كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الرابعة**

المادة : كيمياء لا عضوية ٤

المحاضرة :الحادية عشر /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

2026

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 الحادية عشرة

للعام الدراسي
2024 - 2025

مدرس المقرر
د. تمارة شهرلي

المجموعة الثانية IIB مجموعة الزنك والكادميوم والزئبق

تضم هذه الفصيلة ثلاثة عناصر هي الزنك (التوتياء) Zn والكادميوم Cd والزئبق Hg . ويحتوي كل عنصر من هذه العناصر إلكترونين في طبقته الإلكترونية الخارجية ، بينما تحتوي الطبقة ما قبل الأخيرة على ثمانية عشر إلكتروناً ، وتختلف عن ذرات المعادن القلوية الترابية ، التي تحتوي على ثمانية إلكترونات في الطبقة ما قبل الأخيرة ، باستثناء البيريليوم الذي يحتوي على إلكترونين في الطبقة ما قبل الأخيرة .

		K	L		M			N				O			P			
	Z	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	6s	6p	6d	
Zn	30	2	2	6	2	6	10	2										$3d^{10}.4s^2$
Cd	48	2	2	6	2	6	10	2	6	10	—	2						$4d^{10}.5s^2$
Hg	80	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2			$5d^{10}.6s^2$

Tartous University - Faculty of Science

البنية الإلكترونية للزنك والكادميوم والزئبق

تفقد ذرات فئة الزنك في التفاعلات الكيميائية إلكترونين تكافؤيين مشكلة مركبات حاوية على معادن ثنائية درجة الأكسدة . تختلف شوارد فئة الزنك عن شوارد المعادن القلوية الترابية بأنها لا تملك بنية الغازات الخاملة الثابتة ، كما أنها تختلف عن شوارد باقي المعادن الانتقالية بأنها تملك مدارات d ممتلئة وبالآتي فهي عديمة اللون وذات مغناطيسية عكسية (ديا) .

وعلى الرغم من أوجه الاختلاف مع العناصر الانتقالية ، فيوجد بعض أوجه التشابه من حيث قدرتها على تشكيل المعقدات وبشكل خاص مع المانحات مثل : الآزوت والأوكسجين والكبريت والهالوجينات

الخواص الفيزيائية والكيميائية لفئة الزنك :

تتلون جميع معادن فئة الزنك باللون الأبيض الفضي ، ويخبو بريق الزنك والكادميوم عند تعرضهما للهواء بسبب تشكل طبقة الأكسيد التي تحمي المعدن من استمرار التفاعل ، في حين أن الزئبق لا يتأثر بالهواء ويحافظ على بريقه في الدرجات العادية من الحرارة ، كما تتصف هذه المعادن بأنصاف أقطار صغيرة نسبياً سواء أكان نصف القطر الذري أم الشاردي ، وتتراوح كثافتها $(7.13 \rightarrow 13.59) gr/cm^3$ فهي من المعادن الثقيلة كما أنها تملك درجات انصهار وغليان منخفضة نسبياً ، يدل ضعف درجات انصهار هذه المعادن على ضعف الرابطة المعدنية ، ويبدو ذلك واضحاً في حالة الزئبق المعدن والسائل في الدرجة العادية من الحرارة . ويعود ضعف الرابطة في هذه المعادن إلى ملء الطبقة d^{10} وكبر الشحنة النووية الفعالة وخاصة في حالة الزئبق مما يؤدي إلى جذب إلكتروني الطبقة S بقوة أكبر مقارنة مع المعادن القلوية الترابية المشابهة لها بالبنية الإلكترونية . يتبلور الزنك والكادميوم وفق الترتيب السداسي . يتميز الزنك والكادميوم بفعالية كيميائية أكبر من الزئبق الذي يأتي في السلسلة الكهركيميائية بعد الهيدروجين .

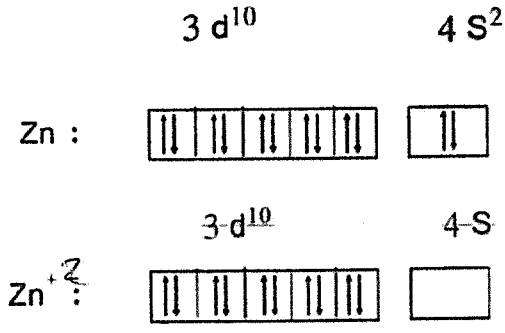
Tartous University - Faculty of Science

الزنك Zn :

العدد الذري = 30

الوزن الذري = 65.37

البنية الإلكترونية : $K.L.M.4S^2$



وجوده بالطبيعة :

يتواجد الزنك في الطبيعة على شكل مركبات فقط ، وأهم فلذاته كبريتيد الزنك وكربونات الزنك

الخواص الكيميائية والفيزيائية للزنك :

الزنك معدن أبيض فضي (مائل للزرقة) ، قابل للسحب والطرق . يشكل الزنك العديد من السبائك مع الألمنيوم والنحاس والقصدير والمغنزيوم والكالسيوم والنيكل والرصاص والكادميوم والحديد والمنغنيز والفضة والزئبق والذهب والبلاديوم والبلاتين وغيرهم ..... يُعدّ الزنك من وجهة نظر كيميائية أقل فعالية من المعادن القلوية والمعادن القلوية الترابية ولكنه أكبر فعالية من القصدير والرصاص والنحاس ، يحترق الزنك في الهواء عند تسخينه إلى الدرجة $420\ C^o$ بلهب أزرق مشكلاً أكسيد الزنك :

$$Zn+\frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{\Delta} ZnO+83.5K.Cal$$

لا يتأثر الزنك بالهواء الجاف والبارد ولكنه يصدأ في الهواء الرطب مشكلاً طبقة من $Zn(OH)_2$. يتفاعل الزنك بدرجة حرارة الغرفة وبوجود الهواء الرطب مع الهالوجينات وفق التفاعلات الآتية :

Tartous University - Faculty of Science

$$Zn+F_2 \rightarrow ZnF_2+172.2K.Cal$$

$$Zn+Cl_2 \rightarrow ZnCl_2+99.55K.Cal$$

لا يحرر الزنك الهيدروجين من الحموض الممدة إذا كان نقياً ولكن الزنك التجاري يحرر الهيدروجين بشدة من الحموض الممددة :

$$Zn+2HCl \rightarrow ZnCl_2+H_2\uparrow$$

$$Zn+H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4+H_2\uparrow$$

وبالنسبة لحمض الكبريت المركز وحمض الآزوت يُعدّ الزنك مرجعاً . فيتفاعل مع حمض الكبريت المركز والساخن مطلقاً غاز SO_2 :

$$Zn+2H_2SO_4 \xrightarrow{\Delta} ZnSO_4+SO_2+2H_2O$$

مركز

أما حمض الآزوت فيذيبه ، وتتكون نترات الزنك وتتحرر غازات NO أو NO_2 وذلك تبعاً لتركيز حمض الآزوت المستعمل . يتفاعل الزنك مع المحاليل القلوية مشكلاً الزنكات :

$$Zn+2NaOH+2H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4]+H_2\uparrow$$

مركبات الزنك :

١ - أكسيد الزنك ZnO : مسحوق أبيض ، ويصفر بالتسخين ولا ينحل في الماء.

يُحضر وفق التفاعلات الآتية :

$$Zn + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{\Delta} ZnO$$

$$ZnCO_3 \xrightarrow{300C^\circ} ZnO + CO_2\uparrow$$

$$Zn(OH)_2 \xrightarrow{\Delta} ZnO + H_2O$$

يتفاعل أكسيد الزنك مع الحموض والأساس مشكلاً أملاح :

$$ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$$

$$ZnO + 2NaOH + H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$$

فهو أكسيد مذبذب .

Tartous University - Faculty of Science

٢ - هيدروكسيد الزنك : $Zn(OH)_2$

راسب أبيض لا ينحل في الماء ولكنه ينحل في الحموض والأسس :

$$Zn(OH_2) + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + 2H_2O$$

$$Zn(OH)_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$$

فهو هيدروكسيد مذبذب .

ينحل هيدروكسيد الزنك في زيادة من النشادر ليعطي المعقد الآتي :

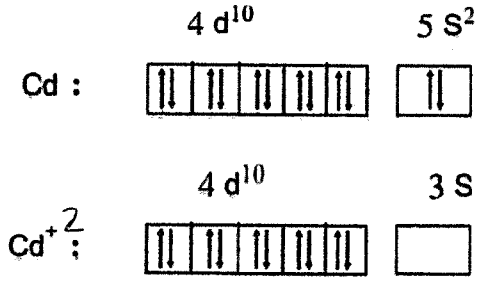
$$Zn(OH)_2 + 6NH_3 \rightarrow [Zn(NH_3)_4](OH)_2$$

الكادميوم : Cd

العدد الذري = 48

الوزن الذري = 112.40

البنية الإلكترونية Cd: $K.L.M.4S^2 4P^6 4d^{10}.5S^2$



وجوده في الطبيعة :

لا يتواجد الكادميوم بالطبيعة بالشكل الحر وإنما على شكل مركبات فقط مثل: كبريتيد أو أكسيد أو كربونات الكادميوم في فلزات مختلفة . وجميع فلزات الكادميوم تحتوي إضافة إلى الكادميوم الزنك والرصاص .

Tartous University - Faculty of Science

الخواص الفيزيائية والكيميائية للكادميوم :

الكادميوم معدن ابيض فضي (مائل للزرقة) يُعد من المعادن الثقيلة ، مغناطيسيته من النوع ديا ، طري ، وقابل للطرق بشكل جيد وللسحب . ويدخل الكادميوم المعدني في تركيب الكثير من السبائك إلى جانب النحاس والقصدير والفضة والبزموت والزنك .

من وجهة نظر كيميائية يتشابه الكادميوم بشكل كبير مع الزنك وبأنه يزيح الكادميوم من محاليل أملاحه . يخبو بريق الكادميوم المعدني بدرجة حرارة الغرفة وفي الهواء الرطب ويصبح عاتماً بسبب تشكل طبقة رقيقة من الأكسيد وتحميه من استمرار التفاعل . لا يتفاعل الكادميوم المعدني مع الماء في درجة الحرارة العادية أو حتى في درجة غليان الماء بسبب تشكل طبقة على سطحه $Cd(OH)_2$ تحميه من استمرار التفاعل . وفي درجات الحرارة المرتفعة يفكك الكادميوم بخار الماء مشكلاً أكسيد الكادميوم الهيدروجيني :

$$Cd + 2H_2O \rightleftharpoons Cd(OH)_2 + H_2$$

يتفاعل الكادميوم مع الأكسجين والكبريت والهالوجينات (X) بالتسخين حيث يشكل CdX_2 , CdS, CdO على الترتيب . ويتفاعل الكادميوم مع الحموض الممددة مثل حمض الكبريت وحمض كلور الماء ، مطلقاً الهيدروجين وفق المعادلتين :

$$Cd + 2HCl \rightarrow CdCl_2 + H_2\uparrow$$

$$Cd + H_2SO_4 \rightarrow CdSO_4 + H_2\uparrow$$

وينحل الكادميوم في الحموض المؤكسدة مثل حمض الكبريت المركز وحمض الآزوت الممدد والمركز وفق المعادلات الآتية :

$$Cd + 2H_2SO_4 \text{ (مركز)} \rightarrow CdSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

$$Cd + 4HNO_3 \text{ (مركز)} \rightarrow Cd(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

$$Cd + 8HNO_3 \text{ (مهرد)} \rightarrow 3Cd(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

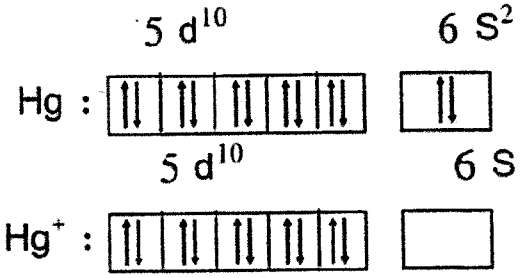
الزئبق Hg :

العدد الذري = 80

الوزن الذري = 200.59

Tartous University - Faculty of Science

البنية الإلكترونية : $K.L.M.N.O.6S^2$



وجوده في الطبيعة :

الزئبق نادر التواجد في الطبيعة بشكل حر ، ولكن يتواجد بشكل مركبات (الكبريتيد ، السيلينيد ، تيلوريد ، الفلوريد ، الأكسيد والأكسي كلوريد) في فلزات مختلفة . ويُعد أهم فلزاته فلز السينابر HgS الأحمر والذي يتبلور وفق البنية المعينية ويمكن الحصول على الزئبق بتسخين HgS الذي يتحول إلى HgO ونظراً لعدم ثبات HgO في درجات الحرارة العالية حيث يتفكك في الدرجة $500C^\circ$ حسب المعادلة :

$$HgS + O_2 \rightarrow Hg + SO_4 + 60K.Cal$$

ملاحظة : إن التعامل مع الزئبق خطر بسبب السمية العالية للزئبق لذلك يتطلب الحذر والحيطة الشديدة، ولدى سقوط الزئبق نستطيع التخلص منه بجهاز شفط الهواء أو باستخدام مواد مزيلة للزئبق مثل : مسحوق الكبريت أو محلول برمنغنات البوتاسيوم المحمض بـ HCl . أما عند التسمم بالزئبق فيجب تناول البيض والحليب بأسرع ما يمكن.

الخواص الفيزيائية والكيميائية للزئبق :

إن الزئبق معدن أبيض فضي اللون لماع ، وهو المعدن الوحيد الذي يكون سائلاً في درجات الحرارة العادية ، ويتجمد الزئبق في الدرجة $38.87C^o-$ ويغلي في الدرجة $358C^o$. ويُعد الزئبق العنصر الأقل نشاطاً في مجموعة فئة الزنك بسبب ارتفاع قيم كمون تشرده ، تنحل معظم المعادن في الزئبق مشكلة الملاغم amalgams ، ما عدا البلاتين ، في حين أن الحديد يتمغلم بطريقة غير مباشرة،تختلف الخواص الكيميائية للزئبق عن باقي عناصر مجموعته حيث يقع بعد الهيدروجين في السلسلة الكهركيميائية ، فهو لا يتأثر بالهواء في درجات الحرارة العادية ولكنه بتسخين الزئبق إلى الدرجة $350C^o$ بالهواء فإنه يتحد مع الأوكسجين مشكلاً أوكسيد الزئبق الأحمر Hgo ، الذي يتفكك بالدرجة $500C^o$:

$$Hg + \frac{1}{2}O_2 \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} Hgo + 21,5\ K.Cal$$

في حين أن الآزوت يؤكسد الزئبق بسهولة مشكلاً أكسيد الزئبق (I) Hg_2O الأسود اللون ، كما يتفاعل الزئبق مع الكبريت مشكلاً HgS . في حين أن الآزوت والفوسفور والكربون والبور مع الآزوت لا تتفاعل بشكل مباشر مع الزئبق . لا تؤثر الحموض غير المؤكسدة مثل HCl و H_2SO_4 الممدد على الزئبق ، بينما ينحل الزئبق في حمض الكبريت المركز وحمض الآزوت الممدد والمركز والماء الملكي

Tartous University - Faculty of Science

$$Hg + 2H_2SO_4 \rightarrow HgSO_4 + 2SO_2 + 2H_2O$$

$$Hg + 4HNO_3 \text{ (مركز)} \rightarrow Hg(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

$$6Hg + 8HNO_3 \text{ (ممدد)} \rightarrow 3Hg(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

$$3Hg + 6HCl + 2HNO_3 \rightarrow 3HgCl_2 + 2NO + 4H_2O$$

يُرجع الزئبق بسهولة كلوريد وفوق كلورات الحديد (II) في المحاليل :

$$Fe_2Cl_6 + 2Hg \rightarrow Hg_2Cl_2 + 2FeCl_2$$

$$2Fe(ClO_4)_3 + 2Hg \rightarrow Hg_2(ClO_4)_2 + 2Fe(ClO_4)_2$$

لا تؤثر الأسس على الزئبق .

مركبات الزئبق :

معروف عدد كبير من المركبات التي يكون فيها الزئبق على شكل شاردة موجبة $(Hg{-}Hg)^{2+}$ أو Hg_2^{2+} وكذلك الشرجبة Hg^{2+} . نسمي المركبات الحاوية على Hg_2^{2+} بمركبات الزئبقي والمركبات الحاوية على Hg^{2+} مركبات الزئبق .

Tartous University - Faculty of Science

مركبات الزئبق (II) :

١ – أكسيد الزئبق (II) HgO :

هو عبارة عن مسحوق أحمر متبلور أو أصفر وهذا يعود لحجم البلورات . وهو ديا مغناطيسي ويتم تحضيره وفق التفاعلات الآتية :

$$Hg + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons Hgo + 21.68K.Cal$$

$$Hg(NO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} HgO + 2NO_2 + \frac{1}{2}O_2$$

٢ – كلوريد الزئبق : $HgCl_2$

كلوريد الزئبق المعروف باسم " السليماني " هو مركب عديم اللون ويتم الحصول عليه من التفاعل المباشر بين الزئبق والكلور وبالتسخين أو بتسخين مزيج $HgSO_4$ و NaCl في الدرجة $300C^\circ$.

$$HgO + Cl_2 \xrightleftharpoons{\Delta} HgCl_2 + 55KCl$$

$$HgSO_4 + 2NaCl \xrightarrow{\Delta} HgCl_2 + Na_2SO_4$$

انتهت المحاضرة