



كلية العلوم

القسم : الكيمياء

السنة : الرابعة

المادة : كيمياء لا عضوية ٤

المحاضرة : العاشرة / نظري /

{{ مكتبة A to Z }}

مكتبة A to Z : Facebook Group

2026

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية



يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960



جامعة طرطوس

كلية العلوم

قسم الكيمياء

الكيمياء اللاعضوية 4

القسم النظري

لطلاب السنة الرابعة

قسم الكيمياء

المحاضرة العاشرة

مدرس المقرر

د. تمارة شهرلي

للعام الدراسي

2024 - 2025

المجموعة الأولى IB مجموعة النحاس والفضة والذهب

تضم هذه الفصيلة IB العناصر الآتية : النحاس (29) Cu والفضة (47) Ag والذهب (79) Au. وتتصف عناصر هذه الفئة بوجود إلكترون واحد في الطبقة الخارجية و(١٨) إلكترونات في الطبقة ما قبل الخارجية .

		K		L		M			N				O			P		
	Z	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	6s	6p	6d	
Cu	29	2	2	6	2	6	10	1									$3s^2 3p^6 3d^{10} . 4s^1$	
Ag	47	2	2	6	2	6	10	2	6	10		1					$4s^2 4p^6 4d^{10} . 5s^1$	
Au	79	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	1		$5s^2 5p^6 5d^{10} . 6s^1$	

التوزيع الإلكتروني لعناصر فئة النحاس

يتضح من التوزيع الإلكتروني إن كل ذرة من هذه الفصيلة تحتوي إلكترونات فردية في مدار S خارج مدارات d المملوءة مثل عناصر المعادن القلوية وتختلف عن المعادن القلوية باحتوائها (١٨) إلكترونات في الطبقة ما قبل الخارجية بينما تحتوي المعادن القلوية ، باستثناء الليثيوم على (٨) إلكترونات في الطبقة ما قبل الأخيرة .

وتختلف خواص عناصر فئة النحاس اختلافاً واضحاً عن خواص العناصر القلوية ، ويعود السبب في هذا الاختلاف إلى أن مدارات d المملوءة أقل فعالية بكثير من البنية الإلكترونية لغاز خامل في حجب مدار S الخارجي عن الشحنة النووية . ولذا فإن قيم كمون التشرد الأول لعناصر فئة النحاس (9.2e.v - 7.6+) أعلى منها في المعادن القلوية (3.9-5.4e.v) أما قيم كمون التشرد الثاني والثالث لعناصر مجموعة النحاس

فأخفض بكثير من القيم المقابلة لها في المعادن القلوية، وهذا يفسر وجود حالات أكسدة لها أعلى من +1 وهي +2 ، +3 . كما يفسر ولو جزئياً اتصافها بخواص العناصر الانتقالية مثل وجود شوارد ملونة وبارامغناطيسية في حالة الأكسدة (II) و (III) .

ونورد فيما يأتي بعض أهم الاختلافات بين خواص عناصر فئة النحاس وخواص

المعادن القلوية :

١ - لا تتأثر عناصر فئة النحاس بالهواء الجوي و خاصة الذهب والفضة فهما لا يصدآن أما النحاس فيتأكسد قليلاً .

٢ - لا تتأثر عناصر فئة النحاس بالماء أو البخار .

٣ - كثافة هذه العناصر أكبر بكثير من كثافة العناصر القلوية .

٤ - تقع عناصر فئة النحاس بعد الهيدروجين في السلسلة الكهركيميائية فهي لا تتفاعل مع الحموض غير المؤكسدة .

٥ - توجد بشكل حر في الطبيعة ، أو على شكل مركبات سهلة الإرجاع .

هذا وتعد عناصر فئة النحاس قليلة الفعالية الكيميائية ويعزى ذلك للسببين الآتيين :

١ - يظهر في ذرات هذه العناصر بوضوح أثر التغلغل للإلكترونات S داخل الغمامة الإلكترونية التي تحتها مباشرة d(n-1) وفي حالة الذهب f(n-2) .

٢ - بسبب الانكماش d والانكماش ل f و d بحالة الذهب فإن أنصاف أقطار ذرات هذه المجموعة أصغر من أنصاف أقطار المعادن القلوية :

$$R_K > R_{Cu} \text{ و } R_{Rb} > R_{Ag} \text{ و } R_{Cs} > R_{Au}$$

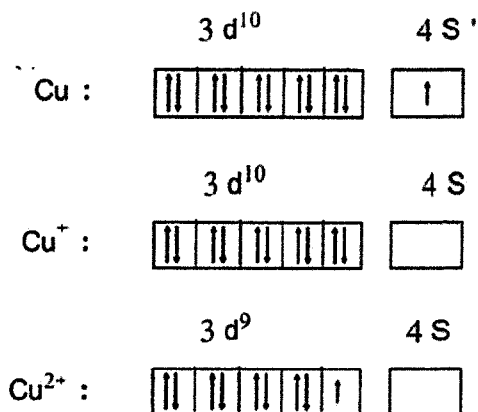
كما أن شحنة نواته أكبر وبالنتيجة فإن هذين العاملين يؤديان إلى ارتفاع قيمة كمون التشرّد الأول مما يؤدي إلى انخفاض في كهرجابيته أي إنخفاض في فعاليته كمعدن . وعند المقارنة بين عناصر الفصيلة الثلاثة يتبين أنها متشابهة في قابليتها للطرق والسحب ، وجودتها في ناقلية الحرارة والكهرباء وتشكيلها للمعقدات . كما تتشابه بعدم تأثرها بالهيدروكسيدات القوية .

النحاس: Cu

Z=29

الوزن الذري = 63.542

البنية الإلكترونية ' 4S [M] [L] [K]



وجوده في الطبيعة:

يوجد النحاس بشكل حر في الطبيعة وعلى شكل مركبات وفلزات معدنية مختلفة وتبلغ نسبته في الطبيعة 0.1% . يوجد النحاس في مركبات طبيعية أهمها الفلزات :

١ - Cu₂S : تحتوي على 79.8% نحاس ، لونها فضي مسود .

٢ - CuS : تحتوي على 66.5% نحاس .

٣ - Cu₂O الكوبريت تحتوي على 88.8% نحاس ، بلورات مكعبية الشكل لونها أحمر

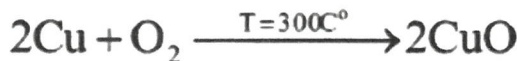
٤ - Cu₂ (OH)₂ (CO₃) أو Cu (OH)₂ ، CuCO₃ تحتوي على 57.4 % نحاس ، لونها أخضر .

الخواص الفيزيائية والكيميائية للنحاس :

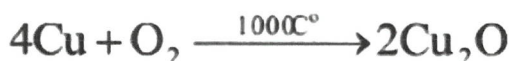
النحاس معدن أحمر اللون ذو لمعان معدني . وينتمي النحاس إلى المعادن الثقيلة كثافته (8.96gr/cm³) بنيته البلورية مكعبية متمركزة الوجوه ، نظائره الطبيعية قليلة . وناقل جيد للحرارة والكهرباء يأتي بالمرتبة الثانية بعد الفضة . لا يتأكسد بالهواء الجاف ولكنه يتأثر بالهواء الرطب والحاوي على CO₂ وتكون الأكسدة سطحية في معظم الحالات حيث تتشكل طبقة خضراء من كربونات النحاس الأساسية : الزنجار الأخضر "



ولا يتحد النحاس مباشرة مع الأوكسجين ولكن بالتسخين يؤدي ذلك إلى تشكل أكسيد النحاس (II) الأسود :



وبالتسخين إلى درجات حرارة أعلى حوالي 1000°C فإنه يتحول إلى أكسيد النحاس (I) الأحمر الآجري :

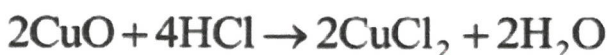


ولا يحرر النحاس الهيدروجيني من الماء أو الحموض لأنه يقع تحت الهيدروجين في السلسلة الكهركيميائية .

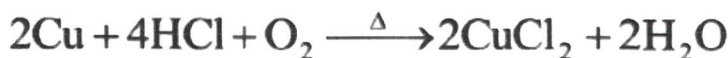
تفاعل النحاس مع الحموض :

أ - تفاعل النحاس مع الحموض الممددة :

بما أن الكمون القياسي للنحاس موجب ، فهو لا يتفاعل مع حمضي كلور الماء والكبريت الممددين ، ولكنه يتأثر بوجود مؤكسد مثل الأكسجين ويتم التفاعل على مرحلتين:



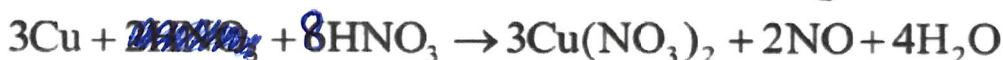
بالجمع :



وتكون الآلية نفسها بالنسبة للتفاعل مع حمض الكبريت :



أما تفاعل النحاس مع حمض الأزوت الممدد فإنه يتم التفاعل وفق المعادلة الآتية:

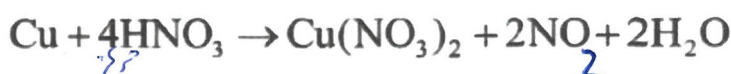


ب - تفاعل النحاس مع الحموض المركزة :

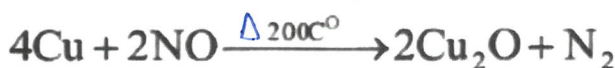
رغم أن الكمون القياسي للنحاس موجب إلا أنه يتفاعل ويبطء مع حمض كلور الماء المركز والساخن وينطلق الهيدروجين والسبب في ذلك هو نقصان شوارد Cu^+ المتشكلة بفعل تشكل الشوارد المعقدة الآتية :



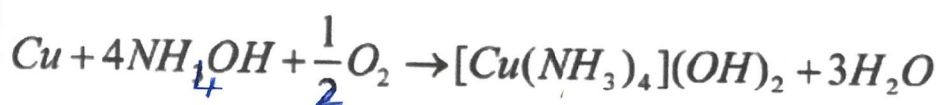
ويتفاعل النحاس بسهولة مع حمض الآزوت المركز ومع حمض الكبريت المركز والساخن :

**بعض تفاعلات النحاس :**

- يُرجع النحاس المعدني وبدرجة الحرارة العادية أكسيد الآزوت (IV) وأكسيد الآزوت (II) في الدرجة $200C^{\circ}$:



- مع النشادر :

**أهم مركبات النحاس :**

يشكل النحاس مجموعتين مختلفتين من المركبات ، مركبات النحاس ثنائي التكافؤ

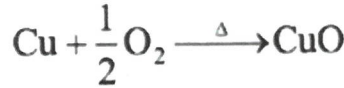
هي أكثر عدداً من المجموعة الثانية مجموعة مركبات النحاس أحادية التكافؤ :

كما يُشكل النحاس ثلاثي التكافؤ بعض المركبات ولكنها قليلة نسبة لمركبات النحاس أحادي أو ثنائي التكافؤ.

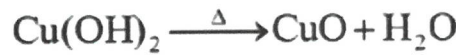
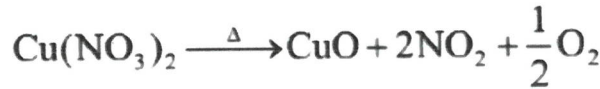
مركبات النحاس الثنائي :

١ - أكسيد النحاس (II) CuO :

CuO مسحوق أسود يُسمى أحياناً بالنحاس الأسود وهو بارا مغناطيسي ويتم الحصول عليه بتسخين النحاس بجو من الأكسجين :

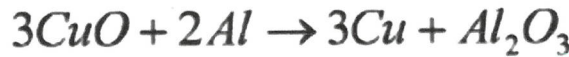
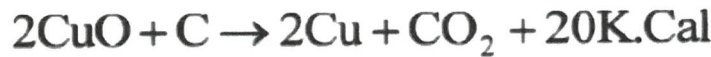
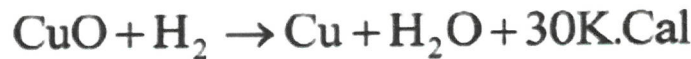


أو بتسخين هيدروكسيد النحاس ، أو كربوناته وبعض أملاحه :

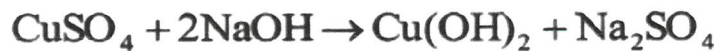


هذا ويُرجع أكسيد النحاس إلى النحاس بوجود بعض المرجعات مثل :

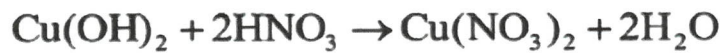
..... Be , CO , C , H₂

٢ - هيدروكسيد النحاس (II) Cu(OH)₂ :

Cu(OH)₂ عبارة عن مادة زرقاء اللون جلاتينية القوام . يُحضر بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم إلى محاليل أملاح النحاس الثنائي :



هيدروكسيد النحاس (II) صعب الانحلال في الماء يملك خواص أساسية ضعيفة فهو ينحل في الحموض مشكلاً أملاحاً :



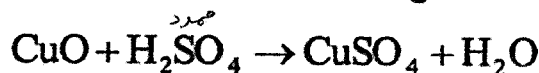
وفي الأسس المركزة والساخنة :



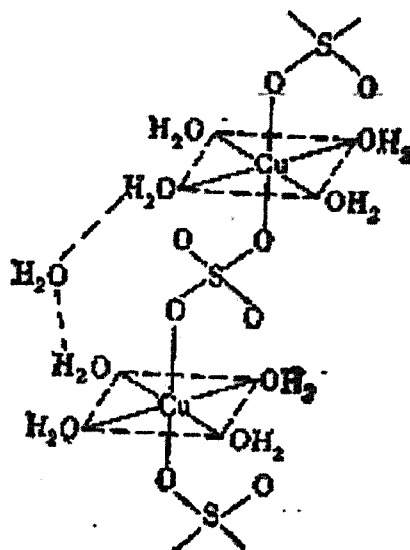
يستعمل محلول هيدروكسيد النحاس النشاردي كمحل للسيلولوز عند صناعة الحرير الصناعي ، وكعامل مثبت للأصباغ .

٣ - كبريتات النحاس CuSO_4 :

وهي عبارة عن مسحوق عديم اللون إذا كان جافاً ، وينقلب لونه إلى الأزرق عندما يمتص الماء ، ويستحضر في المخبر من خلال حل أكسيد النحاس في حمض الكبريت الممدد . أو بتسخين خراطة النحاس مع حمض الكبريت المركز :

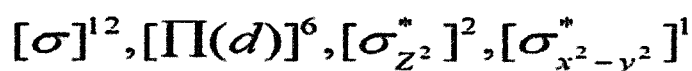


تتبلور كبريتات النحاس من محلولها المائي على شكل بلورات زرقاء شفافة متحدة مع خمس جزيئات من الماء $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (الزاج الأزرق) . يأخذ المركب $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ بنية معقدة حيث تلعب إحدى جزيئات H_2O دور جسر رابط بواسطة الروابط الهيدروجينية بين $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ مع $(\text{SO}_4)^{2-}$ وفق الشكل التخطيطي الآتي :



٤ - معقدات النحاس (II) :

تأخذ الحالة $\text{Cu}(II)$ عدداً تساندياً أعظماً مساوياً ستة ، بحيث يوافق معقدات ذات بنية ثمانية الوجوه وبنية إلكترونية وفق ما يأتي :



معاكس للرباط معاكس للرباط غير رابطة رابط

وجد على المدار $\sigma_{dx^2-y^2}^*$ إلكترون واحد فقط لذلك نجد أن الرابطة Cu-L المتشكلة على حساب المدار الرابط $\sigma_{dx^2-y^2}^*$ أمتن من تلك المتشكلة على حساب المدار الرابط d_{z^2} والحاوي على إلكترونين وبعبارة أخرى ترتبط المرتبطات الأربع في المستوي XY مع النحاس بصورة أمتن من ارتباط المرتبطتين المتوضعتين على المحور Z . لذلك تكون المسافة بين ذرات النحاس والمرتبطات في المستوي XY أقصر من الروابط الأخرى بين النحاس Cu والمرتبطات المتوضعة على المحور Z . وأحياناً يكون هذا الاختلاف كبيراً بحيث ينظر إلى معقدات Cu(II) كمعقدات مربعة مستوية .

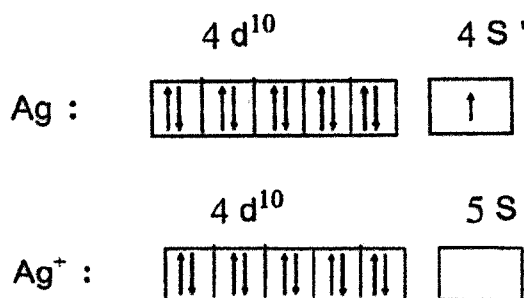
الفضة :

الفضة Ag

Z = 47

الوزن الذري = 107.870

البنية الإلكترونية $Ag : [K] [L][M] 4S^2 4P^6 4d^{10} . 5S^1$



وجوده في الطبيعة:

توجد الفضة في الطبيعة بشكل حر أو على شكل مركبات وتتواجد في أمريكا وأستراليا والمكسيك .

إن أهم مركبات الفضة في الطبيعة هي :

١ - Ag_2S كبريتيد الفضة وتحتوي على 87.1% فضة .

٢ - Ag_3AsS_3 وتحتوي على 65.4% فضة .

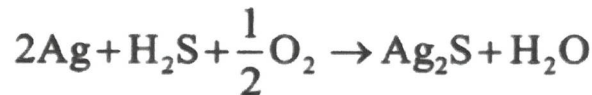
٣ - Ag_3SbS_3 وتحتوي على 68.4% فضة .

٤ - $AgCl$ وتحتوي على 75.3% فضة .

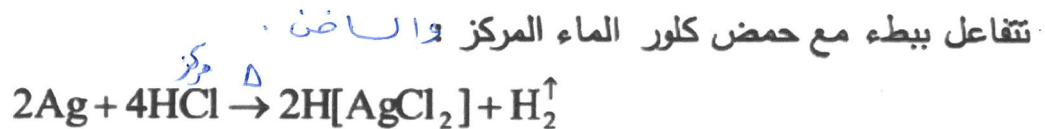
٥ - $8(Ag,Cu)_2S.Sb_2S_3$ وتحتوي على 62.1-74.9% فضة .

الخواص الفيزيائية والكيميائية :

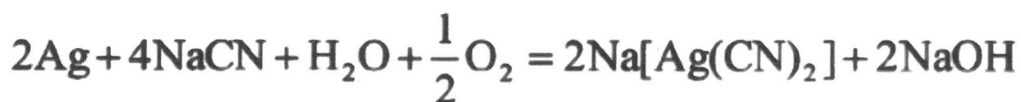
الفضة : معدن لين وكثافته 10.5gr/cm^3 ويحتل المرتبة الثانية بين المعادن بعد الذهب في قابليته للسحب ، ويُعد معدن الفضة أفضل ناقل للحرارة والكهرباء بين جميع المعادن . لا تتأكسد الفضة في الهواء ولكن يتفاعل الكبريت مع الفضة بالدرجة 179°C مشكلاً كبريتيد الفضة الأسود ويتفاعل كبريتيد الهيدروجين مع الفضة بوجود أكسجين الهواء والماء وفي درجة حرارة الغرفة :



تتفاعل الهالوجينات بوجود الضوء والرطوبة مع الفضة المعدني . مشكلة هاليدات الفضة (AgF , AgCl , AgBr , AgI) . لا تتحلل الفضة في حمض كلور الماء الممدد ولكنها



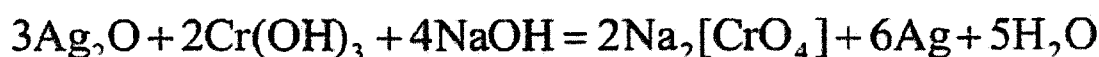
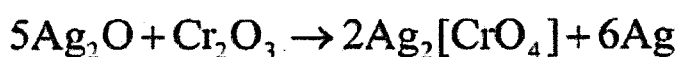
وتتحلل الفضة بسهولة في حمض الآزوت المركز والساخن وحمض الكبريت المركز والساخن وفي محاليل سيانيدات المعادن القلوية بوجود الهواء :

**أهم مركبات الفضة :****١ - أكسيد الفضة Ag_2O :**

Ag_2O : عبارة عن مسحوق بلوري ديا مغناطيسي ، له نمط تبلور مكعبي ولونه بني مسود ويسود ببطء في الضوء . يتفكك بالتسخين بالدرجة 200°C إلى عناصره . يتم الحصول على أكسيد الفضة من تفاعل نترات الفضة مع هيدروكسيد الصوديوم :



ويُعدّ أكسيد الفضة مؤكسد قوي بالنسبة لمركبات الكروم الثلاثي :



٢ - نترات الفضة " حجر جهنم " AgNO_3 :

نترات الفضة عبارة عن مادة بلورية عديمة اللون جيدة الانحلال في الماء.

وتستحضر نترات الفضة بإذابة الفضة في حمض الآزوت الممدد :



إن نترات الفضة تسود عند تعرضها لضوء الشمس بخاصة إذا كانت موضوعة على اليد أو على الزجاج أو على قطعة من القماش . وذلك لتكون الأجزاء الدقيقة للفضة من إرجاع نتراتهما .

تستعمل نترات الفضة بكميات كبيرة في معامل أفلام التصوير لتحضير بروميد الفضة وكلوريدها ويونيدها وتستعمل أيضاً في الطلاء بالفضة (الطلي الغلفاني) ولصنع حبر ثابت وفي صناعة المرايا .

٣ - هاليدات الفضة :

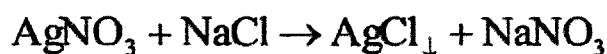
هي الأملاح الناتجة من اتحاد الهالوجينات مع الفضة مثل :

AgCl : كلوريد الفضة ، أبيض اللون لا ينحل في الماء ، ينحل في محلول نشادري .

AgBr : بروميد الفضة ، أصفر شاحب لا ينحل في الماء وسط الانحلال في محلول نشادري .

AgI : يوديد الفضة ، أصفر اللون لا ينحل في الماء ضعيف الانحلال في المحلول النشادري . يتشكل كلوريد الفضة على شكل راسب أبيض عند

إضافة محلول أحد الكلوريدات إلى محلول نترات الفضة :



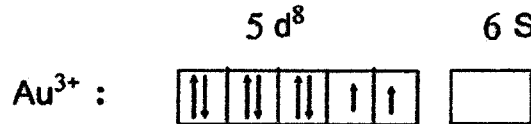
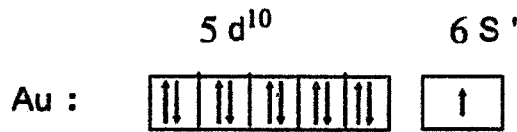
إذا عرضت هاليدات الفضة للضوء فإن لونها سوف يتغير تدريجياً (تصبح سمراء اللون)
(مطلقة الهالوجينات ، وذلك لأن الضوء يؤثر فيها فيجعلها قابلة للإرجاع إلى دقائق
الفضة الصغيرة ، ولذلك تستعمل هذه الهاليدات في صنع أفلام التصوير الضوئي وأوراقه.

الذهب :

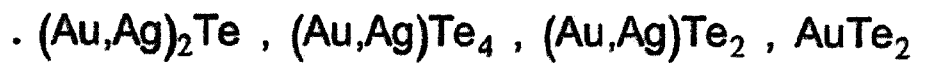
العدد الذري = 79

الوزن الذري = 196.967

البنية الإلكترونية : K.L.M.N.O.6S'

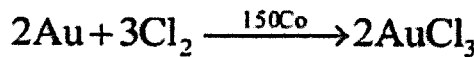


يُعد الذهب من أقدم المعادن التي عرفها الإنسان ، ويوجد في الطبيعة بشكل حر وبشكل
حببيات صغيرة مع الرمل ، كما يتواجد في فلزات الحديد والنحاس والرصاص وغيرها
وعلى شكل مركبات الذهب التلوري . ونذكر فيما يأتي أهم فلزات الذهب :



الخواص الفيزيائية والكيميائية للذهب :

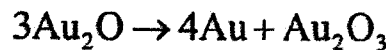
الذهب معدن أصفر لامع ، ويأتي الذهب في المرتبة الأولى في قابليته للسحب
والطرق والتصفية من بين جميع العناصر ، حيث نستطيع الحصول على سلك طوله
(2KM) من غرام واحد من الذهب . أما ناقلية الحرارة فأقل بمرتين الفضة وناقلية
الكهربائية أكبر بـ 38.5 مرة من ناقلية الزئبق . يشكل الذهب سبائك مع المعادن الآتية :
Ag , Cu , Sn , Hg , Pb , Zn . ومن وجهة نظر كيميائية يُعد الذهب عنصراً غير
فعال ، فهو لا يتأثر بالهواء ، والأكسجين أو الكبريت في حين إنه يتفاعل مع الهالوجينات
بالتسخين ، فمع الكلور يحصل التفاعل الآتي :



مركبات الذهب :

أ - مركبات الذهب الحادي :

١ - أكسيد الذهب Au_2O : عبارة عن مركب أزرق اللون أو مسحوق بنفسجي غير ثابت . ويتفكك عند الدرجة $225C^{\circ}$ وفق المعادلة :

٢ - كلوريد الذهب (I) : $AuCl$

عبارة عن مسحوق لا بلوري أصفر اللون ضعيف الانحل في الماء ويكون عبارة عن دايمر Au_2Cl_2 يتم الحصول على كلوريد الفضة من تفاعل غاز الكلور مع الذهب المسخن حتى الدرجة $(254-282C^{\circ})$



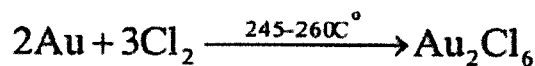
ب - مركبات الذهب الثنائي :

أثبت تجريبياً أن مركبات الذهب (II) تتألف من مزيج من مركبات الذهب (I) ومركبات الذهب (III) ونذكر من هذه المركبات AuO أو Au_2Cl_4 , $Au[AuO_2]$

ج - مركبات الذهب الثلاثي :

١ - كلوريد الذهب (III) (دايمر Au_2Cl_6) :

عبارة عن مادة بلورية لونها أحمر روبياني لماعة تتحلل في الماء والكحول والأثير وتتفكك بالتسخين لأعلى من $175C^{\circ}$ ويتم الحصول على كلوريد الذهب (III) من خلال التفاعل المباشر ما بين الكلور والذهب :

٢ - نترات الذهب $Au(NO_3)_3.nH_2O$:

بلورات صفراء اللون ، تتفكك تحت تأثير الضوء أو الهواء الرطب :

