفاعل هذه الفلزات مع الفلور أو الأكسجين أو مع كليهما لأن هذان العنصران هما أكثر العناصر كهروسالبيه ويمكن إعطاء تفسير لذلك على أساس قاعدة تعادل الشحن الكهربية فتكون رابطة بين فلز يحمل شحنة موجبة عالية وبين أيون الأكسيد أو الفلوريد السالب يساعد على التقليل من شحنة الفلز أما إذا تم انتقال كلي لإليكترون واحد من اللافلز (O^{2-} ، F^- ، .....) إلى أيون الفلز فإن الفلز سيعاني اختزالا بينما يعاني اللافلز تأكسدا وعليه فلا يمكن لغير العناصر ذات الكهروسالبيه العالية الاتحاد مع الفلز والمحافظة على حالة تأكسده العالية، ونلاحظ أن حالات التأكسد تزيد كلما اتجهنا من أعلى إلى أسفل في المجموعة الواحدة وتكون أكثر استقرار فعلى سبيل المثال في مجموعة الحديد نجد أن للحديد حالتان سائدتان وهما(2+ ، 3+)، وبصفة عامة نجد أن حالات التأكسد العالية (4+) فصاعداً تكون أكثر ثباتاً في العناصر الانتقالية للمتسلسلات الثانية والثالثة عنها في المتسلسلة الأولى وهذا يرجع إلى زيادة حجم الذرات كلما اتجهنا إلى أسفل، فإذا قارنا طاقات التأين لتكافؤات النيكل والبلاتين نجد أن الطاقة اللازمة لتكوين (Ni^{2+}) أقل من تلك اللازمة لتكوين (Pt^{2+}) وتلك اللازمة لتكوين (Ni^{4+}) أكبر من تلك اللازمة لتكوين (Pt^{4+}) وعلى ذلك فإن مركبات (Ni^{2+}) من الناحية الثرموديناميكية أكثر ثباتاً من مركبات (Pt^{2+}) بينما مركبات (Pt^{4+}) تكون أكثر ثباتاً من مركبات (Ni^{4+}).

4-كثرة تكوين معقدات :

تكون العناصر الانتقالية مركبات تناسقية عديدة وهذا على النقيض لعناصر المجموعة (s) والمجموعة (p) وهذا يرجع إلى صغر حجم الأيونات ، وارتفاع شحنتها ، وكذلك تحتوي على مدارات فارغة لها طاقة مناسبة تستقبل الاليكترونات من الليجندات المجموعات المعطية .

5-الخواص الحفزية :

بعض العناصر الانتقالية ومركباتها لها صفات حفزية، وأهم هذه الفلزات هي الحديد والنيكل والبلاتين، ومن المركبات أكسيد الفانديوم (V_2O_5)، في بعض الأحيان تكون هذه العناصر مركبات وسيطه غير ثابتة وفي حالات أخرى تكون أسطح هذه الفلزات نشطة جدا بحيث تصبح هي عامل حفز قوي.

6-التركيب اللاتكافؤي:

أهم صفات العناصر الانتقالية هو تميزها بتكوين مركبات لا تكافؤية أي مركبات غير محددة التركيب والكميات وعلى سبيل المثال مركب أوكسيد الحديد (II) (FeO) نلاحظ وجود خط فوق رمزه الكيميائي وذلك للدلالة على أن هذه الصيغة الكيماوية لا تعني إن نسبة أيونات الحديد الثنائي (II) إلى الأوكسجين هي (1:1) فقد أثبتت التحاليل أن الصيغة تتراوح ما بين ($FeO_{0.94}$) إلى ($FeO_{0.98}$) معظم عناصر هذه المجموعة تظهر هذه الخاصية.

هـ-الخاصية البارا- مغناطيسية والدايا- مغناطيسية :

1-مواد بارامغناطيسية : وهى التي تأخذ وضعاً على امتداد خطوط القوى المغناطيسية عندما توضع بين قطبي مغناطيس قوي .

2-مواد دايامغناطيسية : فهي على العكس تماما تقاوم مرور خطوط القوى المغناطيسية أكثر من مقاومة الفراغ لمرور هذه الخطوط وبالتالي فالمجال المغناطيسي الخارجي يطردها ، لذلك تأخذ المواد الدايامغناطيسية وضعا متعامداً عندما توضع بين قطبي مغناطيس قوي ، ويعزى هذا الاختلاف في الخواص المغناطيسية للمواد إلى اختلاف خواص المجال المغناطيسي الداخلي لهم . فدوران الإلكترون حول محوره ينتج عنه مجال مغناطيسي له عزم دوران مغناطيسي، فإذا كانت المجالات المغناطيسية للاليكترونات تعادل بعضها بحيث تصبح محصلة العزم مساوية للصفر عندها تكون المادة دايامغناطيسية، أما إذا لم تعادل المجالات المغناطيسية بعضها بحيث يكون للعزم المغناطيسي قوة معينة عندها تكون المادة بارامغناطيسية.

$$\mu=[n(n+2)]^{1/2}$$